

# 4

## Глава

# РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Приведенные ниже краткие данные по назначению режимов резания разработаны с использованием официальных изданий по режимам резания инструментами из быстрорежущей стали и из твердого сплава. Они рассчитаны на применение инструментов с оптимальными значениями геометрических параметров режущей части, с режущими элементами из твердого сплава, заточенными алмазными кругами, а из быстрорежущей стали — кругами из эльбора.

При назначении элементов режимов резания учитывают характер обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип и состояние оборудования.

Элементы режима резания обычно устанавливают в порядке, указанном ниже.

**Глубина резания  $t$ :** при черновой (предварительной) обработке назначают по возможности максимальную  $t$ , равную всему припуску на обработку или большей части его; при чистовой (окончательной) обработке — в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности.

**Подача  $s$ :** при черновой обработке выбирают максимально возможную подачу, исходя из жесткости и прочности системы СПИД, мощности привода станка, прочности твердосплавной пластинки и других ограничивающих факторов; при чистовой обработке — в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обработанной поверхности.

**Скорость резания  $v$**  рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, которые имеют общий вид

$$v_{тб} = \frac{C_v}{T^{m_t} s^{n_s}} \quad (1)$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени, содержащихся в этих формулах, так же как и периода стойкости  $T$  инструмента, применяемого для данного вида обработки,

приведены в таблицах для каждого вида обработки. Вычисленная с использованием табличных данных скорость резания  $v_{тб}$  учитывает конкретные значения глубины резания  $t$ , подачи  $s$  и стойкости  $T$  и действительна при определенных табличных значениях ряда других факторов. Поэтому для получения действительного значения скорости резания  $v$  с учетом конкретных значений упомянутых факторов вводится поправочный коэффициент  $K_v$ . Тогда действительная скорость резания  $v = v_{тб} K_v$ , где  $K_v$  — произведение ряда коэффициентов. Важнейшими из них, общими для различных видов обработки, являются:

$K_{mv}$  — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (табл. 1–4);

$K_{pv}$  — коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки (табл. 5);

$K_{iv}$  — коэффициент, учитывающий качество материала инструмента (табл. 6),

#### 1. Поправочный коэффициент $K_{mv}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

| Обрабатываемый материал | Расчетная формула  |
|-------------------------|--|
| Сталь                   | $K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ |
| Серый чугун             | $K_{mv} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{n_v}$           |
| Ковкий чугун            | $K_{mv} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{n_v}$           |

Примечания: 1.  $\sigma_B$  и  $HB$  — фактические параметры, характеризующие обрабатываемый материал, для которого рассчитывается скорость резания.

2. Коэффициент  $K_r$ , характеризующий группу стали по обрабатываемости, и показатель степени  $n_v$  см. в табл. 2.

2. Значения коэффициента  $K_r$  и показатели степени  $n_v$  в формуле для расчета коэффициента обрабатываемости стали  $K_{MV}$ , приведенные в табл. 1

| Обрабатываемый материал   | Коэффициент $K_r$ для материала инструмента |                    | Показатели степени $n_v$ , при обработке |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
|---|---|--------------------|--|--------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--|
|   |   |                    | резцами                                  |                    | сверлами, зенкерами, развертками |                    | фрезами                |                    |  |
|   | из быстрорежущей стали                      | из твердого сплава | из быстрорежущей стали                   | из твердого сплава | из быстрорежущей стали           | из твердого сплава | из быстрорежущей стали | из твердого сплава |  |
| Сталь:  |   |                    |  |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| углеродистая ( $C \leq 0,6\%$ ),  |   |                    |  |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| $\sigma_B$ , МПа:   |   |                    |  |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| < 450   | 1,0   | 1,0                | —1,0                                     |                    | —0,9                             |                    | —0,9                   |                    |  |
| 450—550   | 1,0   | 1,0                | 1,75                                     |                    | —0,9                             |                    | —0,9                   |                    |  |
| > 550   | 1,0   | 1,0                | 1,75                                     |                    | 0,9                              |                    | 0,9                    |                    |  |
| повышенной и высокой обрабатываемости резанием хромистая  | 1,2   | 1,1                | 1,75                                     |                    | 1,05                             |                    | —                      |                    |  |
| углеродистая ( $C > 0,6\%$ ), хромоникелевая, хромомолибденованадиевая  | 0,85  | 0,95               | 1,75                                     |                    |                                  |                    | 1,45                   |                    |  |
| хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремнемарганцовистая, хромоникельмолибденовая, хромомолибденоалюминиевая | 0,8   | 0,9                | 1,5                                      |                    |                                  |                    | 1,35                   |                    |  |
| хромованадиевая   | 0,7   | 0,8                | 1,25                                     | 1,0                |                                  | 1,0                |                        | 1,0                |  |
| марганцовистая  |   |                    |  |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| хромоникельвольфрамовая, хромомолибденовая  | 0,85  | 0,8                | 1,25                                     |                    | 0,9                              |                    |                        |                    |  |
| хромомолибденоалюминиевая   | 0,75  | 0,9                | 1,5                                      |                    |                                  |                    | 1,0                    |                    |  |
| хромованадиевая   | 0,75  | 0,85               | 1,25                                     |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| марганцовистая  | 0,8   | 0,85               | 1,25                                     |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| хромоникельвольфрамовая, хромомолибденовая  | 0,75  | 0,8                | 1,25                                     |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| хромомолибденоалюминиевая   | 0,75  | 0,85               | 1,25                                     |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| хромоникельванадиевая   | 0,6   | 0,7                | 1,25                                     |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| быстрорежущие   |   |                    |  |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| Чугун:  |   |                    |  |                    |                                  |                    |                        |                    |  |
| серый   | —   | —                  | 1,7                                      | 1,25               | 1,3                              | 1,3                | 0,95                   | 1,25               |  |
| ковкий  | —   | —                  | 1,7                                      | 1,25               | 1,3                              | 1,3                | 0,85                   | 1,25               |  |

3. Поправочный коэффициент  $K_{MV}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов на скорость резания

| Марка стали или сплава | $\sigma_B$ , МПа | Усредненное значение коэффициента $K_{MV}$ | Марка стали или сплава | $\sigma_B$ , МПа | Усредненное значение коэффициента $K_{MV}$ |
|------------------------|------------------|--|------------------------|------------------|--|
| 12X18H9T               | 550              | 1,0  | ХН60ВТ                 | 750              | 0,48                                       |
| 13X11H2B2MФ            | 1100—1460        | 0,8—0,3                                    | ХН77ТЮ                 | 850—1000         | 0,40                                       |
| 14X17H2                | 800—1300         | 1,0—0,75                                   | ХН77ТЮР                |                  | 0,26                                       |
| 13X14H3B2ФР            | 700—1200         | 0,5—0,4                                    | ХН35ВТ                 | 950              | 0,50                                       |
| 37X12H8Г8МФБ           | —                | 0,95—0,72                                  | ХН70ВМТЮ               | 1000—1250        | 0,25                                       |
| 45X14H14B2М            | 700              | 1,06                                       | ХН55ВМТКЮ              | 1000—1250        | 0,25                                       |
| 10X11H20ТЗР            | 720—800          | 0,85                                       | ХН65ВМТЮ               | 900—1000         | 0,20                                       |
| 12X21H5Т               | 820—10000        | 0,65                                       | ХН35ВТЮ                | 900—950          | 0,22                                       |
| 20X23H18               | 600—620          | 0,80                                       | ВТ3-1; ВТ3             | 950—1200         | 0,40                                       |
| 31X19H9МВБТ            |                  | 0,40                                       | ВТ5; ВТ4               | 750—950          | 0,70                                       |
| 15X18H12С4ТЮ           | 730              | 0,50                                       | ВТ6; ВТ8               | 900—1200         | 0,35                                       |
| ХН78Т                  | 780              | 0,75                                       | ВТ14                   | 900—1400         | 0,53—0,43                                  |
| ХН75МБТЮ               | —                | 0,53                                       | 12X13                  | 600—1100         | 1,5—1,2                                    |
|                        |                  |  | 30X13; 40X13           | 850—1100         | 1,3—0,9                                    |

**4. Поправочный коэффициент  $K_{MD}$ , учитывающий влияние физико-механических свойств медных и алюминиевых сплавов на скорость резания**

| Медные сплавы  | $K_{MD}$          | Алюминиевые сплавы  | $K_{MD}$ |
|--|-------------------|---|----------|
| Гетерогенные:<br>$HB > 140$<br>$HB \ 100 - 140$                        | 0,7<br>1,0<br>1,7 | Силумин и литейные сплавы (закаленные), $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа, $HB > 60$<br>Дюралюминий (закаленный), $\sigma_B = 400 \div 500$ МПа, $HB > 100$ | 0,8      |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре                       | 2,0               | Силумин и литейные сплавы, $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$ . Дюралюминий, $\sigma_B = 300 \div 400$ МПа, $HB \leq 100$                      | 1,0      |
| Гомогенные   | 4,0               |   | 1,2      |
| Сплавы с содержанием свинца $< 10\%$ при основной гомогенной структуре | 8                 | Дюралюминий, $\sigma_B = 200 \div 300$ МПа  | 1,2      |
| Медь   | 12,0              |   |          |
| Сплавы с содержанием свинца $> 15\%$                                   |                   |   |          |

**5. Поправочный коэффициент  $K_{PV}$ , учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания**

| Состояние поверхности заготовки |          |         |                                       |                     |                             |
|---------------------------------|----------|---------|---------------------------------------|---------------------|-----------------------------|
| без корки                       | с коркой |         |                                       |                     |                             |
|                                 | Прокат   | Поковка | Стальные и чугунные отливки при корке |                     | Медные и алюминиевые сплавы |
|                                 |          |         | нормальной                            | сильно загрязненной |                             |
| 1,0                             | 0,9      | 0,8     | 0,8 - 0,85                            | 0,5 - 0,6           | 0,9                         |

**6. Поправочный коэффициент  $K_{IV}$ , учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания**

| Обрабатываемый материал                   | Значения коэффициента $K_{IV}$ в зависимости от марки инструментального материала |               |              |               |                    |              |             |
|---|---|---------------|--------------|---------------|--------------------|--------------|-------------|
|   | T5K12B<br>0,35  | T5K10<br>0,65 | T14K8<br>0,8 | T15K6<br>1,00 | T15K6<br>1,15      | T30K4<br>1,4 | BK8<br>0,4  |
| Сталь конструкционная                     |   |               |              |               |                    |              |             |
| Коррозионно-стойкие и жаропрочные стали   | BK8<br>1,0  | T5K10<br>1,4  | T15K6<br>1,9 | P18<br>0,3    | —                  |              |             |
| Сталь закаленная                          | <i>HRC 35 - 50</i>  |               |              |               | <i>HRC 51 - 62</i> |              |             |
|   | T15K6<br>1,0  | T30K4<br>1,25 | BK6<br>0,85  | BK8<br>0,83   | BK4<br>1,0         | BK6<br>0,92  | BK8<br>0,74 |
| Серый и ковкий чугун                      | BK8   | BK6           | BK4          | BK3           | BK3<br>1,25        | —            |             |
|   | 0,83  | 1,0           | 1,1          | 1,15          |                    |              |             |
| Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы | P6M5  | BK4           | BK6          | 9XC           | XBG                | Y12A         | —           |
|   | 1,0   | 2,5           | 2,7          | 0,6           | 0,6                | 0,5          |             |

**Стойкость  $T$** — период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки, соответствует условиям одноинструментной обработки. При многоинструментной обработке период стойкости  $T$  следует увеличивать. Он зависит прежде всего от числа одновременно работающих инструментов, отношения времени резания к времени ра-

бочего хода, материала инструмента, вида оборудования. При многостаночном обслуживании период стойкости  $T$  также необходимо увеличивать с возрастанием числа обслуживаемых станков.

В обычных случаях расчет точного значения периода стойкости громоздкий. Поэтому ориентировочно можно считать, что период

**7. Коэффициент изменения стойкости  $K_{Ti}$  в зависимости от числа одновременно работающих инструментов при средней по равномерности их загрузке**

|                               |   |     |   |     |    |    |
|-------------------------------|---|-----|---|-----|----|----|
| Число работающих инструментов | 1 | 3   | 5 | 8   | 10 | 15 |
| $K_{Ti}$                      | 1 | 1,7 | 2 | 2,5 | 3  | 4  |

Примечания: 1. При равномерной загрузке инструментов коэффициент  $K_{Ti}$  увеличивать в 2 раза.  
2. При загрузке инструментов с большой неравномерностью коэффициент  $K_{Ti}$  уменьшать на 25–30 %.

**8. Коэффициент изменения периода стойкости  $K_{Tc}$  в зависимости от числа одновременно обслуживаемых станков**

|                             |     |     |     |     |     |     |           |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|
| Число обслуживаемых станков | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7 и более |
| $K_{Tc}$                    | 1,0 | 1,4 | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 2,8 | 3,1       |

**9. Поправочный коэффициент  $K_{Mp}$  для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости**

| Обрабатываемый материал  | Расчетная формула                                | Показатель степени $n$ при определении                |   |  |
|--|--|---|---|--|
|  |  | составляющей $P_z$ силы резания при обработке резцами | крутящего момента $M$ и осевой силы $P_0$ при сверлении, рассверливании и зенкеро-вании | окружной силы резания $P_z$ при фрезеровании |
| Конструкционная углеродистая и легированная сталь $\sigma_B$ , МПа:<br>$\leq 600$<br>$> 600$ | $K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$ | 0,75/0,35   | 0,75/0,75   | 0,3/0,3                                      |
|  |  | 0,75/0,75   | 0,75/0,75   | 0,3/0,3                                      |
| Серый чугун  | $K_{Mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n$       | 0,4/0,55  | 0,6/0,6   | 1,0/0,55                                     |
| Ковкий чугун   | $K_{Mp} = \left( \frac{HB}{150} \right)^n$       | 0,4/0,55  | 0,6/0,6   | 1,0/0,55                                     |

Примечание. В числителе приведены значения показателя степени  $n$  для твердого сплава, в знаменателе — для быстрорежущей стали.

### 10. Поправочный коэффициент $K_{MP}$ , учитывающий влияние качества медных и алюминиевых сплавов на силовые зависимости

| Медные сплавы  | $K_{MP}$  | Алюминиевые сплавы                                      | $K_{MP}$ |
|--|-----------|---|----------|
| Гетерогенные:<br><i>HV</i> 120   | 1,0       | Алюминий и силумин<br>Дюралюминий, $\sigma_B$ ,<br>МПа: | 1,0      |
| <i>HV</i> > 120  | 0,75      | 250   | 1,5      |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре и свинцовистые с содержанием свинца 10% при основной гомогенной структуре | 0,65–0,70 | 350   | 2,0      |
| Гомогенные   | 1,8–2,2   | > 350   | 2,75     |
| Медь   | 1,7–2,1   |   |          |
| С содержанием свинца > 15%   | 0,25–0,45 |   |          |

стойкости при многоинструментной обработке

$$T_{ми} = TK_{Ti} \quad (2)$$

а при многостаночном обслуживании

$$T_{мс} = TK_{Tc} \quad (3)$$

где  $T$  – стойкость лимитирующего инструмента;  $K_{Ti}$  – коэффициент изменения периода стойкости при многоинструментной обработке (табл. 7);  $K_{Tc}$  – коэффициент изменения периода стойкости при многостаночном обслуживании (табл. 8).

**Сила резания.** Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую  $P_z$ , определяющую расходуемую на резание мощность  $N_e$  и крутящий момент на шпинделе станка. Силовые зависимости рассчитывают по эмпирическим формулам, значения коэффициентов и показателей степени в которых для различных видов обработки приведены в соответствующих таблицах.

Рассчитанные с использованием табличных данных силовые зависимости учитывают конкретные технологические параметры (глубину резания, подачу, ширину фрезерования и др.) и действительны при определенных значениях ряда других факторов. Их значения, соответствующие фактическим условиям резания, получают умножением на коэффициент  $K_p$  – общий поправочный коэффициент, учитывающий измененные по сравнению с табличными условия резания, представляющий собой произведение из ряда коэффициентов. Важнейшим из них является коэффициент  $K_{MP}$ , учитывающий качество обрабатываемого материала, значения которого для стали и чугуна приведены в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов – в табл. 10.

### ТОЧЕНИЕ

**Глубина резания  $t$ :** при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности оборудования, жесткости системы СПИД принимается равной припуску на обработку; при чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем. При параметре шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 3,2$  мкм включительно  $t = 0,5 \div 2,0$  мм;  $Ra \geq 0,8$  мкм,  $t = 0,1 \div 0,4$  мм.

**Подача  $s$ :** при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИД, прочности режущей пластины и прочности державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении приведены в табл. 11, а при черновом растачивании – в табл. 12.

Максимальные величины подач при точении стали 45, допустимые прочностью пластины из твердого сплава, приведены в табл. 13.

Подачи при чистовом точении выбирают в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца (табл. 14).

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра обработки (табл. 15).

Рекомендуемые подачи при фасонном точении приведены в табл. 16.

**Скорость резания  $v$ , м/мин:** при наружном продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывают по эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_s y}} K_v$$

## 11. Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

| Диаметр детали, мм | Размер державки резца, мм | Обрабатываемый материал  |             |         |         |            |                       |             |        |         |         |         |   |   |
|--------------------|---------------------------|--|-------------|---------|---------|------------|-----------------------|-------------|--------|---------|---------|---------|---|---|
|                    |                           | Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная |             |         |         |            | Чугун и медные сплавы |             |        |         |         |         |   |   |
|                    |                           | Подача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм               |             |         |         |            |                       |             |        |         |         |         |   |   |
| До 3               | Св. 3 до 5                | Св. 5 до 8   | Св. 8 до 12 | Св. 12  | До 3    | Св. 3 до 5 | Св. 5 до 8            | Св. 8 до 12 | Св. 12 | Св. 12  |         |         |   |   |
| До 20              | От 16 × 25 до 25 × 25     | —  | —           | —       | —       | —          | —                     | —           | —      | —       | —       | —       | — | — |
| Св. 20 до 40       | От 16 × 25 до 25 × 25     | 0,3—0,4  | 0,3—0,4     | —       | —       | —          | —                     | —           | —      | 0,4—0,5 | —       | —       | — | — |
| » 40 » 60          | От 16 × 25 до 25 × 40     | 0,5—0,9  | 0,4—0,8     | 0,3—0,7 | —       | —          | —                     | —           | —      | 0,6—0,9 | 0,4—0,7 | —       | — | — |
| » 60 » 100         | От 16 × 25 до 25 × 40     | 0,6—1,2  | 0,5—1,1     | 0,5—0,9 | 0,4—0,8 | —          | —                     | —           | —      | 0,8—1,4 | 0,6—1,0 | 0,5—0,9 | — | — |
| » 100 » 400        | От 16 × 25 до 25 × 40     | 0,8—1,3  | 0,7—1,2     | 0,6—1,0 | 0,5—0,9 | —          | —                     | —           | —      | 1,0—1,5 | 0,8—1,1 | 0,6—0,9 | — | — |
| » 400 » 500        | От 20 × 30 до 40 × 60     | 1,1—1,4  | 1,0—1,3     | 0,7—1,2 | 0,6—1,2 | 0,4—1,1    | —                     | —           | —      | 1,3—1,6 | 1,0—1,2 | 0,7—0,9 | — | — |
| » 500 » 600        | От 20 × 30 до 40 × 60     | 1,2—1,5  | 1,0—1,4     | 0,8—1,3 | 0,6—1,3 | 0,1—1,2    | —                     | —           | —      | 1,5—1,8 | 1,0—1,4 | 0,9—1,2 | — | — |
| » 600 » 1000       | От 25 × 40 до 40 × 60     | 1,2—1,8  | 1,1—1,5     | 0,9—1,4 | 0,8—1,4 | 0,7—1,3    | —                     | —           | —      | 1,5—2,0 | 1,0—1,4 | 1,0—1,3 | — | — |
| » 1000 » 2500      | От 30 × 45 до 40 × 60     | 1,3—2,0  | 1,3—1,8     | 1,2—1,6 | 1,1—1,5 | 1,0—1,5    | —                     | —           | —      | 1,6—2,4 | 1,4—1,8 | 1,3—1,7 | — | — |

Примечания: 1. Нижние значения подачи соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подачи — большим размерам державки резца и менее прочным обрабатываемым материалам.

2. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

3. При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударами табличные значения подачи следует уменьшать на коэффициент 0,75—0,85.

4. При обработке закаленных сталей табличные значения подачи уменьшать, умножая на коэффициент 0,8 для стали с HRC 44—56 и на 0,5 для стали с HRC 57—62.

12. Подачи при черновом растачивании на токарных, токарно-револьверных и карусельных станках резцами с пластинами из твердого сплава и быстрорежущей стали

| Резец или оправка   |                             | Обрабатываемый материал  |           |          |         |         |                       |   |   |   |   |    |    |
|---|-----------------------------|--|-----------|----------|---------|---------|-----------------------|---|---|---|---|----|----|
| Диаметр круглого сечения резца или размеры прямоугольного сечения оправки, мм | Вылет резца или оправок, мм | Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная |           |          |         |         | Чугун и медные сплавы |   |   |   |   |    |    |
|   |                             | 2  | 3         | 5        | 8       | 12      | 20                    | 2 | 3 | 5 | 8 | 12 | 20 |
| Поддача $s$ , мм/об, при глубине резания $t$ , мм                             |                             |  |           |          |         |         |                       |   |   |   |   |    |    |
| <i>Токарные и токарно-револьверные станки</i>                                 |                             |  |           |          |         |         |                       |   |   |   |   |    |    |
| 10  | 50                          | 0,08   | —         | —        | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 12  | 60                          | 0,10   | 0,08      | —        | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 16  | 80                          | 0,1—0,2  | 0,15      | 0,1      | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 20  | 100                         | 0,5—0,3  | 0,15—0,25 | 0,12     | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 25  | 125                         | 0,25—0,5   | 0,15—0,4  | 0,12—0,2 | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 30  | 150                         | 0,4—0,7  | 0,2—0,5   | 0,12—0,3 | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 40  | 200                         | —  | 0,25—0,6  | 0,15—0,4 | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 40 × 40   | 150                         | —  | 0,6—1,0   | 0,5—0,7  | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
|   | 300                         | —  | 0,4—0,7   | 0,3—0,6  | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 60 × 60   | 150                         | —  | 0,9—1,2   | 0,8—1,0  | 0,6—0,8 | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
|   | 300                         | —  | 0,7—1,0   | 0,5—0,8  | 0,4—0,7 | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| 75 × 75   | 300                         | —  | 0,9—1,3   | 0,8—1,1  | 0,7—0,9 | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
|   | 500                         | —  | 0,7—1,0   | 0,6—0,9  | 0,5—0,7 | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
|   | 800                         | —  | —         | 0,4—0,7  | —       | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |
| <i>Карусельные станки</i>   |                             |  |           |          |         |         |                       |   |   |   |   |    |    |
| —   | 200                         | —  | 1,3—1,7   | 1,2—1,5  | 1,1—1,3 | 0,9—1,2 | 0,8—1,0               | — | — | — | — | —  | —  |
| —   | 300                         | —  | 1,2—1,4   | 1,0—1,3  | 0,9—1,1 | 0,8—1,0 | 0,6—0,8               | — | — | — | — | —  | —  |
| —   | 500                         | —  | 1,0—1,2   | 0,9—1,1  | 0,7—0,9 | 0,6—0,7 | 0,5—0,6               | — | — | — | — | —  | —  |
| —   | 700                         | —  | 0,8—1,0   | 0,7—0,8  | 0,5—0,6 | —       | —                     | — | — | — | — | —  | —  |

Примечания: 1. Верхние пределы подачи рекомендуются для меньшей глубины резания при обработке менее прочных материалов, нижние — для большей глубины и более прочных материалов.

2. См. примечание 2—4 к табл. 11.

**13. Поддачи, мм/об, допустимые прочностью пластины из твердого сплава, при точении конструкционной стали резцами с главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$**

| Толщина пластины, мм | Глубина резания $t$ , мм, до |     |     |     |
|----------------------|------------------------------|-----|-----|-----|
|                      | 4                            | 7   | 13  | 22  |
| 4                    | 1,3                          | 1,1 | 0,9 | 0,8 |
| 6                    | 2,6                          | 2,2 | 1,8 | 1,5 |
| 8                    | 4,2                          | 3,6 | 3,6 | 2,5 |
| 10                   | 6,1                          | 5,1 | 4,2 | 3,6 |

Примечания: 1. В зависимости от механических свойств стали на табличные значения поддачи вводить поправочный коэффициент 1,2 при  $\sigma_B = 480 \div 640$  МПа; 1,0 при  $\sigma_B = 650 \div 870$  МПа и 0,85 при  $\sigma_B = 870 \div 1170$  МПа.

2. При обработке чугуна табличное значение поддачи умножать на коэффициент 1,6.

3. Табличное значение поддачи умножать на поправочный коэффициент 1,4 при  $\varphi = 30^\circ$ ; 1,0 при  $\varphi = 45^\circ$ ; 0,6 при  $\varphi = 60^\circ$  и 0,4 при  $\varphi = 90^\circ$ .

4. При обработке с ударами подачу уменьшать на 20%.

**14. Поддачи, мм/об, при чистовом точении**

| Параметр шероховатости поверхности, мкм |      | Радиус при вершине резца $r$ , мм |      |       |      |      |      |
|---|------|-----------------------------------|------|-------|------|------|------|
| $Ra$                                    | $Rz$ | 0,4                               | 0,8  | 1,2   | 1,6  | 2,0  | 2,4  |
| 0,63                                    | —    | 0,07                              | 0,10 | 0,12  | 0,14 | 0,15 | 0,17 |
| 1,25                                    |      | 0,10                              | 0,13 | 0,165 | 0,19 | 0,21 | 0,23 |
| 2,50                                    |      | 0,144                             | 0,20 | 0,246 | 0,29 | 0,32 | 0,35 |
| —                                       | 20   | 0,25                              | 0,33 | 0,42  | 0,49 | 0,55 | 0,60 |
|   | 40   | 0,35                              | 0,51 | 0,63  | 0,72 | 0,80 | 0,87 |
|   | 80   | 0,47                              | 0,66 | 0,81  | 0,94 | 1,04 | 1,14 |

Примечание. Поддачи даны для обработки сталей с  $\sigma_B = 700 \div 900$  МПа и чугунов; для сталей с  $\sigma_B = 500 \div 700$  МПа значения подач умножать на коэффициент  $K_s = 0,45$ ; для сталей с  $\sigma_B = 900 \div 1100$  МПа значения подач умножать на коэффициент  $K_s = 1,25$ .

а при отрезании, прорезании и фасонном точении — по формуле  $v = \frac{C_v}{T^{m_s y}} K_v$ . Среднее значение стойкости  $T$  при одноинструментной обработке — 30–60 мин. Значения коэффициента  $C_v$ , показателей степени  $x$ ,  $y$  и  $m$  приведены в табл. 17.

**15. Поддачи, мм/об, при прорезании пазов и отрезании**

| Диаметр обработки, мм | Ширина резца, мм | Обрабатываемый материал   |                                    |
|-----------------------|------------------|---|------------------------------------|
|                       |                  | Сталь конструкционная углеродистая и легированная, стальное литье | Чугун, медные и алюминиевые сплавы |

*Токарно-револьверные станки*

|              |       |           |           |
|--------------|-------|-----------|-----------|
| До 20        | 3     | 0,06–0,08 | 0,11–0,14 |
| Св. 20 до 40 | 3–4   | 0,1–0,12  | 0,16–0,19 |
| » 40 » 60    | 4–5   | 0,13–0,16 | 0,20–0,24 |
| » 60 » 100   | 5–8   | 0,16–0,23 | 0,24–0,32 |
| » 100 » 150  | 6–10  | 0,18–0,26 | 0,3–0,4   |
| » 150        | 10–15 | 0,28–0,36 | 0,4–0,55  |

*Карусельные станки*

|          |       |           |           |
|----------|-------|-----------|-----------|
| До 2500  | 10–15 | 0,35–0,45 | 0,55–0,60 |
| Св. 2500 | 16–20 | 0,45–0,60 | 0,60–0,70 |

Примечания: 1. При отрезании сплошного материала диаметром более 60 мм при приближении резца к оси детали до 0,5 радиуса табличные значения поддачи следует уменьшить на 40–50%.

2. Для закаленной конструкционной стали табличные значения поддачи уменьшать на 30% при  $HRC < 50$  и на 50% при  $HRC > 50$ .

3. При работе резцами, установленными в револьверной головке, табличные значения умножать на коэффициент 0,8.

Коэффициент  $K_v$  является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки  $K_{mv}$  (см. табл. 1–4), состояния поверхности  $K_{pv}$  (табл. 5), материала инструмента  $K_{iv}$  (см. табл. 6). При многоинструментной обработке и многостаночном обслуживании период стойкости увеличивают, вводя соответственно коэффициенты  $K_{Ti}$  (см. табл. 7) и  $K_{Tc}$  (см. табл. 8), углов в плане резцов  $K_\varphi$  и радиуса при вершине резца  $K_r$  (табл. 18).

Отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках приведены отдельно в табл. 19.

Режимы резания при точении закаленной стали резцами из твердого сплава приведены в табл. 20.



## 16. Поддачи, мм/об, при фасонном точении

| Ширина<br>резца, мм | Диаметр обработки, мм |             |            |             |
|---------------------|-----------------------|-------------|------------|-------------|
|                     | 20                    | 25          | 40         | 60 и более  |
| 8                   | 0,03—0,09             | 0,04—0,09   | 0,04—0,09  | 0,04—0,09   |
| 10                  | 0,03—0,07             | 0,04—0,085  | 0,04—0,085 | 0,04—0,085  |
| 15                  | 0,02—0,05             | 0,035—0,075 | 0,04—0,08  | 0,04—0,08   |
| 20                  | —                     | 0,03—0,06   | 0,04—0,08  | 0,04—0,08   |
| 30                  | —                     | —           | 0,035—0,07 | 0,035—0,07  |
| 40                  | —                     | —           | 0,03—0,06  | 0,03—0,06   |
| 50 и более          | —                     | —           | —          | 0,025—0,055 |

Примечание. Меньшие поддачи брать для более сложных и глубоких профилей и твердых металлов, большие — для простых профилей и мягких металлов.

17. Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами

| Вид обработки | Материал режущей части резца | Характеристика поддачи | Коэффициент и показатели степени |     |     |     |
|---------------|------------------------------|------------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|
|               |                              |                        | $C_v$                            | $x$ | $y$ | $m$ |

Обработка конструкционной углеродистой стали,  $\sigma_B = 750$  МПа

|  |                 |   |      |              |              |      |
|--|-----------------|---|------|--------------|--------------|------|
| Наружное продольное точение проходными резцами | T15K6*          | $s$ до 0,3                                    | 420  | 0,15         | 0,20         | 0,20 |
|  |                 | $s$ св. 0,3 до 0,7                            | 350  |              | 0,35         |      |
|  |                 | $s > 0,7$                                     | 340  |              | 0,45         |      |
| То же, резцами с дополнительным лезвием        | T15K6*          | $s \leq t$<br>$s > t$                         | 292  | 0,30<br>0,15 | 0,15<br>0,30 | 0,18 |
| Отрезание                                      | T5K10*<br>P18** | —   | 47   | —            | 0,80         | 0,20 |
|  |                 |   | 23,7 |              | 0,66         | 0,25 |
| Фасонное точение                               | P18**           | —   | 22,7 | —            | 0,50         | 0,30 |
| Нарезание крепежной резьбы                     | T15K6*          |   | 244  | 0,23         | 0,30         | 0,20 |
|  | P6M5            | Черновые ходы:<br>$P \leq 2$ мм<br>$P > 2$ мм | 14,8 | 0,70         | 0,30         | 0,11 |
|  |                 |   | 30   | 0,60         | 0,25         | 0,08 |
|  |                 | Чистовые ходы                                 | 41,8 | 0,45         | 0,30         | 0,13 |
| Вихревое нарезание резьбы                      | T15K6*          | —   | 2330 | 0,50         | 0,50         | 0,50 |

Продолжение табл. 17

| Вид обработки  | Материал режущей части резца | Характеристика подачи | Коэффициент и показатели степени |      |      |      |
|--|------------------------------|-----------------------|----------------------------------|------|------|------|
|  |                              |                       | $C_T$                            | $x$  | $y$  | $m$  |
| <i>Обработка серого чугуна, HB 190</i>                       |                              |                       |                                  |      |      |      |
| Наружное продольное точение проходными резцами               | BK6 *                        | $s \leq 0,40$         | 292                              | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
|  |                              | $s > 0,40$            | 243                              |      | 0,40 |      |
| Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием | BK6 **                       | $s \geq t$            | 324                              | 0,40 | 0,20 | 0,28 |
|  |                              | $s < t$               | 324                              | 0,20 | 0,40 | 0,28 |
| Отрезание  | BK6 *                        | —                     | 68,5                             | —    | 0,40 | 0,20 |
| Нарезание крепежной резьбы                                   |                              |                       | 83                               | 0,45 | —    | 0,33 |

*Обработка ковкого чугуна, HB 150*

|  |       |               |     |      |      |      |
|--|-------|---------------|-----|------|------|------|
| Наружное продольное точение проходными резцами | BK8 * | $s \leq 0,40$ | 317 | 0,15 | 0,20 | 0,20 |
|  |       | $s > 0,40$    | 215 | 0,15 | 0,45 | 0,20 |
| Отрезание                                      | BK6 * | —             | 86  | —    | 0,4  | 0,20 |

*Обработка медных гетерогенных сплавов средней твердости, HB 100–140*

|  |       |               |     |      |      |      |
|--|-------|---------------|-----|------|------|------|
| Наружное продольное точение проходными резцами | P18 * | $s \leq 0,20$ | 270 | 0,12 | 0,25 | 0,23 |
|  |       | $s > 0,20$    | 182 |      | 0,30 |      |

*Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов,  $\sigma_B = 100 \div 200$  МПа, HB  $\leq 65$ ; дюралюминия,  $\sigma_B = 300 \div 400$  МПа, HB  $\leq 100$*

|  |       |               |     |      |      |      |
|--|-------|---------------|-----|------|------|------|
| Наружное продольное точение проходными резцами | P18 * | $s \leq 0,20$ | 485 | 0,12 | 0,25 | 0,28 |
|  |       | $s > 0,20$    | 328 |      | 0,50 |      |

\* Без охлаждения.

\*\* С охлаждением.

Примечания: 1. При внутренней обработке (расточивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.

2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок резцами из быстрорежущей стали вводить поправочный коэффициент на скорость резания 0,8.

3. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из твердого сплава T15K6 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.

4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.

5. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент 0,95 – при нормализации, 0,9 – при отжиге, 0,8 – при улучшении.

6. Подача  $s$  в мм/об.

## 18. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров реза на скорость резания

| Главный угол в плане $\varphi^\circ$ | Коэффициент $K_{\varphi\alpha}$ | Вспомогательный угол в плане $\varphi_1^\circ$ | Коэффициент $K_{\varphi\beta}$ | Радиус при вершине реза $r^*$ , мм | Коэффициент $K_{rv}$ |
|--------------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 20                                   | 1,4                             | 10   | 1,0                            | 1                                  | 0,94                 |
| 30                                   | 1,2                             | 15   | 0,97                           | 2                                  | 1,0                  |
| 45                                   | 1,0                             | 20   | 0,94                           | 3                                  | 1,03                 |
| 60                                   | 0,9                             | 30   | 0,91                           | —                                  | —                    |
| 75                                   | 0,8                             | 45   | 0,87                           | 5                                  | 1,13                 |
| 90                                   | 0,7                             | —  | —                              | —                                  | —                    |

\* Учитывают только для резцов из быстрорежущей стали.

## 19. Режимы резания при тонком точении и растачивании

| Обрабатываемый материал  | Материал рабочей части режущего инструмента | Параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм | Подача, мм/об | Скорость резания, мм/мин |
|--|---|---|---------------|--------------------------|
| Сталь: $\sigma_B < 650$ МПа<br>$\sigma_B = 650 \div 800$ МПа<br>$\sigma_B > 800$ МПа | Т30К4                                       | 1,25–0,63                                     | 0,06–0,12     | 250–300                  |
|  |   |   |               | 150–200                  |
| Чугун: $HB$ 149–163<br>$HB$ 156–229<br>$HB$ 170–241                                  | ВК3   | 2,5–1,25                                      | 0,04–0,1      | 150–200                  |
|  |   |   |               | 120–150                  |
| Алюминиевые сплавы и баббит  | ВК3   | 1,25–0,32                                     | 0,04–0,08     | 300–600                  |
| Бронза и латунь  |   |   |               | 180–500                  |

Примечания: 1. Глубина резания 0,1–0,15 мм.

2. Предварительный проход с глубиной резания 0,4 мм улучшает геометрическую форму обработанной поверхности.

3. Меньшие значения параметра шероховатости поверхности соответствуют меньшим подачам.

Режимы резания при точении и растачивании чугунов, закаленных сталей и твердых сплавов резцами, оснащенными поликристаллами композитов 01 (эльбор-Р), 05, 10 (гексанит-Р) и 10Д (двухслойные пластины с рабочим слоем из гексанита-Р) приведены в табл. 21.

**Сила резания.** Силу резания  $N$ , принято раскладывать на составляющие силы, направленные по осям координат станка (тангенциальную  $P_z$ , радиальную  $P_y$  и осевую  $P_x$ ). При наружном продольном и поперечном точении, растачивании, отрезании, прорезании пазов и фасонном точении эти составляющие рассчитывают по формуле

$$P_{z, y, x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p$$

При отрезании, прорезании и фасонном точении  $t$  — длина лезвия реза.

Постоянная  $C_p$  и показатели степени  $x$ ,  $y$ ,  $n$  для конкретных (расчетных) условий обработки для каждой из составляющих силы резания приведены в табл. 22.

Поправочный коэффициент  $K_p$  представляет собой произведение ряда коэффициентов ( $K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp}$ ), учитывающих фактические условия резания. Численные значения этих коэффициентов приведены в табл. 9, 10 и 23.

**Мощность резания**, кВт, рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}$$

**20. Режимы резания при точении закаленной стали резцами с пластинами из твердого сплава**

| Подача $s$ ,<br>мм/об | Ширина<br>прореза-<br>ния, мм | Твердость обрабатываемого материала $HRC$ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|-------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                       |                               | 35  | 39 | 43 | 46 | 49 | 51 | 53 | 56 | 59 | 62 |
|                       |                               | Скорость резания $v$ , м/мин              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

*Наружное продольное точение*

|     |   |     |     |     |     |    |    |    |    |    |    |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 0,2 | — | 157 | 135 | 116 | 107 | 83 | 76 | 66 | 48 | 32 | 26 |
| 0,3 |   | 140 | 118 | 100 | 92  | 70 | 66 | 54 | 39 | 25 | 20 |
| 0,4 |   | 125 | 104 | 88  | 78  | 60 | 66 | 45 | 33 | —  | —  |
| 0,5 |   | 116 | 95  | 79  | 71  | 53 | —  | —  | —  |    |    |
| 0,6 |   | 108 | 88  | 73  | 64  | 48 |    |    |    |    |    |

*Прорезание паза*

|      |    |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0,05 | 3  | 131 | 110 | 95 | 83 | 70 | 61 | 54 | 46 | 38 | 29 |
| 0,08 | 4  | 89  | 75  | 65 | 56 | 47 | 41 | 37 | 31 | 25 | 19 |
| 0,12 | 6  | 65  | 55  | 47 | 41 | 35 | 30 | 27 | 23 | 18 | 14 |
| 0,16 | 8  | 51  | 43  | 37 | 32 | 27 | 23 | —  | —  | —  | —  |
| 0,20 | 12 | 43  | 36  | 31 | 27 | 23 | 20 |    |    |    |    |

Примечания; 1. В зависимости от глубины резания на табличное значение скорости резания вводить поправочный коэффициент: 1,15 при  $t = 0,4 \div 0,9$  мм; 1,0 при  $t = 1 \div 2$  мм и 0,91 при  $t = 2 \div 3$  мм.

2. В зависимости от параметра шероховатости на табличное значение скорости резания вводить поправочный коэффициент: 1,0 для  $Rz = 10$  мкм; 0,9 для  $Ra = 2,5$  мкм и 0,7 для  $Ra = 1,25$  мкм.

3. В зависимости от марки твердого сплава на скорость резания вводить поправочный коэффициент  $K_{ив}$ :

| Твердость<br>обрабатываемого<br>материала     | $HRC$ 35–49 |       |      |      | $HRC$ 50–62 |      |      |
|---|-------------|-------|------|------|-------------|------|------|
|   | Т30К4       | Т15К6 | ВК6  | ВК8  | ВК4         | ВК6  | ВК8  |
| Марка твердого сплава<br>Коэффициент $K_{ив}$ | 1,25        | 1,0   | 0,85 | 0,83 | 1,0         | 0,92 | 0,74 |

4. В зависимости от главного угла в плане резца вводить поправочные коэффициенты: 1,2 при  $\varphi = 30^\circ$ ; 1,0 при  $\varphi = 45^\circ$ ; 0,9 при  $\varphi = 60^\circ$ ; 0,8 при  $\varphi = 75^\circ$ ; 0,7 при  $\varphi = 90^\circ$ .

5. При работе без охлаждения вводить на скорость резания поправочный коэффициент 0,9.

**21. Режимы резания при точении и растачивании резцами, оснащенными композитом на основе нитрида бора**

| Обрабатываемый<br>материал                    | Характер<br>обработки | Марка<br>композита | Глубина<br>резания<br>$t$ , мм | Подача $s$ ,<br>мм/об | Скорость<br>резания $v$ ,<br>м/мин |
|---|-----------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| Закаленные стали, $HRC$<br>40–58              | Без удара             | 01; 05             | 0,05–3,00                      | 0,03–0,2              | 50–160                             |
|   | С ударом              | 10; 10Д            | 0,05–1,0                       | 0,03–0,1              | 40–120                             |
| Закаленные стали, $HRC$<br>58–68              | Без удара             | 01                 | 0,05–0,8                       | 0,03–0,1              | 50–120                             |
|   | С ударом              | 10; 10Д            | 0,05–0,2                       | 0,03–0,07             | 10–100                             |
| Серые и высокопрочные<br>чугуны, $HB$ 150–300 | Без удара             | 05; 01             | 0,05–3,0                       | 0,05–0,3              | 300–1000                           |
|   | С ударом              | 10; 10Д;<br>05; 01 | 0,05–3,0                       | 0,05–0,15             | 300–700                            |

Продолжение табл. 21

| Обрабатываемый материал                              | Характер обработки            | Марка композита | Глубина резания $t$ , мм | Подача $s$ , мм/об | Скорость резания $v$ , м/мин |
|--|-------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------------------------|
| Отбеленные закаленные чугуны, $HV$ 400–600           | Без удара                     | 05; 01          | 0,05–2,00                | 0,03–0,15          | 80–200                       |
|  | С ударом                      | 10; 10Д         | 0,05–1,0                 | 0,03–0,10          | 50–100                       |
| Твердые сплавы ВК15, ВК20, ВК25 и т. п., $HRA$ 80–86 | Без удара, допускается биение | 10; 10Д; 01     | 0,05–1,0                 | 0,03–0,1           | 5–20                         |

22. Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени в формулах силы резания при точении

| Обрабатываемый материал  | Материал рабочей части резца | Вид обработки  | Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих |      |      |       |                  |      |      |      |              |      |      |      |
|--|------------------------------|--|--|------|------|-------|------------------|------|------|------|--------------|------|------|------|
|  |                              |  | тангенциальной $P_z$   |      |      |       | радиальной $P_y$ |      |      |      | осевой $P_x$ |      |      |      |
|  |                              |  | $C_p$  | $x$  | $y$  | $n$   | $C_p$            | $x$  | $y$  | $n$  | $C_p$        | $x$  | $y$  | $n$  |
| Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_B = 750$ МПа | Твердый сплав                | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание      | 300  | 1,0  | 0,75 |       | 243              | 0,9  | 0,6  |      | 339          | 1,0  | 0,5  |      |
|  |                              | Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием | 384  | 0,90 | 0,90 | -0,15 | 355              | 0,6  | 0,8  | -0,3 | 241          | 1,05 | 0,2  | -0,4 |
|  |                              | Отрезание и прорезание                                       | 408  | 0,72 | 0,8  | 0     | 173              | 0,73 | 0,67 | 0    | -            | -    | -    | -    |
|  |                              | Нарезание резьбы   | 148  | -    | 1,7  | 0,71  | -                | -    | -    | -    | -            | -    | -    | -    |
|  | Быстрорежущая сталь          | Наружное продольное точение, подрезание и растачивание       | 200  |      | 0,75 |       | 125              | 0,9  | 0,75 | 0    | 67           | 1,2  | 0,65 | 0    |
|  |                              | Отрезание и прорезание                                       | 247  |      | 1,0  |       |                  |      |      |      |              |      |      |      |
|  |                              | Фасонное точение   | 212  |      |      |       |                  |      |      |      |              |      |      |      |
| Сталь жаропрочная 12Х18Н9Т $HV$ 141                            | Твердый сплав                | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание      | 204  | 1,0  | 0,75 | 0     | -                | -    | -    | -    | -            | -    | -    |      |

Продолжение табл. 22

| Обрабатываемый материал                   | Материал рабочей части резца | Вид обработки  | Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих |     |      |      |                  |     |      |     |              |      |     |     |      |   |
|---|------------------------------|--|--|-----|------|------|------------------|-----|------|-----|--------------|------|-----|-----|------|---|
|   |                              |  | тангенциальной $P_z$   |     |      |      | радиальный $P_y$ |     |      |     | осевой $P_x$ |      |     |     |      |   |
|   |                              |  | $C_p$  | $x$ | $y$  | $n$  | $C_p$            | $x$ | $y$  | $n$ | $C_p$        | $x$  | $y$ | $n$ |      |   |
| Серый чугун, <i>HВ</i> 190                | Твердый сплав                | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание            | 92   | 1,0 | 0,75 | 0    | 54               | 0,9 | 0,75 | 0   | 46           | 1,0  | 0,4 | 0   |      |   |
|   |                              | Наружное продольное точение резцами с дополнительным лезвием       | 123  |     | 0,85 |      | 61               | 0,6 | 0,5  |     | 24           | 1,05 | 0,2 |     |      |   |
|   |                              | Нарезание резьбы   | 103  | —   | 1,8  | 0,82 | —                | —   | —    | —   | —            | —    | —   | —   |      |   |
| Серый чугун, <i>HВ</i> 190                | Быстрорежущая сталь          | Отрезание и прорезание   | 158  | 1,0 | 1,0  | 0    | —                | —   | —    | 0   | —            | —    | —   | —   |      |   |
| Ковкий чугун, <i>HВ</i> 150               | Твердый сплав                | Наружное продольное и поперечное точение, растачивание             | 81   |     | 0,75 |      | 0                | 43  | 0,9  |     | 0,75         | 0    | 38  | 1,0 | 0,4  | 0 |
|   |                              |  | 100  |     |      |      |                  | 88  |      |     |              |      | 40  | 1,2 | 0,65 |   |
| Медные гетерогенные сплавы, <i>HВ</i> 120 | Быстрорежущая сталь          | Наружное продольное и поперечное точение, растачивание             | 55   | 1,0 | 0,66 | 0    | —                | —   | —    | 0   | —            | —    | —   | —   |      |   |
|   |                              | Отрезание и прорезание   | 75   |     | 1,0  |      | —                | —   | —    |     | —            | —    |     |     |      |   |
| Алюминий и силумин                        | Быстрорежущая сталь          | Наружное продольное и поперечное точение, растачивание, подрезание | 40   | 1,0 | 0,75 | 0    | —                | —   | —    | 0   | —            | —    | —   | —   |      |   |
|   |                              | Отрезание и прорезание   | 50   |     | 1,0  |      | —                | —   | —    |     | —            | —    |     |     |      |   |

### 23. Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

| Параметры                                    |          | Материал режущей части инструмента | Поправочные коэффициенты |  |                  |              |
|--|----------|------------------------------------|--------------------------|--|------------------|--------------|
| Наименование                                 | Величина |                                    | Обозначение              | Величина коэффициента для составляющих |                  |              |
|  |          |                                    |                          | тангенциальной $P_z$                   | радиальной $P_y$ | осевой $P_x$ |
| Главный угол в плане $\varphi^\circ$         | 30       | Твердый сплав                      | $K_{\varphi p}$          | 1,08                                   | 1,30             | 0,78         |
|  | 45       |                                    |                          | 1,0                                    | 1,0              | 1,0          |
|  | 60       |                                    |                          | 0,94                                   | 0,77             | 1,11         |
|  | 90       |                                    |                          | 0,89                                   | 0,50             | 1,17         |
|  | 30       | Быстрорежущая сталь                |                          | 1,08                                   | 1,63             | 0,70         |
|  | 45       |                                    |                          | 1,0                                    | 1,0              | 1,00         |
|  | 60       |                                    |                          | 0,98                                   | 0,71             | 1,27         |
|  | 90       |                                    |                          | 1,08                                   | 0,44             | 1,82         |
| Передний угол $\gamma^\circ$                 | -15      | Твердый сплав                      | $K_{\gamma p}$           | 1,25                                   | 2,0              | 2,0          |
|  | 0        |                                    |                          | 1,1                                    | 1,4              | 1,4          |
|  | 10       |                                    |                          | 1,0                                    | 1,0              | 1,0          |
|  | 12-15    | Быстрорежущая сталь                |                          | 1,15                                   | 1,6              | 1,7          |
|  | 20-25    |                                    |                          | 1,0                                    | 1,0              | 1,0          |
|  |          |                                    |                          |  |                  |              |
| Угол наклона главного лезвия $\lambda^\circ$ | -5       | Твердый сплав                      | $K_{\lambda p}$          | 1,0                                    | 0,75             | 1,07         |
|  | 0        |                                    |                          |  | 1,0              | 1,0          |
|  | 5        |                                    |                          |  | 1,25             | 0,85         |
|  | 15       |                                    |                          |  | 1,7              | 0,65         |
| Радиус при вершине $r$ , мм                  | 0,5      | Быстрорежущая сталь                | $K_{rp}$                 | 0,87                                   | 0,66             | 1,0          |
|  | 1,0      |                                    |                          | 0,93                                   | 0,82             |              |
|  | 2,0      |                                    |                          | 1,0                                    | 1,0              |              |
|  | 3,0      |                                    |                          | 1,04                                   | 1,14             |              |
|  | 4,0      |                                    |                          | 1,10                                   | 1,33             |              |

При одновременной работе нескольких инструментов эффективную мощность определяют как суммарную мощность отдельных инструментов.

### СТРОГАНИЕ, ДОБЛЕНИЕ

**Глубина резания.** При всех видах строгания и долбления глубину резания назначают так же, как и при точении.

**Подача.** При черновом строгании подачу  $s$ , мм/дв. ход, выбирают максимальной из допустимых значений по табл. 11, 13 в соответствии с глубиной резания, сечением державки, прочностью пластинки; при чистовом, строгании — по табл. 14, при отрезании и прорезании пазов — по табл. 15.

**Скорость резания.** При строгании плоскостей проходными резцами, при прорезании пазов,

отрезании скорость резания рассчитывают по соответствующим формулам для точения с введением дополнительного поправочного коэффициента  $K_{yv}$ , учитывающего ударную нагрузку.

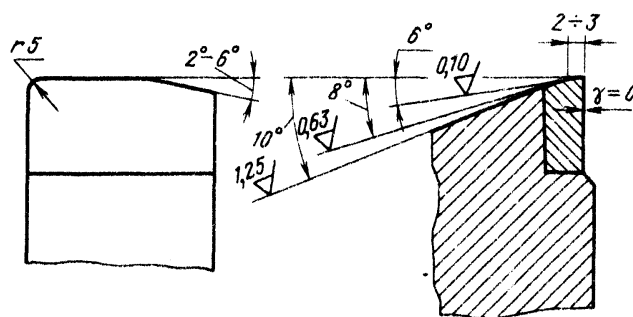


Рис. 1. Стругальный резец для чистовой обработки плоскостей

### 24. Режимы резания при обработке плоскостей на чугуновых деталях широкими резцами из сплавов ВК8 на продольно-строгальных станках

| Характер обработки  | Площадь обрабатываемой поверхности, м <sup>2</sup> | Число проходов | Глубина резания $t$ , мм | Подача $s$ , мм/дв. ход | Скорость резания $v$ , м/мин |
|---|--|----------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Получистовая $Rz = 40 \div 10$ мкм                        | —  | 1              | До 2                     | 10–20                   | 14–18                        |
| Чистовая $Ra = 2,5 \div 1,25$ мкм: предварительный проход |  |                | 0,15–0,3                 | 10–20                   | 5–15                         |
| окончательный проход                                      | 6  | 1–2            | 0,05–0,1                 | 12–16                   | 15                           |
|   | 8  |                |                          |                         | 11                           |
|   | 12   |                |                          |                         | 7                            |
|   | 17   |                |                          |                         | 55                           |
|   | 22   |                |                          |                         | 4                            |

Примечания: 1. Прямолинейный участок лезвия контролировать по лекальной линейке.  
2. Обрабатываемую поверхность смачивать керосином.

Значения коэффициента  $K_{yv}$  в зависимости от типа станка приведены ниже:

|                    |                       |                       |           |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| Тип станка . . .   | Продольно-строгальный | Поперечно-строгальный | Долбежный |
| $K_{yv}$ . . . . . | 1,0                   | 0,8                   | 0,6       |

**Сила резания.** Составляющие силы резания рассчитывают по формулам для точения.

Режимы резания для строгания плоскостей широкими резцами (рис. 1) приведены в табл. 24.

**Мощность резания** рассчитывают по той же формуле, что и для точения при аналогичных режимах.

### СВЕРЛЕНИЕ, РАССВЕРЛИВАНИЕ, ЗЕНКЕРОВАНИЕ, РАЗВЕРТЫВАНИЕ

**Глубина резания.** При сверлении глубина резания  $t = 0,5D$  (рис. 2, а), при рассверливании, зенкерования и развертывании  $t = 0,5(D - d)$  (рис. 2, б).

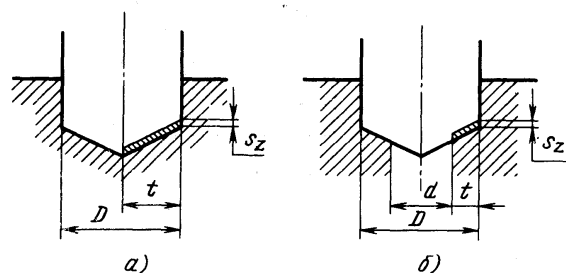


Рис. 2. Схема резания при сверлении

**Подача.** При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем максимально допустимую по прочности сверла подачу (табл. 25). При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2 раз. При наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны. Их определяют умножением табличного значения подачи на соответствующий поправочный коэффициент, приведенный в примечании к таблице.

Подачи при зенкерования приведены в табл. 26, а при развертывании – в табл. 27.

**Скорость резания.** Скорость резания, м/мин, при сверлении

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_s y}} K_v$$

а при рассверливании, зенкерования, развертывании

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_t x s y}} K_v$$

Значения коэффициентов  $C_v$  и показателей степени приведены для сверления в табл. 28, для рассверливания, зенкерования и развертывания – в табл. 29, а значения периода стойкости  $T$  – в табл. 30.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv}$$

где  $K_{mv}$  – коэффициент на обрабатываемый материал (см. табл. 1–4);  $K_{iv}$  – коэффициент на инструментальный материал (см. табл. 6);



$K_{lv}$  – коэффициент, учитывающий глубину сверления (табл. 31). При рассверливании и зенкерования литых или штампованных отверстий вводится дополнительно поправочный коэффициент  $K_{pv}$  (см. табл. 5).

Крутящий момент, Н·м, и осевую силу, Н, рассчитывают по формулам:

при сверлении

$$M_{кр} = 10C_M D^{q_s} K_p; P_0 = 10C_P D^{q_s} K_p;$$

при рассверливании и зенкерования

$$M_{кр} = 10C_M D^{q_t} K_p; P_0 = 10C_P t^{x_s} K_p.$$

**25. Подачи, мм/об, при сверлении стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов сверлами из быстрорежущей стали**

| Диаметр сверла $D$ , мм | Сталь      |              |              |            | Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы |            |
|-------------------------|------------|--------------|--------------|------------|---|------------|
|                         | $HB < 160$ | $HB 160-240$ | $HB 240-300$ | $HB > 300$ | $HB \leq 170$                                     | $HB > 170$ |
| 2–4                     | 0,09–0,13  | 0,08–0,10    | 0,06–0,07    | 0,04–0,06  | 0,12–0,18   | 0,09–0,12  |
| 4–6                     | 0,13–0,19  | 0,10–0,15    | 0,07–0,11    | 0,06–0,09  | 0,18–0,27   | 0,12–0,18  |
| 6–8                     | 0,19–0,26  | 0,15–0,20    | 0,11–0,14    | 0,09–0,12  | 0,27–0,36   | 0,18–0,24  |
| 8–10                    | 0,26–0,32  | 0,20–0,25    | 0,14–0,17    | 0,12–0,15  | 0,36–0,45   | 0,24–0,31  |
| 10–12                   | 0,32–0,36  | 0,25–0,28    | 0,17–0,20    | 0,15–0,17  | 0,45–0,55   | 0,31–0,35  |
| 12–16                   | 0,36–0,43  | 0,28–0,33    | 0,20–0,23    | 0,17–0,20  | 0,55–0,66   | 0,35–0,41  |
| 16–20                   | 0,43–0,49  | 0,33–0,38    | 0,23–0,27    | 0,20–0,23  | 0,66–0,76   | 0,41–0,47  |
| 20–25                   | 0,49–0,58  | 0,38–0,43    | 0,27–0,32    | 0,23–0,26  | 0,76–0,89   | 0,47–0,54  |
| 25–30                   | 0,58–0,62  | 0,43–0,48    | 0,32–0,35    | 0,26–0,29  | 0,89–0,96   | 0,54–0,60  |
| 30–40                   | 0,62–0,78  | 0,48–0,58    | 0,35–0,42    | 0,29–0,35  | 0,96–1,19   | 0,60–0,71  |
| 40–50                   | 0,78–0,89  | 0,58–0,66    | 0,42–0,48    | 0,35–0,40  | 1,19–1,36   | 0,71–0,81  |

Примечание. Приведенные подачи применяют при сверлении отверстий глубиной  $l \leq 3D$  с точностью не выше 12-го квалитета в условиях жесткой технологической системы. В противном случае вводят поправочные коэффициенты:

- 1) на глубину отверстия –  $K_{ls} = 0,9$  при  $l \leq 5D$ ;  $K_{ls} = 0,8$  при  $l \leq 7D$ ;  $K_{ls} = 0,75$  при  $l \leq 10D$ ;
- 2) на достижение более высокого качества отверстия в связи с последующей операцией развертывания или нарезания резьбы –  $K_{os} = 0,5$ ;
- 3) на недостаточную жесткость системы СПИД: при средней жесткости  $K_{жс} = 0,75$ ; при малой жесткости  $K_{жс} = 0,5$ ;
- 4) на инструментальный материал –  $K_{ис} = 0,6$  для сверла с режущей частью из твердого сплава.

**26. Подачи, мм/об, при обработке отверстий зенкерами из быстрорежущей стали и твердого сплава**

| Обрабатываемый материал              | Диаметр зенкера $D$ , мм |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      | До 15                    | Св. 15 до 20 | Св. 20 до 25 | Св. 25 до 30 | Св. 30 до 35 | Св. 35 до 40 | Св. 40 до 50 | Св. 50 до 60 | Св. 60 до 80 |
| Сталь                                | 0,5–0,6                  | 0,6–0,7      | 0,7–0,9      | 0,8–1,0      | 0,9–1,1      | 0,9–1,2      | 1,0–1,3      | 1,1–1,3      | 1,2–1,5      |
| Чугун, $HB \leq 200$ и медные сплавы | 0,7–0,9                  | 0,9–1,1      | 1,0–1,2      | 1,1–1,3      | 1,2–1,5      | 1,4–1,7      | 1,6–2,0      | 1,8–2,2      | 2,0–2,4      |
| Чугун, $HB > 200$                    | 0,5–0,6                  | 0,6–0,7      | 0,7–0,8      | 0,8–0,9      | 0,9–1,1      | 1,0–1,2      | 1,2–1,4      | 1,3–1,5      | 1,4–1,5      |

Примечания: 1. Приведенные значения подачи применять для обработки отверстий с допуском не выше 12-го квалитета. Для достижения более высокой точности (9–11-й квалитеты), а также при подготовке отверстий под последующую обработку их одной разверткой или под нарезание резьбы метчиком вводить поправочный коэффициент  $K_{os} = 0,7$ .

2. При зенкерования глухих отверстий подача не должна превышать 0,3–0,6 мм/об.

**27. Поддачи, мм/об, при предварительном (черновом) развертывании отверстий развертками из быстрорежущей стали**

| Обрабатываемый материал              | Диаметр развертки $D$ , мм |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      | До 10                      | Св. 10 до 15 | Св. 15 до 20 | Св. 20 до 25 | Св. 25 до 30 | Св. 30 до 35 | Св. 35 до 40 | Св. 40 до 50 | Св. 50 до 60 | Св. 60 до 80 |
| Сталь                                | 0,8                        | 0,9          | 1,0          | 1,1          | 1,2          | 1,3          | 1,4          | 1,5          | 1,7          | 2,0          |
| Чугун, $HB \leq 200$ и медные сплавы | 2,2                        | 2,4          | 2,6          | 2,7          | 3,1          | 3,2          | 3,4          | 3,8          | 4,3          | 5,0          |
| Чугун, $HB > 200$                    | 1,7                        | 1,9          | 2,0          | 2,2          | 2,4          | 2,6          | 2,7          | 3,1          | 3,4          | 3,8          |

Примечания: 1. Подачу следует уменьшать: а) при чистовом развертывании в один проход с точностью по 9–11-му квалитетам и параметром шероховатости поверхности  $Ra = 3,2 \div 6,3$  мкм или при развертывании под полирование и хонингование, умножая на коэффициент  $K_{0,8} = 0,8$ ; б) при чистовом развертывании после чернового с точностью по 7-му квалитету и параметром шероховатости поверхности  $Ra = 0,4 \div 0,8$  мкм, умножая на коэффициент  $K_{0,7} = 0,7$ ; в) при твердосплавной рабочей части, умножая на коэффициент  $K_{ис} = 0,7$ .

2. При развертывании глухих отверстий подача не должна превышать 0,2–0,5 мм/об.

**28. Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при сверлении**

| Обрабатываемый материал   | Материал режущей части инструмента | Подача $s$ , мм/об | Коэффициент и показатели степени |      |          |       | Охлаждение |
|---|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|------|----------|-------|------------|
|   |                                    |                    | $C_v$                            | $q$  | $\gamma$ | $m$   |            |
| Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_B = 750$ МПа  | P6M5                               | $\leq 0,2$         | 7,0                              | 0,40 | 0,70     | 0,20  | Есть       |
|   |                                    | $> 0,2$            | 9,8                              |      |          |       |            |
| Сталь жаропрочная 12X18H9T, $HB$ 141  | P6M5                               | —                  | 3,5                              | 0,50 | 0,45     | 0,12  |            |
| Чугун серый, $HB$ 190   | BK8                                | $\leq 0,3$         | 14,7                             | 0,25 | 0,55     | 0,125 | Нет        |
|   |                                    | $> 0,3$            | 17,1                             |      |          |       |            |
| Чугун ковкий, $HB$ 150  | P6M5                               | $\leq 0,3$         | 21,8                             | 0,25 | 0,55     | 0,125 | Есть       |
|   | $> 0,3$                            | 25,3               | 0,40                             |      |          |       |            |
| Чугун ковкий, $HB$ 150  | BK8                                | —                  | 40,4                             | 0,45 | 0,3      | 0,20  | Нет        |
|   | P6M5                               | $\leq 0,3$         | 28,1                             | 0,25 | 0,55     | 0,125 | Есть       |
| $> 0,3$   | 32,6                               | 0,40               |                                  |      |          |       |            |
| Медные гетерогенные сплавы средней твердости ( $HB$ 100–140)  | P6M5                               | $\leq 0,3$         | 36,3                             | 0,25 | 0,55     | 0,125 | Есть       |
| Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_B = 100 \div 200$ МПа, $HB \leq 65$ ; дюралюминий, $HB \leq 100$ |                                    | $> 0,3$            | 40,7                             |      |          |       |            |

Примечание. Для сверл из быстрорежущей стали рассчитанные по приведенным данным скорости резания действительны при двойной заточке и подточенной перемычке. При одинарной заточке сверл из быстрорежущей стали рассчитанную скорость резания следует уменьшать, умножая ее на коэффициент  $K_{зп} = 0,75$ .

29. Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формуле скорости резания при рассверливании, зенкеро­вании и раз­вертывании

| Обрабатываемый материал  | Вид обработки  | Материал режущей части инстру­мента | Коэффициент и показатели степени |             |             |              |              | Охлаж­дение |
|--|----------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
|  |                |                                     | $C_v$                            | $q$         | $x$         | $y$          | $m$          |             |
| Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_b = 750$ МПа                       | Рассверливание | P6M5<br>BK8                         | 16,2<br>10,8                     | 0,4<br>0,6  | 0,2         | 0,5<br>0,3   | 0,2<br>0,25  | Есть        |
|  | Зенкерование   | P6M5<br>T15K6                       | 16,3<br>18,0                     | 0,3<br>0,6  |             | 0,5<br>0,3   | 0,3<br>0,25  |             |
|  | Развертывание  | P6M5<br>T15K6                       | 10,5<br>100,6                    | 0,3<br>0,3  | 0,2<br>0    | 0,65<br>0,65 | 0,4          |             |
| Конструкционная закаленная сталь, $\sigma_b = 1600 \div 1800$ МПа, $HRC 49-54$ | Зенкерование   | T15K6                               | 10,0                             | 0,6         | 0,3         | 0,6          | 0,45         |             |
|  | Развертывание  |                                     | 14,0                             | 0,4         | 0,75        | 1,05         | 0,85         |             |
| Серый чугун, $HB 190$  | Рассверливание | P6M5<br>BK8                         | 23,4<br>56,9                     | 0,25<br>0,5 | 0,1<br>0,15 | 0,4<br>0,45  | 0,125<br>0,4 | Нет         |
|  | Зенкерование   | P6M5<br>BK8                         | 18,8<br>105,0                    | 0,2<br>0,4  | 0,1<br>0,15 | 0,4<br>0,45  | 0,125<br>0,4 |             |
|  | Развертывание  | P6M5<br>BK8                         | 15,6<br>109,0                    | 0,2<br>0,2  | 0,1<br>0    | 0,5<br>0,5   | 0,3<br>0,45  |             |
| Ковкий чугун, $HB 150$   | Рассверливание | P6M5<br>BK8                         | 34,7<br>77,4                     | 0,25<br>0,5 | 0,1<br>0,15 | 0,4<br>0,45  | 0,125<br>0,4 | Есть        |
|  | Зенкерование   | P6M5<br>BK8                         | 27,9<br>143,0                    | 0,2<br>0,4  | 0,1<br>0,15 | 0,4<br>0,45  | 0,125<br>0,4 | Есть        |
|  | Развертывание  | P6M5<br>BK8                         | 23,2<br>148,0                    | 0,2<br>0,2  | 0,1<br>0    | 0,5<br>0,5   | 0,3<br>0,45  | Есть<br>Нет |

## 30. Средние значения периода стойкости сверл, зенкеров и разверток

| Инструмент (операция)               | Обрабатываемый материал                           | Материал режущей части инстру­мента | Стойкость $T$ , мин, при диаметре инстру­мента, мм |      |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------|---|-------------------------------------|--|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                     |   |                                     | До 5   | 6-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-80 |
| Сверло (сверление и рассверливание) | Конструкционная углеродистая и легированная сталь | Быстрорежущая сталь                 | 15   | 25   | 45    | 50    | 70    | 90    | 110   | --    |
|                                     |   | Твердый сплав                       | 8  | 15   | 20    | 25    | 35    | 45    | --    | --    |
|                                     | Коррозионно-стойкая сталь                         | Быстрорежущая сталь                 | 6  | 8    | 15    | 25    | --    | --    | --    | --    |

Продолжение табл. 30

| Инструмент (операция)              | Обрабатываемый материал   | Материал режущей части инструмента  | Стойкость $T$ , мин, при диаметре инструмента, мм |      |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------------|---|-------------------------------------|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                    |   |                                     | До 5  | 6–10 | 11–20 | 21–30 | 31–40 | 41–50 | 51–60 | 61–80 |
| Сверло (сверление и расверливание) | Серый и ковкий чугун, медные и алюминиевые сплавы                       | Быстрорежущая сталь                 | 20  | 35   | 60    | 75    | 105   | 140   | 170   |       |
|                                    |   | Твердый сплав                       | 15  | 25   | 45    | 50    | 70    | 90    | —     | —     |
| Зенкеры (зенкерование)             | Конструкционная углеродистая и легированная сталь, серый и ковкий чугун | Быстрорежущая сталь и твердый сплав | —   | —    | 30    | 40    | 50    | 60    | 80    | 100   |
| Развертки (развертывание)          | Конструкционная углеродистая и легированная сталь                       | Быстрорежущая сталь                 | —   | 25   | 40    | 80    | 80    | 120   | 120   | 120   |
|                                    |   | Твердый сплав                       | —   | 20   | 30    | 50    | 70    | 90    | 110   | 140   |
|                                    | Серый и ковкий чугун  | Быстрорежущая сталь                 | —   | —    | 60    | 120   | 120   | 180   | 180   | 180   |
|                                    |   | Твердый сплав                       | —   | —    | 45    | 75    | 105   | 135   | 165   | 210   |

### 31. Поправочный коэффициент $K_{lv}$ на скорость резания при сверлении, учитывающий глубину обрабатываемого отверстия

| Параметр                          | Сверление |      |      |      |      | Расверливание, зенкерование, развертывание |
|-----------------------------------|-----------|------|------|------|------|--|
|                                   | $3D$      | $4D$ | $5D$ | $6D$ | $8D$ |  |
| Глубина обрабатываемого отверстия |           |      |      |      |      | —  |
| Коэффициент $K_{lv}$              | 1,0       | 0,85 | 0,75 | 0,7  | 0,6  | 1,0  |

Значения коэффициентов  $C_M$  и  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 32.

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, в данном случае зависит только от материала обрабатываемой заготовки и определяется выражением

$$K_p = K_{MP}$$

Значения коэффициента  $K_{MP}$  приведены для стали и чугуна в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов — в табл. 10.

Для определения крутящего момента при развертывании каждый зуб инструмента можно рассматривать как расточный резец. Тогда при диаметре инструмента  $D$  крутящий момент, Н·м,

$$M_{кр} = \frac{C_p t^x s_z^y D z}{2 \cdot 100};$$

здесь  $s_z$  — подача, мм на один зуб инструмента, равная  $s/z$ , где  $s$  — подача, мм/об,  $z$  — число зубьев развертки. Значения коэффициентов и показателей степени см. в табл. 22.

Мощность резания, кВт, определяют по формуле

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

где частота вращения инструмента или заготовки, об/мин,

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

**32. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах крутящего момента и осевой силы при сверлении, рассверливании и зенкеровании**

| Обрабатываемый материал                                  | Наименование операции         | Материал режущей части инструмента | Коэффициент и показатели степени в формулах |      |      |     |             |     |     |      |
|--|-------------------------------|------------------------------------|---|------|------|-----|-------------|-----|-----|------|
|  |                               |                                    | крутящего момента                           |      |      |     | осевой силы |     |     |      |
|  |                               |                                    | $C_M$                                       | $q$  | $x$  | $y$ | $C_p$       | $q$ | $x$ | $y$  |
| Конструкционная углеродистая сталь, $\sigma_B = 750$ МПа | Сверление                     | Быстрорежущая сталь                | 0,0345                                      | 2,0  | —    | 0,8 | 68          | 1,0 | —   | 0,7  |
|  | Рассверливание и зенкерование |                                    | 0,09  | 1,0  | 0,9  | 0,8 | 67          | —   | 1,2 | 0,65 |
| Жаропрочная сталь 12X18H9T, HB 141                       | Сверление                     |                                    | 0,041                                       | 2,0  | —    | 0,7 | 143         | 1,0 | —   | 0,7  |
|  | Рассверливание и зенкерование |                                    | 0,106                                       | 1,0  | 0,9  | 0,8 | 140         | —   | 1,2 | 0,65 |
| Серый чугун, HB 190                                      | Сверление                     | Твердый сплав                      | 0,012                                       | 2,2  | —    | 0,8 | 42          | 1,2 | —   | 0,75 |
|  | Рассверливание и зенкерование |                                    | 0,196                                       | 0,85 | 0,8  | 0,7 | 46          | —   | 1,0 | 0,4  |
|  | Сверление                     | Быстрорежущая сталь                | 0,021                                       | 2,0  | —    | 0,8 | 42,7        | 1,0 | —   | 0,8  |
|  | Рассверливание и зенкерование |                                    | 0,085                                       | —    | 0,75 | 0,8 | 23,5        | —   | 1,2 | 0,4  |
| Ковкий чугун, HB 150                                     | Сверление                     | Твердый сплав                      | 0,021                                       | 2,0  | —    | 0,8 | 43,3        | 1,0 | —   | 0,8  |
|  | Рассверливание и зенкерование |                                    | 0,01  | 2,2  | —    | 0,8 | 32,8        | 1,2 | —   | 0,75 |
| Гетерогенные медные сплавы средней твердости, HB 120     | Сверление                     | Быстрорежущая сталь                | 0,012                                       | 2,0  | —    | 0,8 | 31,5        | 1,0 | —   | 0,8  |
|  | Рассверливание и зенкерование |                                    | 0,031                                       | 0,85 | —    | 0,8 | 17,2        | —   | 1,0 | 0,4  |
| Силумин и дюралюминий                                    | Сверление                     |                                    | 0,005                                       | 2,0  | —    | 0,8 | 9,8         | 1,0 | —   | 0,7  |

Примечание. Рассчитанные по формуле осевые силы при сверлении действительны для сверл с подточенной перемычкой; с неподточенной перемычкой осевая сила при сверлении возрастает в 1,33 раза.

**ФРЕЗЕРОВАНИЕ**

Конфигурация обрабатываемой поверхности и вид оборудования определяют тип применяемой фрезы (рис. 3). Ее размеры определяются размерами обрабатываемой поверхности и глубиной срезаемого слоя. Диаметр фрезы для сокращения основного технологического времени и расхода инструментального материала выбирают по возможности наи-

меньшей величины, учитывая при этом жесткость технологической системы, схему резания, форму и размеры обрабатываемой заготовки.

При торцовом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы  $D$  должен быть больше ширины фрезерования  $B$ , т. е.  $D = (1,25 \div 1,5)B$ , а при обработке стальных заготовок обязательным является их несимметричное расположение относительно фрезы: для заготовок из конструк-

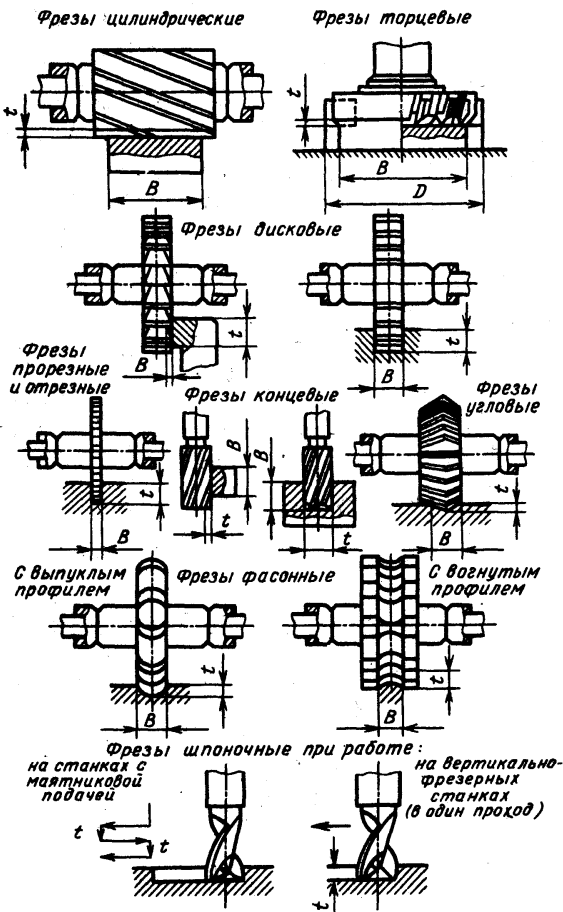


Рис. 3. Виды фрезерования

ционных углеродистых и легированных сталей — сдвиг их в направлении врезания зуба фрезы (рис. 4, а), чем обеспечивается начало резания при малой толщине срезаемого слоя; для заготовок из жаропрочных и коррозионно-стойких сталей — сдвиг заготовки в сторону выхода зуба фрезы из резания (рис. 4, б), чем обеспечивается выход зуба из резания с минимально возможной толщиной срезаемого слоя. Несоблюдение указанных правил приводит к значительному снижению стойкости инструмента.

Глубина фрезерования  $t$  и ширина фрезерования  $B$  — понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании (см. рис. 3). Во всех видах фрезерования, за исключением торцового,  $t$  определяет продолжительность контакта зуба фрезы с заготовкой;  $t$  измеряют в направлении, перпендикулярном к оси фрезы. Ширина фрезерования  $B$  определяет длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании;  $B$  измеряют в направлении, параллельном оси фрезы. При торцовом фрезеровании эти понятия меняются местами.

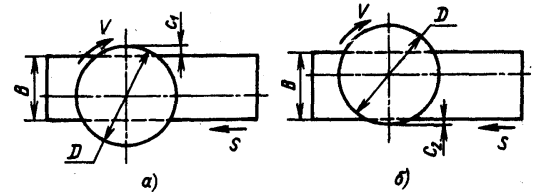


Рис. 4. Расположение стальной заготовки при торцовом фрезеровании относительно фрезы: а — врезание зуба фрезы при  $c_1 = (0,03 \div 0,05)D$ ; б — выход зуба фрезы при  $c_2 = 0$

**Подача.** При фрезеровании различают подачу на один зуб  $s_z$ , подачу на один оборот фрезы  $s$  и подачу минутную  $s_m$ , мм/мин, которые находятся в следующем соотношении:

$$s_m = sn = s_z zn,$$

где  $n$  — частота вращения фрезы, об/мин;  $z$  — число зубьев фрезы.

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб  $s_z$ , при чистовом фрезеровании — на один оборот фрезы  $s$ , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб  $s_z = s/z$ . Рекомендуемые подачи для различных фрез и условий резания приведены в табл. 33–38.

**Скорость резания** — окружная скорость фрезы, м/мин,

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v,$$

Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени приведены в табл. 39, а периода стойкости  $T$  — в табл. 40.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания,

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv},$$

где  $K_{mv}$  — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала (см. табл. 1–4);  $K_{pv}$  — коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки (см. табл. 5);  $K_{iv}$  — коэффициент, учитывающий материал инструмента (см. табл. 6).

**Сила резания.** Главная составляющая силы резания при фрезеровании — окружная сила, Н

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{mp},$$

где  $z$  — число зубьев фрезы;  $n$  — частота вращения фрезы, об/мин.

**33. Поддачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами с пластинами из твердого сплава**

| Мощность станка, кВт | Сталь  |           | Чугун и медные сплавы |           |
|----------------------|--|-----------|-----------------------|-----------|
|                      | Подача на зуб фрезы $s_z$ , мм, при твердом сплаве |           |                       |           |
|                      | T15K6  | T5K10     | BK6                   | BK8       |
| 5–10                 | 0,09–0,18  | 0,12–0,18 | 0,14–0,24             | 0,20–0,29 |
| Св. 10               | 0,12–0,18  | 0,16–0,24 | 0,18–0,28             | 0,25–0,38 |

Примечания: 1. Приведенные значения подач для цилиндрических фрез действительны при ширине фрезерования  $B \leq 30$  мм; при  $B > 30$  мм табличные значения подач следует уменьшать на 30%.

2. Приведенные значения подач для дисковых фрез действительны при фрезеровании плоскостей и уступов; при фрезеровании пазов табличные значения подач следует уменьшать в 2 раза.

3. При фрезеровании с приведенными в таблице подачами достигается параметр шероховатости поверхности  $Ra = 0,8 \div 1,6$  мкм.

**34. Поддачи при черновом фрезеровании торцовыми, цилиндрическими и дисковыми фрезами из быстрорежущей стали.**

| Мощность станка или фрезерной головки, кВт | Жесткость системы заготовка – приспособление | Фрезы  |                         |                       |                         |
|--|--|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
|  |  | торцовые и дисковые                          |                         | цилиндрические        |                         |
|  |  | Подача на один зуб $s_z$ , мм, при обработке |                         |                       |                         |
|  |  | конструкционной стали                        | чугуна и медных сплавов | конструкционной стали | чугуна и медных сплавов |

**Фрезы с крупным зубом и фрезы со вставными ножами**

|        |            |           |           |           |           |
|--------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Св. 10 | Повышенная | 0,20–0,30 | 0,40–0,60 | 0,40–0,60 | 0,60–0,80 |
|        | Средняя    | 0,15–0,25 | 0,30–0,50 | 0,30–0,40 | 0,40–0,60 |
|        | Пониженная | 0,10–0,15 | 0,20–0,30 | 0,20–0,30 | 0,25–0,40 |
| 5–10   | Повышенная | 0,12–0,20 | 0,30–0,50 | 0,25–0,40 | 0,30–0,50 |
|        | Средняя    | 0,08–0,15 | 0,20–0,40 | 0,12–0,20 | 0,20–0,30 |
|        | Пониженная | 0,06–0,10 | 0,15–0,25 | 0,10–0,15 | 0,12–0,20 |
| До 5   | Средняя    | 0,06–0,07 | 0,15–0,30 | 0,08–0,12 | 0,10–0,18 |
|        | Пониженная | 0,04–0,06 | 0,10–0,20 | 0,06–0,10 | 0,08–0,15 |

**Фрезы с мелким зубом**

|      |            |           |           |           |           |
|------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 5–10 | Повышенная | 0,08–0,12 | 0,20–0,35 | 0,10–0,15 | 0,12–0,20 |
|      | Средняя    | 0,06–0,10 | 0,15–0,30 | 0,06–0,10 | 0,10–0,15 |
|      | Пониженная | 0,04–0,08 | 0,10–0,20 | 0,06–0,08 | 0,08–0,12 |
| До 5 | Средняя    | 0,04–0,06 | 0,12–0,20 | 0,05–0,08 | 0,06–0,12 |
|      | Пониженная | 0,03–0,05 | 0,08–0,15 | 0,03–0,06 | 0,05–0,10 |

Примечания: 1. Большие значения подач брать для меньшей глубины и ширины фрезерования, меньшие – для больших значений глубины и ширины.

2. При фрезеровании жаропрочной и коррозионно-стойкой стали подачи брать те же, что и для конструкционной стали, но не выше 0,3 мм/зуб.

35. Подачи при фрезеровании стальных заготовок различными фрезами из быстрорежущей стали

| Диаметр фрезы $D$ , мм | Фрезы              | Подача на зуб $s_z$ , мм, при глубине фрезерования $t$ , мм |             |             |             |             |             |             |             |             |   |   |   |   |
|------------------------|--------------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|---|---|---|
|                        |                    | 3   | 5           | 6           | 8           | 10          | 12          | 15          | 20          | 30          |   |   |   |   |
| 16                     | Концевые           | 0,08—0,05   | 0,06—0,05   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 20                     |                    | 0,10—0,06   | 0,07—0,04   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 25                     |                    | 0,12—0,07   | 0,09—0,05   | 0,08—0,04   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 35                     | Угловые и фасонные | 0,16—0,10   | 0,12—0,07   | 0,10—0,05   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,08—0,04   | 0,07—0,05   | 0,06—0,04   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,20—0,12   | 0,14—0,08   | 0,12—0,07   | 0,08—0,05   | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 40                     | Угловые и фасонные | 0,09—0,05   | 0,07—0,05   | 0,06—0,03   | 0,06—0,03   | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,009—0,005   | 0,007—0,003 | 0,01—0,007  | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,25—0,15   | 0,15—0,10   | 0,13—0,08   | 0,10—0,07   | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 50                     | Угловые и фасонные | 0,10—0,06   | 0,08—0,05   | 0,07—0,04   | 0,06—0,03   | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,010—0,006   | 0,008—0,004 | 0,012—0,008 | 0,012—0,008 | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,10—0,06   | 0,08—0,05   | 0,07—0,04   | 0,06—0,04   | 0,05—0,03   | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 60                     | Угловые и фасонные | 0,013—0,008   | 0,010—0,005 | 0,015—0,01  | 0,015—0,01  | 0,015—0,01  | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | —   | —           | 0,025—0,015 | 0,022—0,012 | 0,02—0,01   | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,12—0,08   | 0,10—0,06   | 0,09—0,05   | 0,07—0,05   | 0,06—0,04   | 0,06—0,03   | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 75                     | Угловые и фасонные | —   | 0,015—0,005 | 0,025—0,01  | 0,022—0,01  | 0,02—0,01   | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | —   | —           | 0,03—0,015  | 0,027—0,012 | 0,025—0,01  | 0,022—0,01  | 0,015—0,007 | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | 0,12—0,08   | 0,12—0,05   | 0,11—0,05   | 0,10—0,05   | 0,09—0,04   | 0,08—0,04   | 0,07—0,03   | 0,05—0,03   | —           | — | — | — | — |
| 90                     | Угловые и фасонные | —   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
|                        |                    | —   | —           | 0,03—0,02   | 0,028—0,016 | 0,027—0,015 | 0,023—0,015 | 0,022—0,012 | 0,023—0,013 | —           | — | — | — |   |
|                        |                    | —   | —           | 0,03—0,025  | 0,03—0,02   | 0,03—0,02   | 0,025—0,02  | 0,025—0,02  | 0,025—0,015 | 0,025—0,015 | — | — | — | — |
| 110                    | Отрезные           | —   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 150—200                |                    | —   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |
| 200                    | Отрезные           | —   | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | —           | — | — | — | — |

Примечания: 1. При фрезеровании чугуна, медных и алюминиевых сплавов подачи могут быть увеличены на 30—40%. 2. Приведены подачи для фасонных фрез с выпуклым плавным очерченным профилем; для таких же фрез с резко очерченным или вогнутым профилем подачи должны быть уменьшены на 40%. 3. Подачи для прорезных и отрезных фрез с мелким зубом установлены при глубине фрезерования до 5 мм, с крупным зубом — при глубине св. 5 мм.



**36. Поддачи при фрезеровании твердосплавными концевыми фрезами плоскостей и уступов стальных заготовок**

## Черновое фрезерование

| Вид твердосплавных элементов | Диаметр фрезы $D$ , мм | Подача на один зуб фрезы $s_z$ , мм, при глубине фрезерования $t$ , мм |           |           |           |           |           |           |
|------------------------------|------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                              |                        | 1-3  | 5         | 8         | 12        | 20        | 30        | 40        |
| Коронка                      | 10-12                  | 0,01-0,03  | —         | —         | —         | —         | —         | —         |
|                              | 14-16                  | 0,02-0,06  | 0,02-0,04 | —         | —         | —         | —         | —         |
|                              | 18-22                  | 0,04-0,07  | 0,03-0,05 | 0,02-0,04 | —         | —         | —         | —         |
| Винтовые пластинки           | 20                     | 0,06-0,10  | 0,05-0,08 | 0,03-0,05 | —         | —         | —         | —         |
|                              | 25                     | 0,08-0,12  | 0,06-0,10 | 0,05-0,10 | 0,05-0,08 | —         | —         | —         |
|                              | 30                     | 0,10-0,15  | 0,08-0,12 | 0,06-0,10 | 0,05-0,09 | —         | —         | —         |
|                              | 40                     | 0,10-0,18  | 0,08-0,13 | 0,06-0,11 | 0,05-0,10 | 0,04-0,07 | —         | —         |
|                              | 50                     | 0,10-0,20  | 0,10-0,15 | 0,08-0,12 | 0,06-0,10 | 0,05-0,09 | 0,05-0,08 | 0,05-0,06 |
|                              | 60                     | 0,12-0,20  | 0,10-0,16 | 0,10-0,12 | 0,08-0,12 | 0,06-0,10 | 0,06-0,10 | 0,06-0,08 |

## Чистовое фрезерование

| Диаметр фрезы $D$ , мм   | 10-16     | 20-22     | 25-35     | 40-60   |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|
| Подача фрезы $s$ , мм/об | 0,02-0,06 | 0,06-0,12 | 0,12-0,24 | 0,3-0,6 |

Примечания: 1. При черновом фрезеровании чугуна поддачи, приведенные для чернового фрезерования стали, могут быть увеличены на 30-40%; при чистовом фрезеровании чугуна сохраняется величина поддачи, рекомендованная для чистового фрезерования стали.

2. Верхние пределы подач при черновом фрезеровании применять при малой ширине фрезерования на станках высокой жесткости, нижние пределы — при большой ширине фрезерования на станках недостаточной жесткости.

3. При работе с поддачами для чистового фрезерования достигается параметр шероховатости  $Ra = 0,8 \div 1,6$  мкм.

**37. Поддачи, мм/об, при чистовом фрезеровании плоскостей и уступов торцовыми, дисковыми и цилиндрическими фрезами**

| Параметр шероховатости поверхности $Ra$ , мкм | Торцовые и дисковые фрезы со вставными ножами |                        | Цилиндрические фрезы из быстрорежущей стали при диаметре фрезы, мм, в зависимости от обрабатываемого материала |         |         |                                    |         |         |
|---|---|------------------------|--|---------|---------|------------------------------------|---------|---------|
|   | из твердого сплава                            | из быстрорежущей стали | конструкционная углеродистая и легированная сталь  |         |         | чугун, медные и алюминиевые сплавы |         |         |
|   |   |                        | 40-75  | 90-130  | 150-200 | 40-75                              | 90-130  | 150-200 |
| 6,3   | —   | 1,2-2,7                | —  | —       | —       | —                                  | —       | —       |
| 3,2   | 0,5-1,0                                       | 0,5-1,2                | 1,0-2,7  | 1,7-3,8 | 2,3-5,0 | 1,0-2,3                            | 1,4-3,0 | 1,9-3,7 |
| 1,6   | 0,4-0,6                                       | 0,23-0,5               | 0,6-1,5  | 1,0-2,1 | 1,3-2,8 | 0,6-1,3                            | 0,8-1,7 | 1,1-2,1 |
| 0,8   | 0,2-0,3                                       | —                      | —  | —       | —       | —                                  | —       | —       |
| 0,4   | 0,15  | —                      | —  | —       | —       | —                                  | —       | —       |

## 38. Поддачи при фрезеровании стальных заготовок шпоночными фрезами из быстрорежущей стали

| Диаметр фрезы $D$ , мм | Фрезерование на шпоночно-фрезерных станках с маятниковой подачей при глубине фрезерования на один двойной ход, составляющий часть глубины шпоночного паза |                               | Фрезерование на вертикально-фрезерных станках за один проход |  |  |
|------------------------|---|-------------------------------|--|--|--|
|                        | Глубина фрезерования $t$ , мм   | Подача на один зуб $s_z$ , мм | Осевое врезание на глубину шпоночного паза                   |  | Продольное движение при фрезеровании шпоночного паза |
|                        |   |                               |  |  |  |
| 6                      | 0,3   | 0,10                          | 0,006  |  | 0,020  |
| 8                      |   | 0,12                          | 0,007  |  | 0,022  |
| 10                     |   | 0,16                          | 0,008  |  | 0,024  |
| 12                     |   | 0,18                          | 0,009  |  | 0,026  |
| 16                     | 0,4   | 0,25                          | 0,010  |  | 0,028  |
| 18                     |   | 0,28                          | 0,011  |  | 0,030  |
| 20                     |   | 0,31                          | 0,011  |  | 0,032  |
| 24                     |   | 0,38                          | 0,012  |  | 0,036  |
| 28                     | 0,5   | 0,45                          | 0,014  |  | 0,037  |
| 32                     |   | 0,50                          | 0,015  |  | 0,037  |
| 36                     |   | 0,55                          | 0,016  |  | 0,038  |
| 40                     |   | 0,65                          | 0,016  |  | 0,038  |

Примечание. Поддачи даны для конструкционной стали с  $\sigma_B \leq 750$  МПа; при обработке сталей более высокой прочности поддачи снижают на 20–40%.

39. Значения коэффициента  $C_T$  и показателей степени в формуле скорости резания при фрезеровании

| Фрезы  | Материал режущей части | Операция                          | Параметры срезаемого слоя, мм |                   |                         | Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания |             |              |             |             |     |      |
|--|------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------|---|-------------|--------------|-------------|-------------|-----|------|
|  |                        |                                   | $B$                           | $t$               | $s_z$                   | $C_v$   | $q$         | $x$          | $y$         | $u$         | $p$ | $m$  |
| <i>Обработка конструкционной углеродистой стали, <math>\sigma_B = 750</math> МПа</i> |                        |                                   |                               |                   |                         |   |             |              |             |             |     |      |
| Торцовые   | T15K6*1                | Фрезерование плоскостей           | —                             | —                 | —                       | 332   | 0,2         | 0,1          | 0,4         | 0,2         | 0   | 0,2  |
|  | R6M5*2                 |                                   | —                             | —                 | $\leq 0,1$<br>$> 0,1$   | 64,7<br>41  | 0,25        | 0,1          | 0,2<br>0,4  | 0,15        | 0   | 0,2  |
| Цилиндрические   | T15K6*1                |                                   | $\leq 35$                     | $\leq 2$<br>$> 2$ | —                       | 390<br>443  | 0,17        | 0,19<br>0,38 | 0,28        | —0,05       | 0,1 | 0,33 |
|  |                        |                                   | $> 35$                        | $\leq 2$<br>$> 2$ | —                       | 616<br>700  | 0,17        | 0,19<br>0,38 | 0,28        | 0,08        | 0,1 | 0,33 |
|  | R6M5*2                 |                                   | —                             | —                 | $\leq 0,1$<br>$> 0,1$   | 55<br>35,4  | 0,45        | 0,3          | 0,2<br>0,4  | 0,1         | 0,1 | 0,33 |
|  |                        |                                   | T15K6*1                       | —                 | —                       | $< 0,12$<br>$\geq 0,12$                                     | 1340<br>740 | 0,2          | 0,4         | 0,12<br>0,4 | 0   | 0    |
| Дисковые со вставными ножами   | T15K6*1                | Фрезерование плоскостей и уступов | —                             | —                 | $< 0,06$<br>$\geq 0,06$ | 1825<br>690   | 0,2         | 0,3          | 0,12<br>0,4 | 0,1         | 0   | 0,35 |
|  |                        | Фрезерование пазов                | —                             | —                 | $< 0,06$<br>$\geq 0,06$ | 1825<br>690   | 0,2         | 0,3          | 0,12<br>0,4 | 0,1         | 0   | 0,35 |

Продолжение табл. 39.

| Фрезы  | Материал режущей части | Операция                                 | Параметры срезаемого слоя, мм |     |                       | Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания |      |      |            |      |      |      |
|--|------------------------|--|-------------------------------|-----|-----------------------|---|------|------|------------|------|------|------|
|  |                        |  | $B$                           | $t$ | $s_z$                 | $C_v$   | $q$  | $x$  | $y$        | $u$  | $p$  | $m$  |
| Дисковые со вставными ножами                                     | P6M5 *2                | Фрезерование плоскостей, уступов и пазов | —                             | —   | $\leq 0,1$<br>$> 0,1$ | 75,5<br>48,5  | 0,25 | 0,3  | 0,2<br>0,4 | 0,1  | 0,1  | 0,2  |
| Дисковые цельные   | P6M5 *2                |  | —                             | —   | —                     | 68,5  | 0,25 | 0,3  | 0,2        | 0,1  | 0,1  | 0,2  |
| Концевые с коронками   | T15K6 *1               |  | —                             | —   | —                     | 145   | 0,44 | 0,24 | 0,26       | 0,1  | 0,13 | 0,37 |
| Концевые с напаянными пластинами                                 |                        |  | —                             | —   | —                     | 234   | 0,44 | 0,24 | 0,26       | 0,1  | 0,13 | 0,37 |
| Концевые цельные   | P6M5 *2                |  | —                             | —   | —                     | 46,7  | 0,45 | 0,5  | 0,5        | 0,1  | 0,1  | 0,33 |
| Прорезные и отрезные   | P6M5 *2                | Прорезание пазов и отрезание             | —                             | —   | —                     | 53  | 0,25 | 0,3  | 0,2        | 0,2  | 0,1  | 0,2  |
| Фасонные с выпуклым профилем                                     | P6M5 *2                | Фасонное фрезерование                    | —                             | —   | —                     | 53  | 0,45 | 0,3  | 0,2        | 0,1  | 0,1  | 0,33 |
| Угловые и фасонные с вогнутым профилем                           |                        | Фрезерование угловых канавок и фасонное  | —                             | —   | —                     | 44  | 0,45 | 0,3  | 0,2        | 0,1  | 0,1  | 0,33 |
| Шпоночные двухперые  | P6M5 *2                | Фрезерование шпоночных пазов             | —                             | —   | —                     | 12  | 0,3  | 0,3  | 0,25       | 0    | 0    | 0,26 |
| <i>Обработка жаропрочной стали 12X18H9T в состоянии поставки</i> |                        |  |                               |     |                       |   |      |      |            |      |      |      |
| Торцовые   | BK8 *1                 | Фрезерование плоскостей                  | —                             | —   | —                     | 108   | 0,2  | 0,06 | 0,3        | 0,2  | 0    | 0,32 |
|  | P6M5 *2                |  | —                             | —   | —                     | 49,6  | 0,15 | 0,2  | 0,3        | 0,2  | 0,1  | 0,14 |
| Цилиндрические   | P6M5 *2                |  | —                             | —   | —                     | 44  | 0,29 | 0,3  | 0,34       | 0,1  | 0,1  | 0,24 |
| Концевые   | P6M5 *2                | Фрезерование плоскостей и уступов        | —                             | —   | —                     | 22,5  | 0,35 | 0,21 | 0,48       | 0,03 | 0,1  | 0,27 |

Продолжение табл. 39

| Фрезы                                   | Материал режущей части | Операция                     | Параметры срезаемого слоя, мм            |       |        | Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания |       |      |      |      |      |      |      |
|---|------------------------|------------------------------|--|-------|--------|---|-------|------|------|------|------|------|------|
|   |                        |                              | $B$                                      | $t$   | $s_z$  | $C_v$   | $q$   | $x$  | $y$  | $u$  | $p$  | $m$  |      |
| <i>Обработка серого чугуна, HB 190</i>  |                        |                              |  |       |        |   |       |      |      |      |      |      |      |
| Торцовые                                | ВК6 *1                 | Фрезерование плоскостей      | —  | —     | —      | 445   | 0,2   | 0,15 | 0,35 | 0,2  | 0    | 0,32 |      |
|   | Р6М5 *1                |                              | —  | —     | —      | 42  | 0,2   | 0,1  | 0,4  | 0,1  | 0,1  | 0,15 |      |
| Цилиндрические                          | ВК6 *1                 |                              | —  | < 2,5 | ≤ 0,2  | 923   | 0,37  | 0,13 | 0,19 | 0,23 | 0,14 | 0,42 |      |
|   |                        |                              | —  | > 0,2 | 588    | 0,47  |       |      |      |      |      |      |      |
|   | Р6М5 *1                |                              | —  | ≥ 2,5 | ≤ 0,2  | 1180  | 0,37  | 0,40 | 0,19 | 0,23 | 0,14 | 0,42 |      |
|   |                        |                              | —  | > 0,2 | 750    | 0,47  |       |      |      |      |      |      |      |
| Дисковые со вставными ножами            | Р6М5 *1                |                              | Фрезерование плоскостей, уступов и пазов | —     | —      | —   | 85    | 0,2  | 0,5  | 0,4  | 0,1  | 0,1  | 0,15 |
|   | Р6М5 *1                |                              |  | —     | —      | —   | 72    | 0,2  | 0,5  | 0,4  | 0,1  | 0,1  | 0,15 |
| Дисковые цельные                        | Р6М5 *1                |                              | —  | —     | —      | 72  | 0,2   | 0,5  | 0,4  | 0,1  | 0,1  | 0,15 |      |
| Концевые                                | Р6М5 *1                |                              | Фрезерование плоскостей и уступов        | —     | —      | —   | 72    | 0,7  | 0,5  | 0,2  | 0,3  | 0,3  | 0,25 |
| Прорезные и отрезные                    | Р6М5 *1                | Прорезание пазов и отрезание | —  | —     | —      | 30  | 0,2   | 0,5  | 0,4  | 0,2  | 0,1  | 0,15 |      |
| <i>Обработка ковкого чугуна, HB 150</i> |                        |                              |  |       |        |   |       |      |      |      |      |      |      |
| Торцовые                                | ВК6 *1                 | Фрезерование плоскостей      | —  | —     | ≤ 0,18 | 994   | 0,22  | 0,17 | 0,1  | 0,22 | 0    | 0,33 |      |
|   | Р6М5 *2                |                              | —  | —     | > 0,18 | 695   |       |      |      |      |      |      | 0,32 |
| Цилиндрические                          | Р6М5 *2                |                              | —  | —     | ≤ 0,1  | 90,5  | 0,25  | 0,1  | 0,2  | 0,15 | 0,1  | 0,2  |      |
|   |                        |                              | —  | —     | > 0,1  | 57,4  |       |      |      |      |      |      | 0,4  |
| Дисковые со вставными ножами            | Р6М5 *2                |                              | Фрезерование плоскостей, уступов и пазов | —     | —      | ≤ 0,1   | 105,8 | 0,25 | 0,3  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,2  |
|   |                        |                              |  | —     | —      | > 0,1   | 68    |      |      |      |      |      |      |
| Дисковые цельные                        | Р6М5 *2                |                              | —  | —     | —      | 95,8  | 0,25  | 0,3  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,2  |      |
| Концевые                                | Р6М5 *2                |                              | Фрезерование плоскостей и уступов        | —     | —      | —   | 68,5  | 0,45 | 0,3  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,33 |

Продолжение табл. 39

| Фрезы                | Материал режущей части | Операция                     | Параметры срезаемого слоя, мм |     |       | Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания |      |     |     |     |     |     |
|----------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----|-------|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      |                        |                              | $B$                           | $t$ | $s_z$ | $C_t$   | $b$  | $x$ | $y$ | $u$ | $p$ | $m$ |
| Прорезные и отрезные | P6M5 *2                | Прорезание пазов и отрезание | —                             | —   | —     | 74  | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |

Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости,  $HB$  100–140

|                              |         |  |   |   |            |               |      |     |            |      |     |      |
|------------------------------|---------|--|---|---|------------|---------------|------|-----|------------|------|-----|------|
| Торцовые                     | P6M5 *1 | Фрезерование плоскостей                  | — | — | 0,1<br>0,1 | 136<br>86,2   | 0,25 | 0,1 | 0,2<br>0,4 | 0,15 | 0,1 | 0,2  |
| Цилиндрические               | P6M5 *1 |  | — | — | 0,1<br>0,1 | 115,5<br>74,3 | 0,45 | 0,3 | 0,2<br>0,4 | 0,1  | 0,1 | 0,33 |
| Дисковые со вставными ножами | P6M5 *1 | Фрезерование плоскостей, уступов и пазов | — | — | 0,1<br>0,1 | 158,5<br>102  | 0,25 | 0,3 | 0,2<br>0,4 | 0,1  | 0,1 | 0,2  |
| Дисковые цельные             | P6M5 *1 |  | — | — | —          | 144           | 0,25 | 0,3 | 0,2        | 0,1  | 0,1 | 0,2  |
| Концевые                     | P6M5 *1 | Фрезерование плоскостей и уступов        | — | — | —          | 103           | 0,45 | 0,3 | 0,2        | 0,1  | 0,1 | 0,33 |
| Прорезные и отрезные         | P6M5 *1 | Прорезание пазов и отрезание             | — | — | —          | 111,3         | 0,25 | 0,3 | 0,2        | 0,2  | 0,1 | 0,2  |

Обработка силумина и литейных алюминиевых сплавов,  $\sigma_B = 100 \div 200$  МПа,  $HB \leq 65$   
и дюралюминия,  $\sigma_B = 300 \div 400$  МПа,  $HB \leq 100$ 

|                              |         |  |   |   |                       |              |      |     |            |      |     |      |
|------------------------------|---------|--|---|---|-----------------------|--------------|------|-----|------------|------|-----|------|
| Торцовые                     | P6M5 *1 | Фрезерование плоскостей                  | — | — | $\leq 0,1$<br>$> 0,1$ | 245<br>155   | 0,25 | 0,1 | 0,2<br>0,4 | 0,15 | 0,1 | 0,2  |
| Цилиндрические               | P6M5 *1 |  | — | — | $\leq 0,1$<br>$> 0,1$ | 208<br>133,5 | 0,45 | 0,3 | 0,2<br>0,4 | 0,1  | 0,1 | 0,33 |
| Дисковые со вставными ножами | P6M5 *1 | Фрезерование плоскостей, уступов и пазов | — | — | $\leq 0,1$<br>$> 0,1$ | 285<br>183,4 | 0,25 | 0,3 | 0,2<br>0,4 | 0,1  | 0,1 | 0,2  |
| Дисковые цельные             | P6M5 *1 |  | — | — | —                     | 259          | 0,25 | 0,3 | 0,2        | 0,1  | 0,1 | 0,2  |
| Концевые                     | P6M5 *1 | Фрезерование плоскостей и уступов        | — | — | —                     | 185,5        | 0,45 | 0,3 | 0,2        | 0,1  | 0,1 | 0,33 |

Продолжение табл. 39

| Фрезы                | Материал режущей части | Операция                     | Параметры срезаемого слоя, мм |     |       | Коэффициент и показатели степени в формуле скорости резания |      |     |     |     |     |     |
|----------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----|-------|---|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|                      |                        |                              | $B$                           | $t$ | $s_z$ | $C_v$   | $q$  | $x$ | $y$ | $u$ | $p$ | $m$ |
| Прорезные и отрезные | P6M5*1                 | Прорезание пазов и отрезание | —                             | —   | —     | 200   | 0,25 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 |

\*1 Без охлаждения.

\*2 С охлаждением.

Примечание. Скорость резания для торцовых фрез, рассчитанная по табличным данным, действительна при главном угле в плане  $\varphi = 60^\circ$ . При других величинах этого угла значения скорости следует умножать на коэффициенты: при  $\varphi = 15^\circ$  — на 1,6; при  $\varphi = 30^\circ$  — на 1,25; при  $\varphi = 45^\circ$  — на 1,1; при  $\varphi = 75^\circ$  — на 0,93; при  $\varphi = 90^\circ$  — на 0,87.

40. Средние значения периода стойкости  $T$  фрез

| Фрезы  | Стойкость $T$ , мин, при диаметре фрезы, мм |    |     |     |    |     |     |     |     |     |     |     |
|--|---|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 20  | 25 | 40  | 60  | 75 | 90  | 110 | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| Торцовые   | —   |    | 120 | 180 |    |     |     | 240 |     | 300 | 400 |     |
| Цилиндрические со вставными ножами и цельные с крупным зубом | —   |    |     | 180 |    |     | 240 | —   |     |     |     |     |
| Цилиндрические цельные с мелким зубом                        | —   |    | 120 | 180 |    |     | —   |     |     |     |     |     |
| Дисковые   | —   |    |     |     |    | 120 | 150 | 180 | 240 | —   |     |     |
| Концевые   | 80  | 90 | 120 | 180 | —  |     |     |     |     |     |     |     |
| Прорезные и отрезные   | —   |    |     |     | 60 | 75  | 120 | 150 | —   |     |     |     |
| Фасонные и угловые   | —   |    | 120 |     |    | 180 | —   |     |     |     |     |     |

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени приведены в табл. 41, поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала  $K_{mp}$  для стали и чугуна — в табл. 9, а для медных и алюминиевых сплавов — в табл. 10. Величины остальных составляющих силы резания (рис. 5,6): горизонтальной (сила подачи)  $P_h$ , вертикальной  $P_v$ , радиальной  $P_r$ , осевой  $P_x$  устанавливают из соотношения с главной составляющей  $P_z$  по табл. 42.

Составляющая, по которой рассчитывают оправку на изгиб,  $P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}$ .

Крутящий момент, Н·м, на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

где  $D$  — диаметр фрезы, мм.

Мощность резания (эффективная), кВт

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}.$$

41. Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени в формуле окружной силы  $P_z$  при фрезеровании

| Фрезы  | Материал режущей части инструмента | Коэффициент и показатели степени |      |      |      |      |       |
|--|------------------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|-------|
|  |                                    | $C_p$                            | $x$  | $y$  | $u$  | $q$  | $w$   |
| <i>Обработка конструкционной углеродистой стали, <math>\sigma_B = 750</math> МПа</i> |                                    |                                  |      |      |      |      |       |
| Торцовые   | Твердый сплав                      | 825                              | 1,0  | 0,75 | 1,1  | 1,3  | 0,2   |
|  | Быстрорежущая сталь                | 82,5                             | 0,95 | 0,8  | 1,1  | 1,1  | 0     |
| Цилиндрические   | Твердый сплав                      | 101                              | 0,88 | 0,75 | 1,0  | 0,87 | 0     |
|  | Быстрорежущая сталь                | 68,2                             | 0,86 | 0,72 | 1,0  | 0,86 | 0     |
| Дисковые, прорезные и отрезные   | Твердый сплав                      | 261                              | 0,9  | 0,8  | 1,1  | 1,1  | 0,1   |
|  | Быстрорежущая сталь                | 68,2                             | 0,86 | 0,72 | 1,0  | 0,86 | 0     |
| Концевые   | Твердый сплав                      | 12,5                             | 0,85 | 0,75 | 1,0  | 0,73 | -0,13 |
|  | Быстрорежущая сталь                | 68,2                             | 0,86 | 0,72 | 1,0  | 0,86 | 0     |
| Фасонные и угловые   | Быстрорежущая сталь                | 47                               | 0,86 | 0,72 | 0,1  | 0,86 | 0     |
| <i>Обработка жаропрочной стали 12X18H9T в состоянии поставки, HB 141</i>             |                                    |                                  |      |      |      |      |       |
| Торцовые   | Твердый сплав                      | 218                              | 0,92 | 0,78 | 1,0  | 1,15 | 0     |
| Концевые   | Быстрорежущая сталь                | 82                               | 0,75 | 0,6  | 1,0  | 0,86 | 0     |
| <i>Обработка серого чугуна, HB 190</i>   |                                    |                                  |      |      |      |      |       |
| Торцовые   | Твердый сплав                      | 54,5                             | 0,9  | 0,74 | 1,0  | 1,0  | 0     |
|  | Быстрорежущая сталь                | 50                               | 0,9  | 0,72 | 1,14 | 1,14 | 0     |
| Цилиндрические   | Твердый сплав                      | 58                               | 0,9  | 0,8  | 1,0  | 0,9  | 0     |
|  | Быстрорежущая сталь                | 30                               | 0,83 | 0,65 | 1,0  | 0,83 | 0     |
| Дисковые, концевые, прорезные и отрезные   | Быстрорежущая сталь                | 30                               | 0,83 | 0,65 | 1,0  | 0,83 | 0     |
| <i>Обработка ковкого чугуна, HB 150</i>  |                                    |                                  |      |      |      |      |       |
| Торцовые   | Твердый сплав                      | 491                              | 1,0  | 0,75 | 1,1  | 1,3  | 0,2   |
|  | Быстрорежущая сталь                | 50                               | 0,95 | 0,8  | 1,1  | 1,1  | 0     |
| Цилиндрические, дисковые, концевые, прорезные и отрезные                             | Быстрорежущая сталь                | 30                               | 0,86 | 0,72 | 1,0  | 0,86 | 0     |
| <i>Обработка гетерогенных медных сплавов средней твердости, HB 100–140</i>           |                                    |                                  |      |      |      |      |       |
| Цилиндрические, дисковые, концевые, прорезные и отрезные                             | Быстрорежущая сталь                | 22,6                             | 0,86 | 0,72 | 1,0  | 0,86 | 0     |

Примечания: 1. Окружную силу  $P_z$  при фрезеровании алюминиевых сплавов рассчитывать, как для стали, с введением коэффициента 0,25.

2. Окружная сила  $P_z$ , рассчитанная по табличным данным, соответствует работе фрезой без затупления. При затуплении фрезы до допустимой величины износа сила возрастает: при обработке мягкой стали ( $\sigma_B < 600$  МПа) в 1,75–1,9 раза; во всех остальных случаях – в 1,2–1,4 раза.

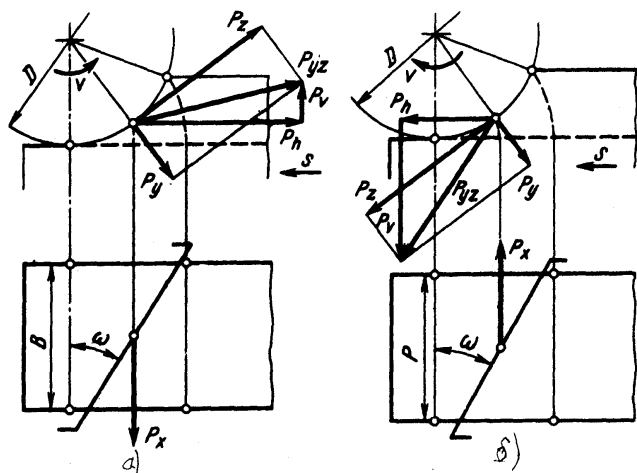


Рис. 5. Составляющие силы резания при фрезеровании цилиндрической фрезой: а – при встречном фрезеровании (против подачи); б – попутном (в направлении подачи)

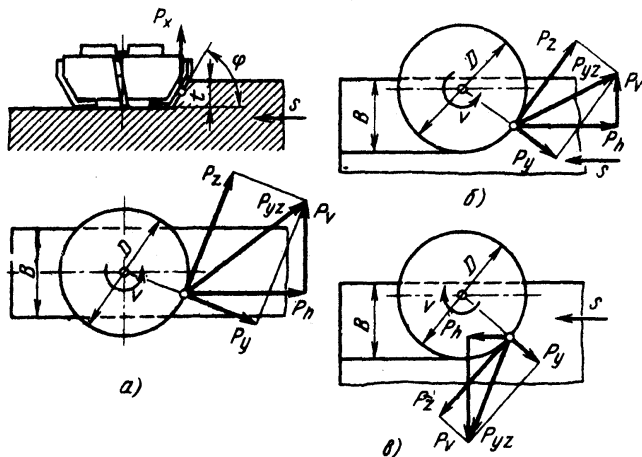


Рис. 6. Составляющие силы резания при торцовом фрезеровании: а – симметричном; б – несимметричном встречном; в – несимметричном попутном

42. Относительные значения составляющих силы резания при фрезеровании

| Фрезерование   | $P_h : P_z$ | $P_v : P_z$ | $P_y : P_z$ | $P_x : P_z$                          |
|--|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| <i>Фрезы цилиндрические, дисковые, концевые*1, угловые и фасонные (см. рис. 5)</i> |             |             |             |                                      |
| Встречное (против подачи)  | 1,1–1,2     | 0–0,25      | 0,4–0,6     | $(0,2–0,4) \operatorname{tg} \omega$ |
| Попутное (в направлении подачи)  | –(0,8–0,9)  | 0,7–0,9     |             |                                      |
| <i>Фрезы торцовые и концевые*2 (см. рис. 6)</i>                                    |             |             |             |                                      |
| Симметричное   | 0,3–0,4     | 0,85–0,95   |             |                                      |
| Несимметричное встречное   | 0,6–0,8     | 0,6–0,7     | 0,3–0,4     | 0,5–0,55                             |
| Несимметричное попутное  | 0,2–0,3     | 0,9–1,0     |             |                                      |

\*1 Фрезы, работающие по схеме цилиндрического фрезерования, когда торцовые зубья в резании не участвуют.

\*2 Фрезы, работающие по схеме торцового фрезерования.

Примечание. Изменение составляющих  $P_y$  и  $P_x$  при торцовом фрезеровании в зависимости от главного угла в плане  $\phi$  см. в табл. 23.

РАЗРЕЗАНИЕ

Разрезание производят отрезными резцами дисковыми и ленточными пилами, ножовками, абразивными кругами.

**Подача.** Для дисковых пил подача  $s_z$  и для ленточных пил и абразивных кругов подача  $s_m$  приведены в табл. 43.

**Скорость резания.** Для дисковых пил, приводных ножовок и ленточных пил скорости резания, устанавливаемые в м/мин, а для абразивных кругов – в м/с, приведены в табл. 44.