

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТОЧЕНИИ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям укрупненной группы 160000 Авиационная и ракетно-космическая техника

САМАРА
Издательство СГАУ
2014

УДК СГАУ: 6(У)

ББК 34.63я7

Р33

Авторы: *А.Н. Волков, А.Н. Дружин, М.Б. Сазонов, А.Н. Швецов*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Н.Д. Проничев

канд. техн. наук, доц. В.И. Петрунин

Р33

Режимы резания авиационных материалов при точении: учеб. пособие / [А.Н. Волков и др.] Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2014. - 135 с.

ISBN 978-5-7883-0976-7

Рассмотрены вопросы выбора режимов резания авиационных материалов.

Пособие предназначено для студентов специальностей 151001, 160301, 160302 и других, изучающих дисциплины «Резание металлов», «Металлорежущие станки и инструменты», выполняющих домашние задания или курсовые работы. Оно также может быть использовано студентами при выполнении дипломных проектов по технологии машиностроения.

Выполнено на кафедре механической обработки материалов СГАУ.

УДК СГАУ: 6 (У)

ББК 34.63я7

ISBN 978-5-7883-0976-7

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ИНСТРУМЕНТА. РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ | 5 |
| 1.1. Наивыгоднейший режим резания и порядок выбора его параметров | 5 |
| 1.2. Методика расчета параметров режима резания | 9 |
| 1.3. Проверка выполнимости выбранного режима резания по возможностям станка | 12 |
| 1.4. Коэффициенты использования режущих свойств инструмента и загрузки станка по мощности | 15 |
| 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ | 17 |
| 2.1. Выбор конструкции и геометрии инструмента | 17 |
| 2.1.1. Резцы для обтачивания | 18 |
| 2.1.2. Резцы для обработки торцовых поверхностей | 23 |
| 2.1.3. Резцы для обработки отверстий | 25 |
| 2.1.4. Резцы для отрезки | 26 |
| 2.1.5. Выбор типоразмера резца | 27 |
| 2.1.6. Выбор марки инструментального материала | 29 |
| 2.1.7. Выбор геометрии режущей части резца | 30 |
| 2.1.8. Рабочий чертеж резца | 30 |
| 2.2. Выбор глубины резания | 35 |
| 2.3. Выбор подачи | 35 |
| 2.3.1. Расчет подачи по прочности механизма подачи станка | 36 |
| 2.3.2. Расчет подачи по прочности державки резца | 38 |
| 2.3.3. Расчет подачи по жесткости технологической системы в связи с заданной точностью обработки | 40 |
| 2.3.4. Расчет подачи по заданной шероховатости обработанной поверхности | 45 |
| 2.3.5. Выбор наибольшей технологически допустимой подачи | 45 |
| 2.4. Выбор скорости резания (скоростной ступени станка) | 46 |
| 2.5. Проверка выбранного режима резания по крутящему моменту (мощности) на шпинделе станка | 48 |
| 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАШИННОГО ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ И НЕКОТОРЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ | 51 |
| 4. ПРИМЕР АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ | 53 |
| 5. ПРИМЕР ТАБЛИЧНОГО РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ | 60 |
| 6. РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ЭВМ | 62 |
| 7. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ | 63 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 64 |

| | |
|--------------------|-----|
| Приложение А | 65 |
| Приложение Б | 82 |
| Приложение В | 95 |
| Приложение Г | 103 |
| Приложение Д | 108 |
| Приложение Е | 111 |
| Приложение Ж | 117 |
| Приложение И | 123 |
| Приложение К | 123 |
| Приложение Л | 124 |
| Приложение М | 124 |
| Приложение Н | 124 |
| Приложение П | 125 |
| Приложение Р | 126 |
| Приложение С | 127 |
| Приложение Т | 128 |
| Приложение У | 129 |
| Приложение Ф | 130 |

1. ОБЩАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ИНСТРУМЕНТА. РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

1.1. НАИВЫГОДНЕЙШИЙ РЕЖИМ РЕЗАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫБОРА ЕГО ПАРАМЕТРОВ

Основной целью оптимизации операции любого производственного процесса, в том числе обработки материалов резанием, обеспечивающей изделию необходимое качество (геометрическую форму, точность размеров, шероховатость и т.д.), является достижение максимальной производительности при минимальной себестоимости выполнения операции. Производительность обработки тем выше, чем меньше так называемое основное технологическое время (или, в случае для обработки резанием, – машинное время обработки).

Машинное время обработки определяется по соотношению

$$T_{\text{маш}} = (L/v_s)i,$$

где L – путь (мм), который должен пройти режущий инструмент в процессе обработки (рис. 1), складывающийся из участка врезания l_1 , зависящего от типа инструмента, его геометрии и глубины резания t , из длины обрабатываемой поверхности l и некоторого «перебега» инструмента l_2 , необходимого для того, чтобы убедиться, что инструмент закончил процесс резания, т.е. $L = l_1 + l + l_2$; $v_s = s_m$ – скорость движения инструмента в направлении подачи или, что то же самое, минутная подача s_m (мм/мин), $s_m = s \times n$, зависит от подачи s (мм/об) и частоты вращения шпинделя станка n (об/мин); $i = (\Delta/t)$ – число проходов инструмента, необходимое для удаления всего припуска Δ на обработку, если глубина резания при каждом проходе равна t (мм); Δ – припуск на одну сторону (припуск на диаметр равен 2Δ).

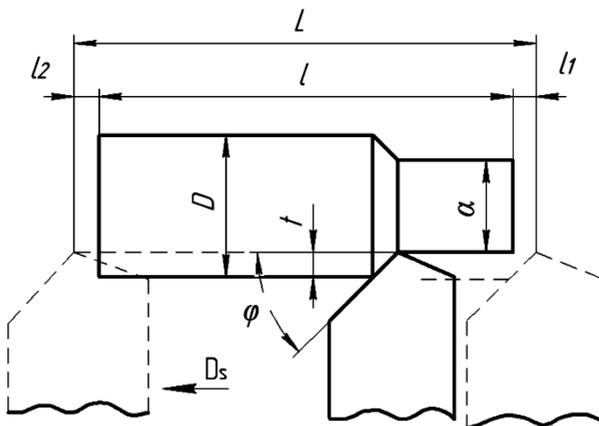


Рис. 1. Схема к определению машинного времени обработки

С использованием приведенных выше обозначений машинное время обработки может быть выражено следующим образом:

$$T_{\text{маш}} = \frac{l_1 + l_2}{sn} \quad (1.1)$$

Учитывая, что частота вращения шпинделя станка может быть выражена через скорость резания v (м/мин) и диаметр поверхности резания D (мм) в виде

$$n = 1000v/\pi D,$$

выражение (1.1) можно записать в следующей форме:

$$T_{\text{маш}} = \frac{l_1 + l_2 \pi D}{1000vst},$$

где знаменатель представляет собой производительность процесса резания (объем металла в мм^3 , удаленного с заготовки в течение одной минуты):

$$P_p = 1000vst. \quad (1.2)$$

Очевидно, что чем больше величины v , s , и t , тем выше производительность процесса резания, меньше машинное время и, следовательно, выше производительность операции, поэтому для достижения наивысшей производительности необходимо, чтобы

$$vst = \max.$$

В качестве критерия минимальной себестоимости операции можно использовать экономический период стойкости режущего инструмента. Выражение для экономического периода стойкости, обеспечивающего наименьшую себестоимость операции, можно получить, если переменную долю себестоимости операции выразить в функции от скорости резания, найти производную и приравнять её к нулю (т.е. найти минимум функции) [8].

В результате получим соотношение для экономического периода стойкости:

$$T_3 = \left(\frac{1}{m-1} \right) T_{cm} - \frac{e}{E}, \quad (1.3)$$

где T_3 – экономический период стойкости режущего инструмента, мин;

m – показатель относительной стойкости $m = \sqrt[z]{\quad}$,

z – эмпирический коэффициент;

T_{cm} – время на смену износившегося инструмента и его подналадку за период его стойкости, мин;

e – стоимость эксплуатации инструмента за период его стойкости, руб;

E – стоимость станко-минуты, руб.

Чтобы определить T_{cm} , e и E , а вместе с тем и T_3 , необходимо иметь большое количество экономических показателей данного производства. Такие сведения, как правило, отсутствуют или они недостаточно полны, что вызывает затруднения в расчете T_3 . Поэтому часто пользуются нормативным периодом стойкости, который отличается от T_3 тем, что отражает условия не конкретного производства, а некоторые средние показатели для данной отрасли промышленности, полученные эмпирическим путём. Нормативный период стойкости в зависимости от влияющих факторов приводится в справочной литературе [2, 3].

Из изложенного следует, что себестоимость операции будет минимальной, если будут выбраны такие t , s и v , при которых реальная стойкость T инструмента станет равной экономическому периоду стойкости T_3 .

Известно, что

$$T = \frac{\tau}{v^z s^y t^x}, \quad (1.4)$$

(x, y, z – эмпирические коэффициенты), следовательно, элементы режима резания должны удовлетворять условию:

$$v^z s^y t^x = \left(\frac{\tau}{T_0} \right) = onst.$$

Таким образом, для достижения наибольшей производительности (т.е. минимальной себестоимости операции) необходимо, чтобы параметры режима резания v, s и t удовлетворяли одновременно двум условиям:

$$vst = \max, \\ v^z s^y t^x = \left(\frac{\tau}{T_0} \right) = onst. \quad (1.5)$$

Сочетание глубины резания t , подачи s и скорости резания v , которое при выполнении всех технических требований на изготовление детали (или обработки её поверхности) обеспечивает наибольшую производительность при наименьшей себестоимости операции (перехода), называется *наивыгоднейшим режимом резания*.

Из условий оптимизации режима резания (1.5) вытекает, что если на производительность процесса (первое условие) все параметры режима резания оказывают одинаковое влияние, то на стойкость инструмента (второе условие) те же параметры влияют в различной степени. При обработке с «прямыми» срезами (т.е. когда $t \geq s$), наиболее часто встречающейся в практике, эмпирические коэффициенты удовлетворяют условию: $z > y > x$.

Анализ условий (1.5) при указанном соотношении z, y и x показывает, что все параметры режима резания должны быть выбраны максимально возможными, но при этом необходимо отдавать предпочтение увеличению глубины резания t за счет соответствующего снижения скорости резания v и, если есть в этом необходимость, подачи s . Из двух других параметров режима резания (s и v) предпочтительнее увеличивать подачу s за счет соответствующего уменьшения скорости резания v .

1.2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

В соответствии с выводами анализа условий оптимизации (1.5) сначала выбирается глубина резания t . При выполнении каждой операции (или её перехода) глубина резания должна быть равна операционному припуску на обработку, т.е. $t=\Delta$.

Величина операционного припуска Δ зависит от ряда факторов, её расчет производится при разработке технологического процесса на стадии проектирования заготовки и является задачей курса технологии машиностроения. На этапе расчёта режимов резания операционный припуск обычно не рассчитывается, а выбирается по таблицам, приведенным в справочниках по технологии механической обработки материалов.

При выполнении расчёта глубина резания t выбирается в соответствии с рекомендациями, изложенными в методике расчета режима резания для конкретного метода обработки (например, для точения – в подразделе 2.2 настоящего пособия).

После выбора глубины резания выбирается максимально возможная подача s , которая ограничивается прочностью механизма подачи станка и инструмента; жесткостью технологической системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» в связи с заданной точностью обработки; шероховатостью обработанной поверхности; допустимой величиной наклёпа и остаточных напряжений в поверхностном слое обработанной детали и другими факторами.

Следовательно, чтобы установить величину подачи, обеспечивающей наибольшую производительность при заданном качестве изготовления детали, необходимо рассчитать предельные величины подачи, допускаемых каждым из ограничивающих факторов, и выбрать из них наименьшую.

Наименьшая из расчётных подач должна быть согласована с возможностями станка. При этом из паспортных величин подач должна быть выбрана равная расчётной или ближайшая меньшая, которая обозначается s_0 .

Подача, обеспечивающая наибольшую производительность при выполнении всех технологических требований, называется наибольшей технологически допустимой.

После того как выбраны глубина резания t и подача s , рассчитывается скорость резания из условия полного использования режущих свойств инструмента при экономическом (нормативном) периоде стойкости T по соотношению

$$v = C_v / T^m t^{x_v} s_0^{y_v}, \quad (1.6)$$

где C_v – коэффициент, характеризующий реальные условия обработки;

x_v и y_v – показатели степени, характеризующие влияние глубины резания и подачи на скорость резания.

Зная скорость резания и диаметр обрабатываемой поверхности (наибольший диаметр поверхности резания), определим частоту вращения шпинделя станка:

$$n = \frac{1000v}{\pi d}, \quad (1.7)$$

или, подставив (1.6) в (1.7), получим в развёрнутом виде:

$$n = \frac{1000C_v}{T^m t^{x_v} s_0^{y_v} \pi d}. \quad (1.8)$$

Полученную по соотношению (1.8) расчётную частоту вращения шпинделя n необходимо согласовать с возможностями станка, т.е. выбрать из имеющихся на заданном станке такую ближайшую к расчётной скоростную ступень шпинделя, которая будет обеспечивать наиболее полное использование режущих свойств инструмента и, следовательно, наибольшую производительность.

На станке с бесступенчатым регулированием частота вращения шпинделя $n_{\text{шт}}$ принимается равной n . Наивыгоднейший режим определяется совокупностью величин t , s_0 и n , при этом режущие свойства инструмента будут использованы полностью.

Однако большинство станков имеет ступенчатый ряд частот вращения шпинделя. Поэтому найденная расчётным путём частота вра-

щения будет находиться между некоторыми соседними величинами частот вращения шпинделя: n_x и n_{x+1} .

С целью достижения наибольшей производительности целесообразно принять величину n_{x+1} , так как в этом случае будет наибольшая минутная подача: $s_m = s_0 n_{x+1}$ и, следовательно, наибольшая производительность. Однако принять n_{x+1} , не изменяя s_0 , невозможно, так как согласно (1.8) это приведет к уменьшению стойкости инструмента T по сравнению с оптимальной величиной, а следовательно, к увеличению стоимости выполнения операции.

Для того чтобы стойкость сохранилась неизменной при n_{x+1} , необходимо уменьшить подачу, величина которой может быть найдена согласно [1] из выражения (1.8) при n_{x+1} :

$$s' \leq \sqrt[3]{\frac{1000C_v}{T^m t^{x_v} s_0^{y_v} \pi n_{x+1}}} \quad (1.9)$$

или по приближенному следующему соотношению:

$$s' \leq s_0 \cdot \sqrt[3]{\frac{n}{n_{x+1}}} \quad (1.9 \text{ а})$$

Полученную подачу s' необходимо согласовать с паспортными подачами, т.е. выбрать из имеющихся на станке подач ближайшую меньшую к $s' - \underline{s}$.

Итак, на реальном (заданном) станке со ступенчатой передачей следует работать на одном из двух режимов: $n_x - \underline{n}$ или $n_{x+1} - \underline{n}$, которые обеспечивают стойкость инструмента, равную оптимальной или несколько больше её.

Выгоднее работать на том режиме, который обеспечивает большую производительность, т.е. большую минутную подачу. Поэтому сравним $s_{m_x} = s_0 n_x$ и $s_{m_{x+1}} = s_0 n_{x+1}$.

Степень, для которой минутная подача окажется большей, будет наивыгоднейшей. Таким способом выбираются оптимальные параметры режима резания: t, s_0, n_x или t, s'_0, n_{x+1} .

Рассчитанная по соотношению (1.8) частота вращения может оказаться больше, чем наибольшая частота вращения шпинделя станка

($n > n_{\text{ун.маx}}$). В этом случае за оптимальную скоростную ступень следует принимать $n_{\text{ун.маx}}$. Следовательно, наивыгоднейшим будет режим резания: t , s_0 и $n_{\text{ун.маx}}$. Очевидно, что при этом режущие свойства инструмента будут недоиспользованы. Для упрощения в последующем изложении там, где это возможно, индексы опущены, и оптимальные параметры обозначаются как t , s и n .

1.3. ПРОВЕРКА ВЫПОЛНИМОСТИ ВЫБРАННОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПО ВОЗМОЖНОСТЯМ СТАНКА

Шпиндель станка получает вращательное движение от электродвигателя через коробку скоростей, с помощью которой изменяется частота его вращения. Часть мощности при этом затрачивается на преодоление сил трения в кинематических парах и на опорах.

В коробке скоростей станка имеются слабые звенья, которые могут не обеспечить передачу всей подводимой мощности. Поэтому различной частоте вращения соответствуют различные мощность $N_{\text{ун}}$ и крутящий момент $M_{\text{ун}}$ на шпинделе, которые определяются на основании паспортных данных станка.

Для некоторых станков (например, токарных) величина $M_{\text{ун}}$ приводится для каждой частоты вращения шпинделя, для других (например, сверлильных) – указываются только мощность двигателя $N_{\text{дв}}$ и коэффициент полезного действия привода главного движения η .

Следовательно, мощность на шпинделе можно найти по соотношению

$$N_{\text{ун}} = V_{\text{дв}} \eta. \quad (1.10)$$

Поэтому в первом случае (для токарных станков) проверку выполнимости назначенного режима резания целесообразно производить по условию (1.11), во втором случае (для сверлильных станков) – по условию (1.12).

Очевидно, что выбранный режим резания можно осуществить на станке только при условиях, если моменты и мощности удовлетворяют следующим неравенствам:

$$M_{\text{ср}} \leq M_{\text{ун}}, \quad (1.11)$$

$$N_{рез} \leq \sqrt{I_{ин}}. \quad (1.12)$$

Момент сопротивления резанию M_{cp} ($H \times M$) и эффективная мощность резания $N_{рез}$ (Bm) определяются следующим образом.

Для точения:

$$M_{cp} = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000}, \quad (1.13)$$

$$N_{рез} = \frac{D v}{60}, \quad (1.14)$$

где $P_z = \int_{p_z} t^{x_{p_z}} s^{y_{p_z}}$ – касательная составляющая силы резания, H .

Для операций сверления, зенкерования и развертывания:

$$M_{cp} = \int_M D^{z_M} s^{y_M} t^{x_M}, \quad (1.15)$$

$$N_{рез} = \frac{\pi}{60} M_{cp} n. \quad (1.16)$$

Если одно из условий (1.11) или (1.12) выполняется, то расчёт заканчивается.

Однако в ряде случаев условия (1.11) или (1.12) при выбранных n , t и s не могут быть выполненными и, следовательно, для реализации оптимальных режимов резания мощность или момент на шпинделе станка недостаточны, т.е. станок «слабее» инструмента. В этих случаях скоростная ступень определяется из условия максимального использования возможностей станка.

Для металлорежущих станков, в паспорте которых указаны моменты на шпинделе для всего ряда частот вращения (например, для токарных), оптимальные режимы резания устанавливаются следующим образом.

По соотношению (1.13) определяется M_{cp} для t , s_0 и n_x . Найденная величина M_{cp} будет находиться между значениями $M_{ин y+}$ и $M_{ин y}$, которым соответствуют скоростные ступени n_{y+} и n_y , т.е.

$$M_{ин y+1} < A_{cp} < M_{ин y}.$$

Работа на ступени с частотой вращения n_{y+} возможна только при $s' < s_0$.

Величину s' можно определить из выражения (1.13), приняв $M_{cp} = M_{ун y+}$ и решив его относительно s' :

$$s' \leq \sqrt[pz]{\frac{2 \cdot 1000 \cdot M_{ун y+}}{DC_{pz} t^{x_{pz}}}} . \quad (1.17)$$

Найденную величину s' следует сравнить с паспортными значениями станка и выбрать из них ближайшую меньшую – s'_0 .

Для работы на скоростной ступени n_y должна быть использована величина s_0 . Следовательно, имеем два режима, которые сравниваем по минутным подачам:

$$s_{M_y} = i_y s_0 ,$$

$$s_{M_{y+}} = i_{y+} s'_0 .$$

Наивыгоднейшим режимом будет тот, которому соответствует большая минутная подача. На этом режиме резания (t, s_0, n_y или t, s'_0, n_{y+}) будут полностью использованы возможности станка, но недоиспользованы режущие свойства инструмента.

Для станков (например, сверлильных), в паспорте которых отсутствуют указания на величины $M_{ун}$ или $N_{ун}$, для каждой из частот вращения шпинделя оптимальные режимы резания устанавливаются (уточняются) следующим образом.

Определяется скоростная ступень по выражению (1.16) при подстановке в него $N_{рез} = N_{ун}$:

$$n' = \frac{50 \cdot N_{ун}}{2\pi A_{cp}} \quad (1.18)$$

и округляется до ближайшего меньшего значения, имеющегося на станке. Для этой скоростной ступени минутная подача будет определяться по соотношению

$$s'_{...} = i'_0 . \quad (1.19)$$

С другой стороны, по тому же выражению (1.16) для оптимальной n , приняв $N_{рез} = N_{ун}$ и $M_{cp} = \gamma_M D^z_M t^{x_M} s^{y_M}$, рассчитывается подача:

$$s' = \sqrt[M]{\frac{60N_{um}}{2\pi C_M D^{z_M} t^{x_M}}} . \quad (1.20)$$

Полученная величина подачи согласовывается с паспортными данными и округляется до ближайшей меньшей, имеющейся на станке – s'_i . Для скоростной ступени n определяется минутная подача:

$$s'_{min} = i s'_i . \quad (1.21)$$

Сопоставлением величин минутных подач (1.19) и (1.21), окончательно решается вопрос о наиболее выгодном режиме резания, которым будет режим, дающий наибольшую величину минутной подачи или, что то же самое, – наибольшую производительность.

1.4. КОЭФФИЦИЕНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТА И ЗАГРУЗКИ СТАНКА ПО МОЩНОСТИ

Как отмечалось в п.п.1.1, время, в течение которого необходимо производить рабочие движения на станке – главное движение резания и движение подачи для осуществления обработки поверхности с размером l в направлении движения подачи, – называется *основным технологическим (или машинным) временем* и определяется по соотношению (1.1):

$$T_{\text{маш}} = \frac{l + \dots}{sn} i .$$

Из изложенного выше следует, что использовать полностью режущие свойства инструмента удаётся только на станках с бесступенчатым регулированием главного движения подач при достаточной мощности привода главного движения. В большинстве же случаев на металлорежущих станках регулирование рабочих движений является ступенчатым, в связи с чем происходит недоиспользование режущих свойств инструмента.

Коэффициент использования режущих свойств инструмента определяется следующим образом:

$$K_M = n/s_0 n_p , \quad (1.22)$$

где n и s – частота вращения шпинделя и величина подачи, принятые в качестве наивыгоднейших;

s_0 – величина наибольшей технологически допустимой подачи, которая использовалась в соотношении (1.8);

n_p – расчётная частота вращения шпинделя, соответствующая оптимальной стойкости T и подаче s_0 (величина, полученная по соотношению (1.8).

Станок, на котором осуществляется обработка детали с наивыгоднейшим режимом резания, должен иметь мощность на шпинделе, которая равна или больше эффективной мощности резания (1.12), а поэтому, как правило, реальный станок всегда недогружен.

Коэффициент загрузки станка по мощности, характеризующий степень загрузки станка, равен:

$$K_C = \sqrt{N_{рез}}/N_{ун} = A_{cp}/M_{ун}, \quad (1.23)$$

где $N_{рез}$ – эффективная мощность резания по соотношениям (1.14) или (1.16) при принятых в качестве наивыгоднейших параметрах режима резания (t, s и n);

M_{cp} – момент сопротивления резанию по выражениям (1.13) или (1.15) при принятых в качестве наивыгоднейших параметрах режима резания (t, s и n); (t и s);

$N_{ун}$ и $M_{ун}$ – соответственно мощность и крутящий момент на шпинделе станка на принятой в качестве наивыгоднейшей скоростной ступени n .

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Основные положения методики расчета наивыгоднейшего режима резания, изложенной выше, относятся ко всем видам лезвийной обработки. Однако в связи с особенностями конструкции режущего инструмента и применяемых станков имеются особенности в расчёте режимов резания материалов.

Ниже рассматривается методика расчета режимов резания применительно к процессу точения.

2.1. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ИНСТРУМЕНТА

Операция точения осуществляется токарными резцами, которые отличаются от других (строгальных, долбежных и т.д.) резцов большим разнообразием конструкций и геометрии.

Токарные резцы делятся на 4 группы: резцы, предназначенные для обтачивания наружных поверхностей (обточные), резцы для обработки торцевых поверхностей (торцевые), резцы для растачивания отверстий (расточные) и резцы для отрезки (отрезные).

В каждой из первых трех групп имеются резцы общего назначения (проходные – с главным углом в плане $\varphi < 90^0$, упорные – с $\varphi = 90^0$ и подрезные с $\varphi > 90^0$) и резцы специального назначения.

К резцам специального назначения относятся резцы, профиль режущих кромок которых или размеры их элементов связаны с соответствующими параметрами обрабатываемых поверхностей, например, резьбовые, канавочные, галтельные и фасонные резцы. Последние отличаются большим разнообразием в зависимости от профиля обрабатываемой поверхности.

Резцы общего и резцы специального назначения могут быть предназначены для черновой (предварительной) и чистовой (окончательной) обработки. Обычно эти резцы, одинаковые по форме и конст-

рукции головки, отличаются величиной передних и задних углов, радиусом закругления вершины и тщательностью заточки (доводки) передних и задних поверхностей (фасок и ленточек). У специальных резцов иногда меняются размеры элементов режущих кромок.

По конструкции резцы (рис. 2) делятся на *стержневые* (а), *призматические* (б) и *круглые* (в). Для работы на токарных универсальных станках используются в основном стержневые резцы.

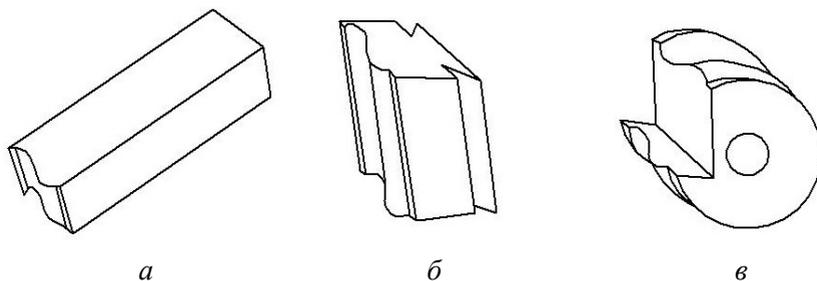


Рис. 2. Конструкции резцов:
а – стержневой; б – призматический; в – круглый (дисковый)

По форме головки различают резцы *прямые* (рис. 3, а и в); *отогнутые* (рис. 3, б, г и д), ось которых изогнута в горизонтальной плоскости; *изогнутые*, ось которых изогнута в вертикальной плоскости, и *оттянутые* (рис. 6) влево (а, и б), вправо (в) или симметрично (г). Резцы изогнутые для токарных работ применяются чаще всего как отрезные резцы [9, 10].

Остановимся подробнее на некоторых вопросах, касающихся выбора стержневых резцов в зависимости от характера выполняемой операции.

2.1.1. РЕЗЦЫ ДЛЯ ОБТАЧИВАНИЯ

Для обработки наружных поверхностей в зависимости от их характера и размеров при преимущественно продольной подаче применяют *проходные* (рис. 3, а и б), *упорные* (рис. 3, в и г), и *подрезные* (рис. 3, д) резцы. Они выполняются с прямой (рис. 3, а и в) или с отогнутой головкой (рис. 3, б, г и д).

Прходные резцы предназначены для обработки наружных цилиндрических и конических поверхностей «напроход» (т.е. со свободным выходом за пределы обрабатываемой поверхности, например, в канавку) или ступенчатых поверхностей при небольшом перепаде диаметров D и d в тех случаях, когда переход от одной ступени к другой остается коническим или затем подрезается.

Прямые проходные резцы по сравнению с отогнутыми более дешевы, поэтому их следует применять везде, где это возможно, и не имеется каких-либо ограничений по их применению. Такие ограничения обычно возникают в тех случаях, когда резец в конце прохода очень близко подходит к кулачкам патрона или иным элементам приспособлений. Здесь целесообразно использовать отогнутые проходные резцы.

В соответствии со стандартами прямые проходные резцы изготавливаются с главным углом в плане $\varphi=45, 60$ и 75° .

Если это не диктуется углом перехода одной ступени к другой, то следует предпочитать резцы с меньшим углом φ , т.к. при прочих равных условиях резцы с меньшими значениями φ имеют больший период стойкости и обеспечивают меньшую шероховатость обработанной поверхности, или при заданной стойкости – большую производительность.

Однако уменьшение φ может ограничиваться жесткостью системы СПИД, так как с уменьшением φ возрастает радиальная составляющая силы резания P_y , увеличивается прогиб детали из-за контакта с инструментом, а следовательно, снижается точность обработки и увеличивается возможность возникновения вибраций. Это необходимо учитывать, если $L/d > 3$ при закреплении детали в патроне и $L/d > 5$ при закреплении в центрах, где L – свободная длина детали, d – диаметр «опасного» сечения детали (в первом приближении – её наименьший диаметр). Чем больше указанное отношение, тем большую величину должен иметь угол φ .

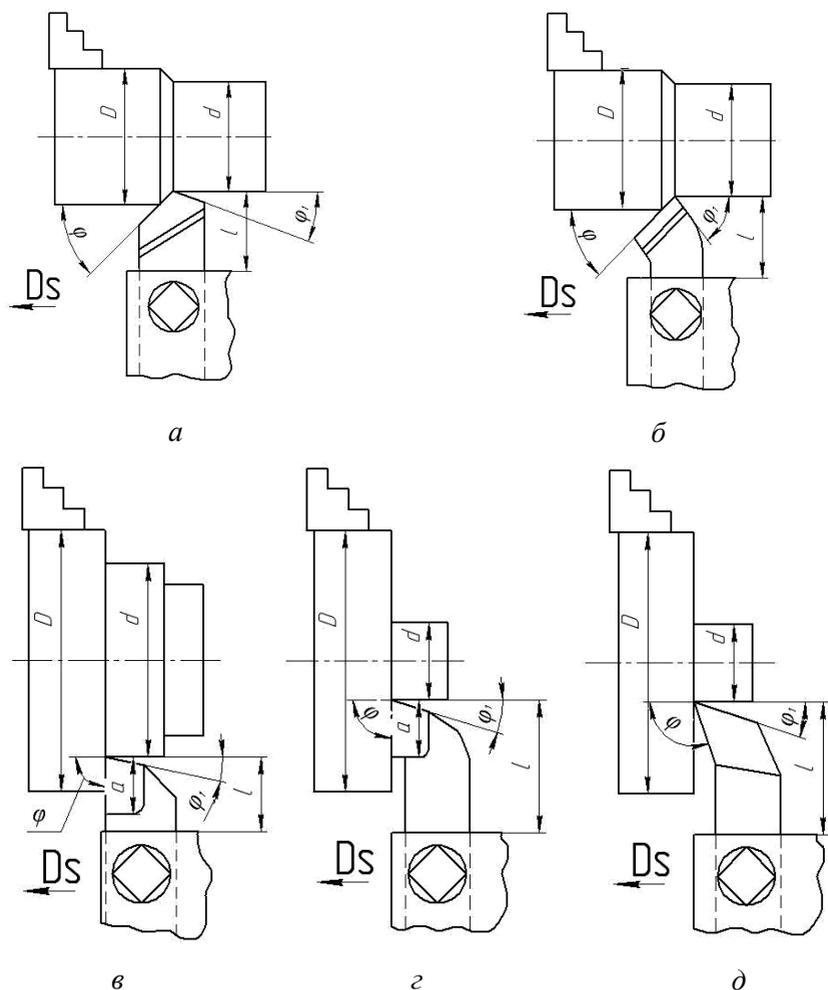


Рис. 3. Резцы для обтачивания:

a – проходной прямой; *б* – проходной отогнутый; *в* – упорный прямой;
г – упорный отогнутый; *д* – подрезной

В любом случае при выборе типа резца нельзя ограничиваться только стандартными углами ϕ . Величина этого угла должна быть выбрана оптимальной, а затем по ней подбирают резец из стандартных с углом ϕ , равным или несколько большим, чем оптимальный.

Например, если по каким-то соображениям определено, что оптимальной величиной φ является 50° , выбирают проходной прямой резец с $\varphi=60^\circ$ и перетачивают его на угол $\varphi=50^\circ$ только на длине по режущей кромке, достаточной для перекрытия заданной глубины резания, т.е.

$$l_{p.k} > \frac{t}{\sin \varphi}.$$

В этом случае получается резец с «двойным углом в плане» ($\varphi=50^\circ$ и 60°).

Проходные резцы с отогнутой головкой, так же как и проходные прямые резцы, предназначены для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей «напроход» или ступенчатых поверхностей при относительно небольшом перепаде диаметров. Однако отогнутые проходные резцы, имея 3 режущие кромки, а следовательно, 2 вершины, обладают большей универсальностью. Они позволяют осуществлять врезание с поперечной подачей и обрабатывать «открытые» торцовые поверхности (рис. 4, з). Равенство условий работы вершинами без перезакрепления в резцедержателе достигается изготовлением этих резцов с $\varphi=\varphi_1=45^\circ$. Это не означает, однако, что во всех случаях углы φ и φ_1 должны оставаться равными 45° . В зависимости от условий работы они могут изменяться до оптимальных величин соответствующей заточки.

И, наконец, как уже отмечалось, резцы с отогнутой головкой целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо работать вблизи к кулачкам патрона или к другим выступающим частям приспособлений. Практика показывает, что резцы с отогнутой головкой имеют большую виброустойчивость по сравнению с прямыми резцами.

В связи с отмеченными особенностями проходные резцы с отогнутой головкой находят широкое применение, несмотря на несколько большую стоимость.

Упорные резцы (рис. 3, в и з) применяются при продольном обтачивании ступенчатых поверхностей, сопрягающихся под прямым или близким к нему углом и когда разность между цилиндрическими поверхностями относительно невелика (не превышает 15-20 мм).

Упорные резцы имеют главный угол в плане $\varphi=90^\circ$, поэтому их стойкость при обточке цилиндрических поверхностей ниже стойкости проходных резцов. При обточке ступенчатых поверхностей, у которых цилиндрическая часть достаточно длинная, а разница между диаметрами участков невелика, во многих случаях целесообразнее обтачивать проходными резцами (с $\varphi<90^\circ$), а затем производить подрезку уступов упорными или подрезными резцами.

Упорные резцы используют и при цилиндрической обточке в условиях низкой жесткости технологической системы, особенно при обточке деталей с $L/d>5$ при закреплении в патроне и с $L/d>10$ при закреплении в центрах.

Упорные резцы часто используют и как подрезные. В этом случае их устанавливают в резцедержателе так, чтобы при цилиндрической обточке главный угол в плане был больше 90° ($\varphi\approx 95-105^\circ$), и после прекращения продольной подачи, при достижении необходимой длины цилиндрической части осуществляют поперечную подачу в направлении от центра к периферии.

Во всех случаях, когда нет необходимости применять упорные резцы с отогнутой головкой, применяют прямые резцы. Упорные резцы с отогнутой головкой применяют в тех случаях, когда надо работать в непосредственной близости от кулачков патрона и когда необходимо сделать несколько продольных проходов, а $(D-d)/2$ больше длины режущей кромки (рис. 3, в и г).

Подрезные резцы (рис. 3, д) предназначены для того, чтобы обеспечить перпендикулярность уступа (торца) детали к оси или цилиндрической поверхности. Геометрия их формируется с учетом того, что роль режущих кромок (главная и вспомогательная) может меняться в связи с изменением направления подачи как в продольном, так и в поперечном направлениях. При черновой обработке эти резцы используются редко, так как при любой последовательности обработки цилиндрической и торцевой поверхности величины углов в плане φ и φ_1 далеки от оптимальных, а следовательно, стойкость резцов невелика.

Более широкое применение подрезные резцы находят в качестве чистовых, когда технологический процесс дифференцирован и имеет деление на черновые и чистовые операции.

Обычно резцы для чистовой обработки имеют радиус закругления вершины $r = 0,5 \div 2$ мм, а поэтому при глубине резания $t = 0,5 \div 2$ мм (что имеет место при чистовых операциях) работа осуществляется только радиусными участками режущих кромок, в каждой точке которых величина угла в плане определяется из соотношения: $\cos \varphi = - t_x / r$ и, следовательно, изменяется в пределах от $\varphi_x = 0$ (при $t_x = 0$) до $\varphi_x = 90^\circ$ (при $t_x = r$).

Поэтому, выбрав радиус r , не приходится рассчитывать на оптимальные значения φ и φ_1 .

При выполнении универсальных работ подрезка уступов осуществляется чаще упорными резцами, как это описано выше.

2.1.2. РЕЗЦЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТОРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Торцовые поверхности деталей могут обрабатываться *торцовыми проходными* с $\varphi < 90^\circ$ (рис. 4, а), *торцовыми упорными* с $\varphi = 90^\circ$ (рис. 4, б) и *торцовыми подрезными* с $\varphi > 90^\circ$ (рис. 4, в) резцами.

Торцовые резцы предназначены для работы с поперечной подачей в направлении от периферии к оси детали. Они отличаются от резцов для обточки соответствующим расположением главной режущей кромки.

Торцовые резцы изготавливаются только с отогнутой головкой на угол $15 \div 20^\circ$ от оси резца. Это обусловлено тем, что такими резцами часто приходится обрабатывать закрытые торцовые поверхности (рис. 4, а, б и в).

Открытые торцовые поверхности могут обрабатываться резцами, **предназначенными для обработки наружных поверхностей** с соответствующим их закреплением в резцедержателе станка и направлением подачи, как это показано на рис. 4, з и д.

При подрезке торцовых поверхностей можно вместо подрезных резцов использовать упорные резцы для обточки, повернув их в сторону обрабатываемой поверхности на угол $5-10^\circ$ и изменив направле-

ние подачи на противоположное. Следует сначала обточить цилиндрическую часть с продольной подачей, а затем с помощью поперечной подачи от центра к периферии обработать торец (рис. 4, *e*).

Что касается выбора проходного, упорного или подрезного резца, все сказанное в отношении соответствующих резцов для обточки относится и к торцовым.

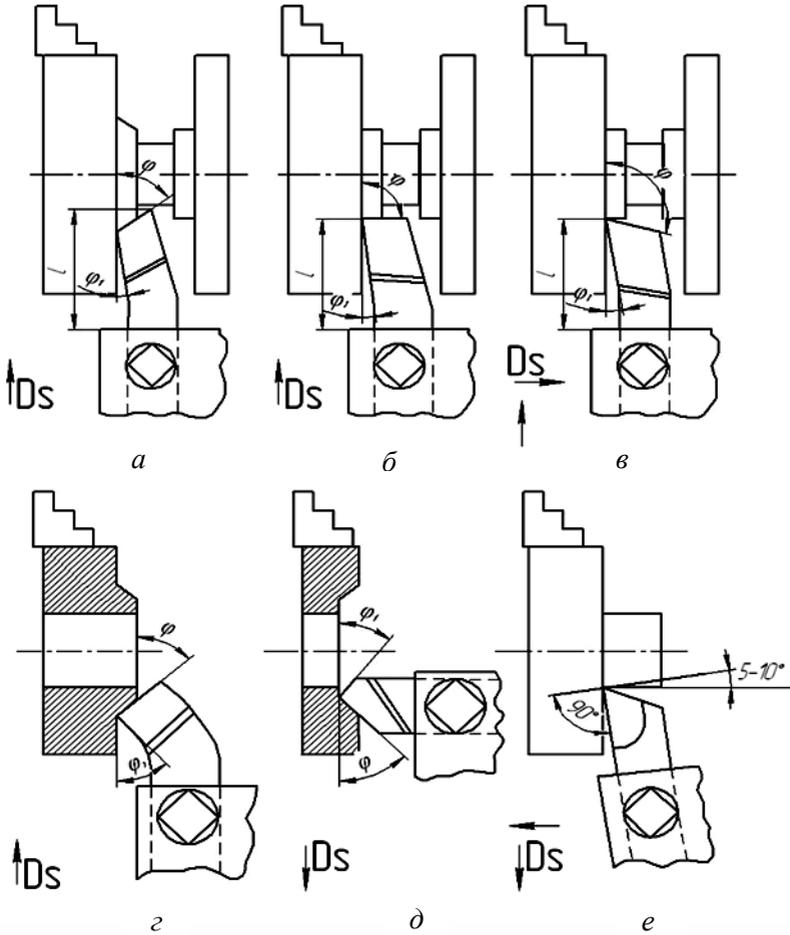


Рис. 4. Резцы для обработки торцовых поверхностей:

- a* – торцевой проходной; *б* – торцевой упорный; *в* – торцевой подрезной;
- г* – проходной отогнутый в качестве торцевого проходного; *д* – проходной прямой в качестве торцевого проходного; *е* – упорный взамен торцевого подрезного

2.1.3. РЕЗЦЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Резцы для обработки отверстий делятся на *расточные проходные* (рис. 5, а), *расточные упорные* (рис. 5, б) и *расточные подрезные* (рис. 5, в). Назначение этих резцов то же, что и соответствующих резцов для обработки наружных поверхностей.

В связи с тем, что такие резцы имеют значительно больший вылет l из резцедержателя и меньшее поперечное сечение, характеризуемое диаметром d_p оттянутой части, по сравнению с резцами для обработки наружных поверхностей они имеют низкую жесткость.

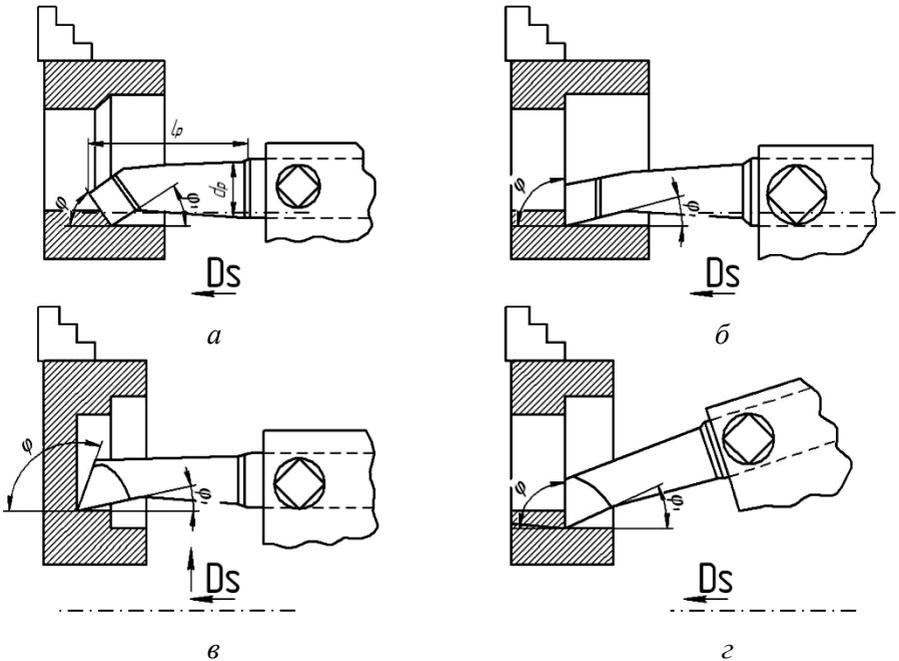


Рис. 5. Расточные резцы:

- а – расточной проходной; б – расточной упорной;
- в – расточной подрезной;
- г – расточной подрезной в качестве упорного

Это приводит к необходимости более тщательного выбора конструкции и геометрии резцов и во многих случаях снижения режима резания.

При выборе расточных резцов следует ориентироваться на резцы с возможно меньшей l_p и большим d_p .

Всё отмеченное ранее о влиянии главного угла в плане φ на работу резцов в этом случае приобретает особое значение. У стандартных расточных проходных резцов главный угол в плане φ увеличен по сравнению с другими проходными резцами и обычно делается равным 60° . В некоторых случаях его целесообразно увеличивать до $\varphi=90^\circ$, то есть применять упорные резцы даже при обработке сквозных отверстий. Опыт показывает, что увеличение φ до более высоких значений эффекта не даёт. Иначе говоря, применять подрезные резцы с целью уменьшения радиальной составляющей силы резания p_y не имеет смысла. При применении подрезных резцов, у которых $\varphi=95^\circ\div 105^\circ$, ухудшаются условия стружкообразования, растут силы резания, что приводит к увеличению «отжимов» и возникновению вибраций.

Расточные подрезные резцы с $\varphi>90^\circ$ следует применять только для чистовой обработки и подрезки уступов в ступенчатых и глухих отверстиях. При обработке отверстий с большой длиной, как правило, применяются резцы упорные. Вообще говоря, расточные упорные резцы с $\varphi=90^\circ$ стандартами не предусмотрены, потому что резцы подрезные (с $\varphi>95^\circ$) легко трансформируются в упорные, как это показано на рис. 5, з.

2.1.4. РЕЗЦЫ ДЛЯ ОТРЕЗКИ

Отрезные резцы одной из конструкций имеют оттянутую головку (рис. 6), которая оснащается пластинкой из какого-либо инструментального материала (чаще - твердого сплава), при этом головка может быть оттянутой влево (рис. 6, а и б), оттянутой вправо (рис. 6, в) и оттянутой симметрично (рис. 6, з).

Стандартные отрезные резцы имеют головку, оттянутую влево, они чаще всего применяются на практике.

Соотношение размеров головки резца определяется зависимостью

$$l_p = a + \dots,$$

где l_p – длина головки резца, a – ширина головки, равная длине главной режущей кромки, при этом принято, что $a \approx 0,1D$, где D – диаметр отрезаемой заготовки.

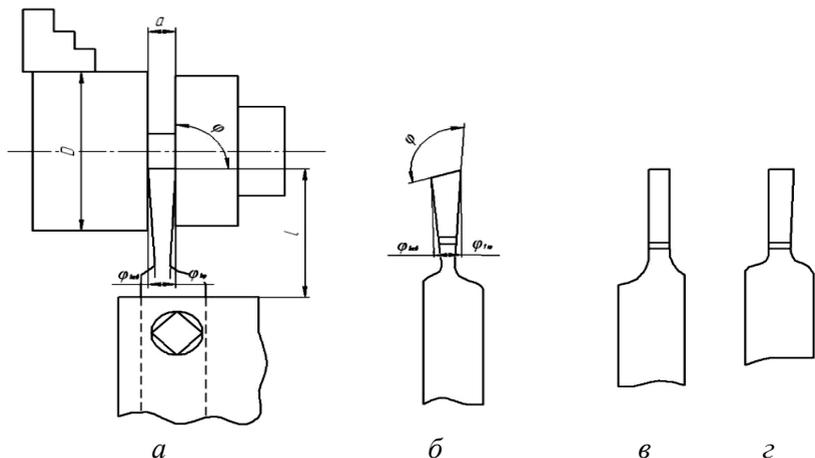


Рис. 6. Отрезные резцы:

а – схема отрезки резцом с головкой, оттянутой влево; *б* – отрезной резец с головкой, оттянутой влево с $\varphi > 90^\circ$; *в* – отрезной резец с головкой, оттянутой вправо; *г* – отрезной резец с симметричной головкой

Другая распространенная конструкция резцов предусматривает цельную головку в виде пластины из быстрорежущей стали, приваренную к боковой поверхности державки. Эта конструкция имеет головку, смещенную влево. Соотношение размеров головки резцов с $a = 1,5 \div 3$ мм определяется зависимостью $l_p = 4a$, а для резцов с $a \geq 3$, как и в первой конструкции.

2.1.5. ВЫБОР ТИПОРАЗМЕРА РЕЗЦА

Размеры головки и державки оказывают большое влияние на жесткость, прочность и стойкость инструмента. Все основные размеры резцов стандартизированы.

Поэтому после выбора типа резца необходимо из числа рекомендованных соответствующим стандартом (или по приложению 2 настоящего пособия) выбрать такой из них, который обеспечивает наиболее эффективное выполнение операции. Как правило, это резцы с возможно большей площадью поперечного сечения державки ($H \times B$) и меньшей длиной головки (l_p – для расточных и отрезных резцов), или резцы, позволяющие работать при закреплении в резцедержателе

с меньшим вылетом [1]. Следует иметь в виду, что резцедержатель каждого станка рассчитан на закрепление в нём резцов, максимальные размеры поперечного сечения которых ограничены и указаны в паспорте станка.

В связи с этим для обработки торцов целесообразно выбирать резцы, у которых высота державки H равна или несколько меньше величины, допускаемой резцедержателем станка. Державки для твердосплавных резцов должны иметь увеличенную ширину B поперечного сечения, для них предусматривается $H/B=1,0 \dots 1,25$.

Расточные резцы имеют относительно низкую прочность и жесткость, а поэтому к их выбору надо подходить особенно тщательно. Из рекомендуемых стандартом надо выбирать резцы с возможно большим сечением державки (a , следовательно, и диаметром d стержня) и с меньшей длиной l стержня, несущего головку, но с такими размерами, которые обеспечили бы расположение их в обрабатываемом отверстии необходимой длины.

В стандартах на расточные резцы, как правило, есть указание на наименьший диаметр растачиваемого отверстия, которое можно получить резцом данного типоразмера резца. Это облегчает выбор. Подбрав резец по этому параметру, уточняют выбор по глубине растачиваемого отверстия и длине несущего стержня. Остается только проверить, разместится ли резец в резцедержателе станка.

Иногда возникают затруднения, связанные с тем обстоятельством, что стандарты предусматривают резцы для обработки «нормальных» отверстий, т.е. таких, у которых

$$\frac{l_{ome}}{D_{ome}} \leq \dots$$

В том случае, когда

$$\frac{l_{ome}}{D_{ome}} > \dots 4,$$

часто удается использовать стандартные резцы с некоторой их доработкой, заключающейся в увеличении длины l несущего стержня за счёт уменьшения длины квадратного сечения державки обточкой. Естественно, при этом жёсткость резца снизится, что приведет к уменьшению допустимой подачи.

В тех же случаях, когда обрабатывается отверстие большого относительного диаметра:

$$\frac{l_{омг}}{D_{омг}} < 0,0$$

целесообразно использовать резец с максимальным сечением державки (по резцедержателю станка) и укороченной l , несколько большей, чем $l_{омг}$. Применение таких нестандартных резцов может значительно увеличить производительность операции.

Из соотношения между длиной и шириной головки резца видно (см. подраздел 2.1.4), что головки отрезных резцов имеют низкую прочность, хотя условия их работы очень тяжелые. Здесь проявляется осложненное резание, при котором к силам, возникающим непосредственно при образовании стружки, добавляются силы защемления стружки в канавке в процессе отвода из зоны резания. Эти силы иногда превышают силы резания. Поэтому отрезание является одной из трудновыполняемых операций резания. Чтобы избежать поломки резца, необходимо, прежде всего, правильно подобрать его с учётом диаметра отрезаемой заготовки (или детали). Длина головки резца в этом случае должна быть не менее $l_p=0,5D$, но не более $0,5D+5$. Если по каким-либо причинам не удастся подобрать такой резец, то резец с $l_p > 0,5D+5$ будет иметь более низкую производительность в связи с уменьшением допустимой величины подачи.

2.1.6. ВЫБОР МАРКИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Для изготовления режущих инструментов в настоящее время используются быстрорежущие стали, металлокерамические твердые сплавы, эльбор, минералокерамика, алмазы и другие материалы. Минералокерамика и алмазы обладают высокой твердостью и износостойкостью, однако из-за малой прочности на изгиб эти материалы применяются только для чистовых и отделочных видов обработки (тонкое и алмазное точение).

Физико-механические свойства быстрорежущих сталей и твердых сплавов изменяются в широких пределах, что позволяет применять их в различных условиях обработки резанием. Наиболее универсальна быстрорежущая сталь, поэтому она применяется для изготовления всех, и в первую очередь сложных режущих инструментов.

Твердосплавные инструменты обеспечивают значительно большую производительность, поэтому их следует использовать в тех случаях, когда характер резания (работа без резких ударов) и конструкция инструмента позволяют применять твердые сплавы. Статистика показывает, что в металлообрабатывающей промышленности до 80% токарных резцов оснащаются твердыми сплавами.

Марку инструментального материала в зависимости от условий обработки рекомендуется выбирать по таблицам (приложение 2 настоящего пособия).

Головки резцов изготавливаются как одно целое с державкой и оснащаются пластинками из выбранного инструментального материала, либо изготавливаются целиком из быстрорежущей стали (иногда из твердого сплава) и свариваются с державкой.

Формы и размеры пластинок стандартизированы. По форме головки резца подбирается форма пластинки, а по размерам головки и высоте державки H выбираются её размеры, при этом толщина пластинки должна быть $C \approx (0,16 \div 0,20)H$ (приложение 2 настоящего пособия).

2.1.7. ВЫБОР ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ РЕЗЦА

Геометрические параметры режущей части резца выбираются в зависимости от типа резца, марки инструментального материала, механических характеристик обрабатываемого материала, выполняемой операции и условий резания. Этот выбор рекомендуется производить по таблицам, приведенным в приложении 2.

За критерий износа резца принимается износ по задней поверхности h_3 (мм). Средние величины допустимого износа приводятся также в приложении 2.

2.1.8. РАБОЧИЙ ЧЕРТЕЖ РЕЗЦА

Выбрав тип и основные размеры резца, марку инструментального материала и геометрию режущей части, можно приступить к выполнению рабочего чертежа с соблюдением требований стандартов ЕСКД.

При этом целесообразно использовать каталоги режущего инструмента [7], стандарты на соответствующие резцы [12, 13, 14, 15], технические требования при их изготовлении [11] и типовые чертежи резцов, приведенные на рис. 7, 8, 9 и 10.

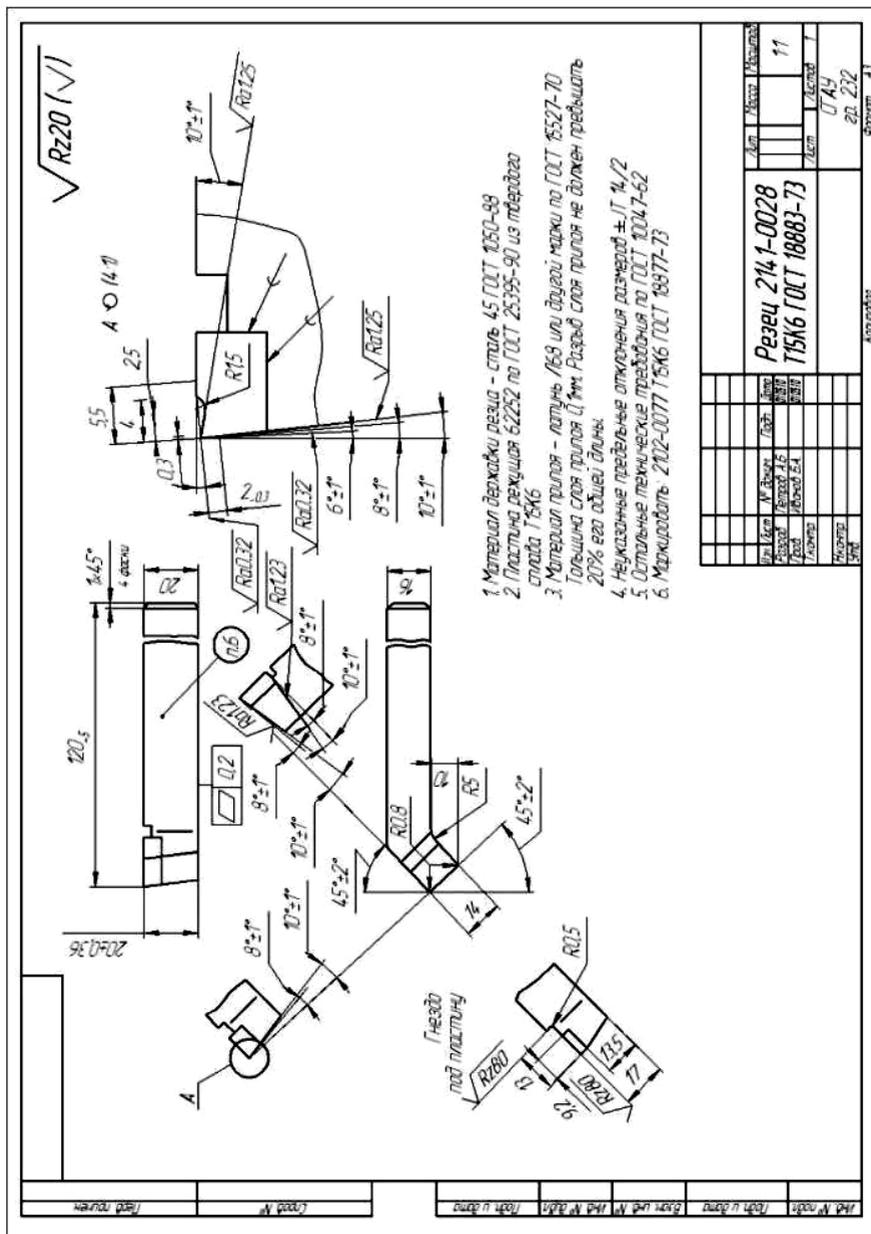
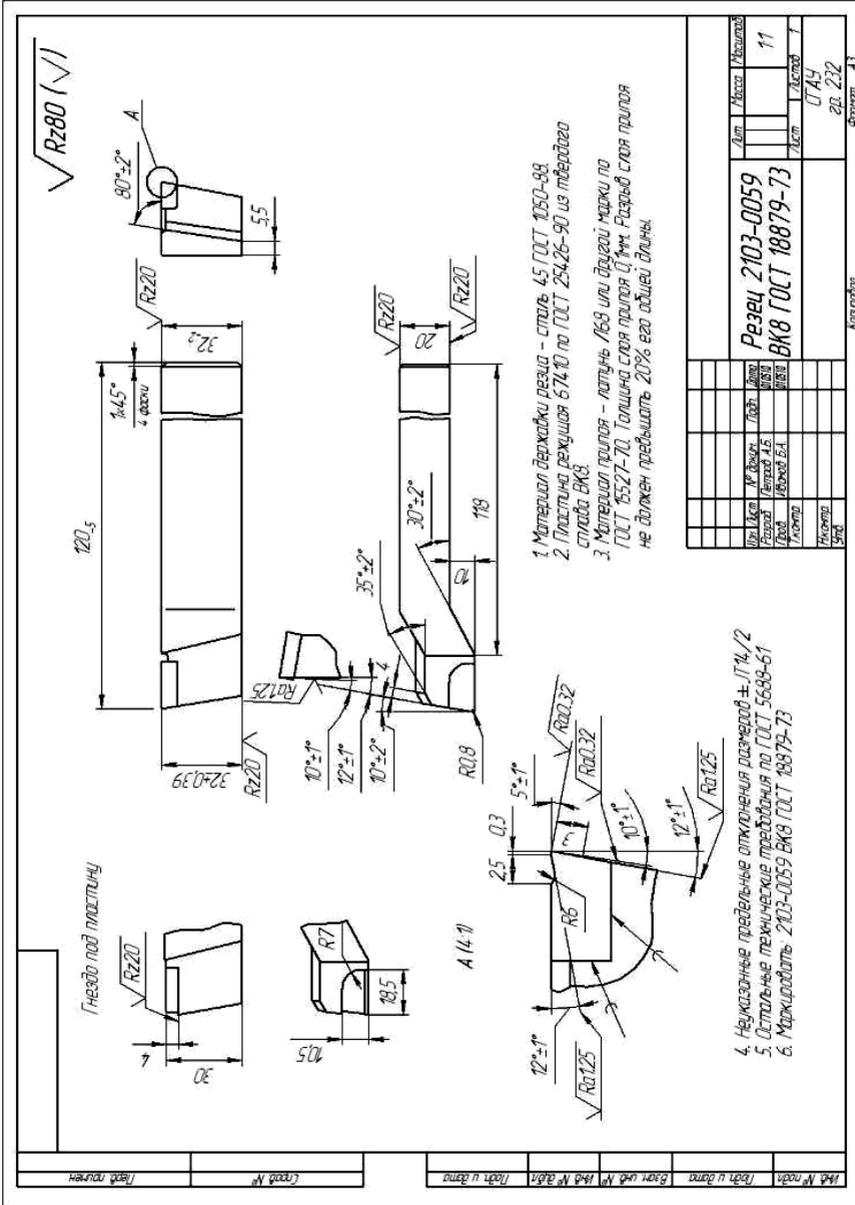


Рис. 7. Прходной резец с отогнутой головкой



1. Материал держалки резца – сталь 45 ГОСТ 1050-88
2. Пластина режущая 674 по ГОСТ 25428-90 из твердого сплава ВК8
3. Материал пропоя – латунь Л63 или другой марки по ГОСТ 6527-70. Толщина слоя пропоя 0,1мм. Разъем слоя пропоя не должен превышать 20% его общей длины.

4. Неуказанные предельные отклонения размеров ± IT14/2
5. Остальные геометрические требования по ГОСТ 5688-61
6. Уточнить 2103-0059 ВК8 ГОСТ 18879-73

| | | | |
|-------------------|------------|------|--------------|
| № документа | Исполнение | Лист | Всего листов |
| Резец 2103-0059 | | 11 | |
| ВК8 ГОСТ 18879-73 | | | |
| Исполнитель | Проверено | Лист | Листов |
| ЭЛ 232 | САУ | | |
| Корректор | Корректор | | |
| | | | Формат А3 |

Рис. 8. Проходной упорный резец

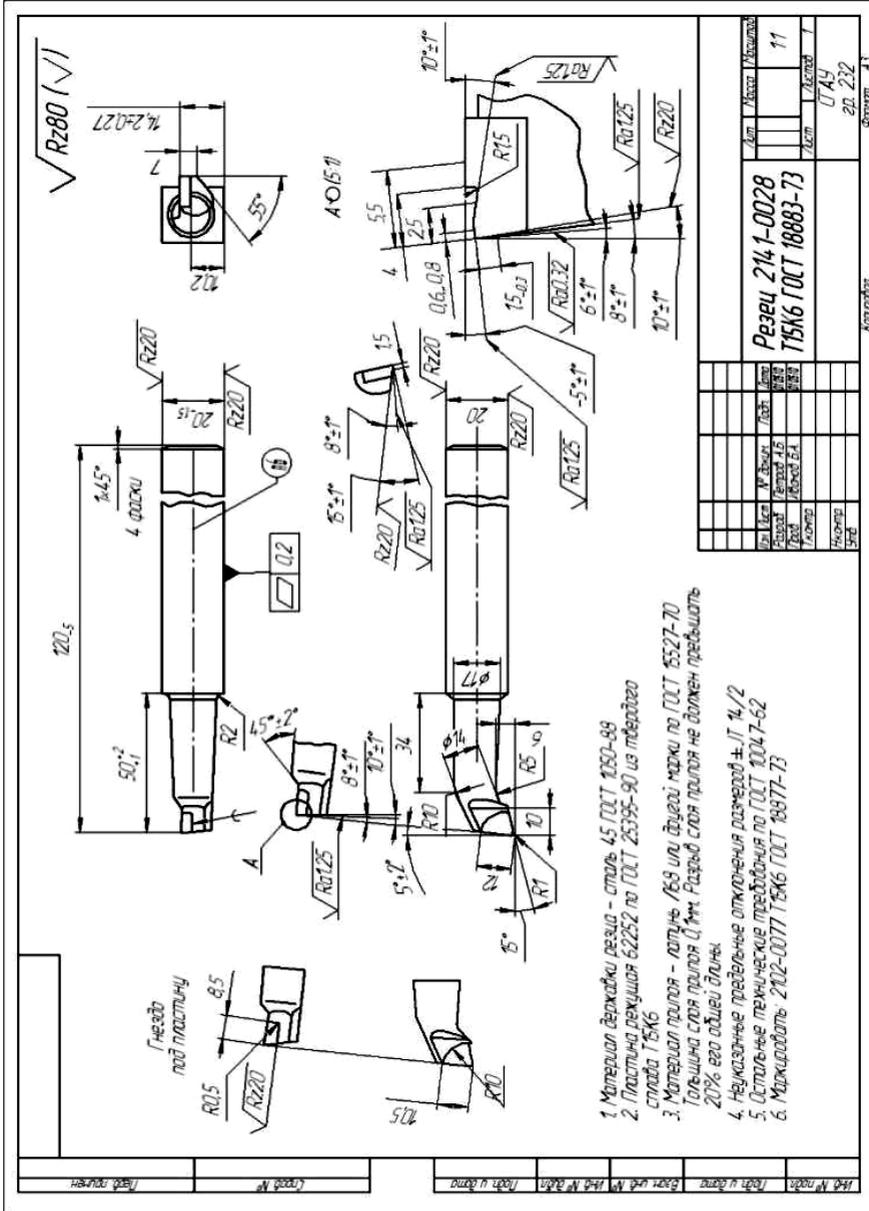


Рис. 9. Расточной резец

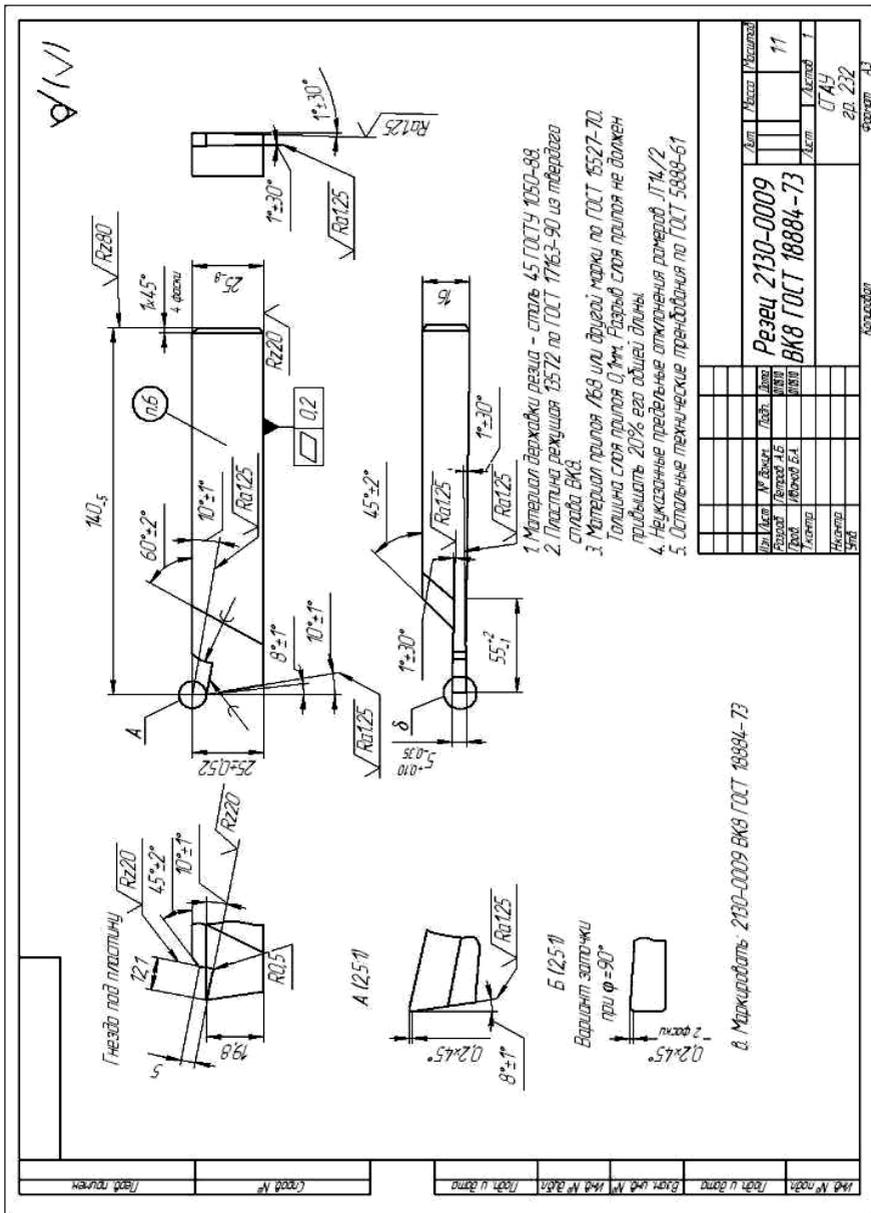


Рис. 10. Отрезной резец

2.2. ВЫБОР ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ

Количество проходов и доля припуска, снимаемого за каждый проход, зависят от целого ряда факторов: точности размеров, формы, шероховатости обрабатываемой поверхности и других факторов. Расчёт величины операционных припусков является задачей технологии машиностроения и здесь не рассматривается.

Общая величина припуска, подлежащего снятию с помощью механической обработки, указывается в задании на работу (размеры поверхности до и после обработки). При выполнении задания можно руководствоваться следующими рекомендациями, вытекающими из опыта промышленности.

При *черновой* обработке с шероховатостью поверхности $R_z > 40$ мкм весь припуск следует снимать за один проход, т.е. принимается, что $t = \Delta$.

При *получистовой* обработке с шероховатостью поверхности $R_z = 4 \div 10$ мкм припуск $\Delta \leq 2$ мм также следует снимать за один проход, т.е. $t = \Delta$. Если припуск превышает 2 мм, то обработку производят в два перехода. При этом глубина резания для второго перехода $t_2 = 0,5 \div 1$ мм, а $t_1 = \Delta - t_2$.

При *чистой* обработке с шероховатостью $R_z = 1,0 \div 6,3$ мкм глубина резания для последнего перехода обычно принимается равной $0,1 \div 0,5$ мм.

Если припуск превышает 0,5 мм, то обработку производят в два или в три прохода при $t_3 = 0,1 \div 0,5$ мм, $t_2 = 0,5 \div 1,9$ мм, $t_1 = \Delta - t_2 - t_3$.

2.3. ВЫБОР ПОДАЧИ

Для достижения наибольшей производительности должна быть выбрана наибольшая возможная подача. Величина подачи ограничивается рядом факторов: шероховатостью обработанной поверхности, прочностью и жесткостью державки резца, прочностью механизма подачи и другими. Следовательно, чтобы установить величину подачи, обеспечивающую наибольшую производительность, необходимо

рассчитать предельные величины подач, допускаемых каждым из этих факторов, и выбрать из них наименьшую.

Подача, обеспечивающая наибольшую производительность при выполнении всех технологических требований, называется наибольшей технологически допустимой. Рассмотрим вопросы выбора подачи более подробно.

2.3.1. РАСЧЕТ ПОДАЧИ ПО ПРОЧНОСТИ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТАНКА

Механизмы подачи металлорежущих станков имеют детали с различной прочностью. Во избежание поломки деталей с наименьшей прочностью в механизмах подач станков предусматриваются предохранительные устройства. Величина предельно допустимой силы Q_{mn} , на которую рассчитано предохранительное устройство, указывается в паспорте станка (приложение 1 настоящего пособия).

Суммарная сила сопротивления перемещению суппорта Q не должна превышать Q_{mn} :

$$Q < Q_{mn} \quad (2.1)$$

и может быть определена следующим образом:

– для продольной обточки и расточки по соотношению

$$Q = P_x + \nu'_x + \nu'_y + \nu'_z;$$

– для торцевой обточки, отрезки и прорезки канавок

$$Q = P_y + \mu'_x + \mu'_z + \mu'_y,$$

где P_z , P_y , P_x – составляющие силы резания (касательная, радиальная и осевая соответственно);

μ – коэффициент трения опорных поверхностей суппорта о направляющие;

G – вес суппорта (включая фартук);

G' – вес частей суппорта, перемещающихся в поперечном направлении.

Коэффициент трения μ в зависимости от типоразмера станка и условий нагружения изменяется незначительно, а величина составляющих P_x и P_y может быть выражена через P_z (как часть от неё). По-

этому с достаточной для практических расчётов степенью точности можно принять:

$$Q = k_1 P_z, \quad (2.2)$$

где k_1 – коэффициент, отражающий характер нагрузки.

В зависимости от геометрии резца для станков с высотой центров 150÷300 мм, $k_1 = 1,33 \div 1,45$ при продольной обточке и расточке; $k_1 = 1,5 \div 1,6$ при торцевой обточке и отрезке.

Большие значения k_1 следует брать при $\gamma \leq 10^\circ$, меньшие – при $\gamma > 10^\circ$.

Сила резания P_z определяется следующим соотношением:

$$P_z = C_{pz} t^{x_{pz}} s^{y_{pz}} v^{z_{pz}}, \quad (2.3)$$

где x_{pz} , y_{pz} , z_{pz} – показатели степени, характеризующие интенсивность влияния соответственно t , s и v на величину P_z ;

C_{pz} – коэффициент, отражающий влияние условий обработки на силу резания (обрабатываемого материала, материала и геометрии инструмента и других факторов).

Коэффициент C_{pz} определяется произведением:

$$C_{pz} = C'_{pz} K_{\varphi,z} K_{\gamma,z} K_{\lambda,z} K_{r_{pz}} K_{M_{pz}} K_{h_{pz}}, \quad (2.4)$$

где C'_{pz} – коэффициент для условий, принятых при разработке нормативных материалов;

$K_{\varphi,z}$, $K_{\gamma,z}$, $K_{\lambda,z}$, $K_{r_{pz}}$, $K_{M_{pz}}$, $K_{h_{pz}}$ – коэффициенты, учитывающие изменение реальных условий обработки по сравнению с теми, при которых определялся коэффициент C'_{pz} (т.е. реальную геометрию резца – φ , γ , λ , r , величину его износа h_3 и механические свойства обрабатываемого материала).

Величина показателей степени x_{pz} , y_{pz} , z_{pz} и коэффициента C'_{pz} в зависимости от группы, в которую входит марка обрабатываемого материала, выбирается по таблицам (приложения 3, 4, 5, 6 и 7 настоящего пособия). Если в нормативных материалах не указан показатель

степени z_{pz} , он принимается равным нулю. Это означает, что в данном случае считается, что скорость резания не влияет на силу резания.

Величины поправочных коэффициентов ($K_{\varphi_{pz}}$, $K_{\gamma_{pz}}$ и др.) выбираются по таблицам, приведенным в приложениях 3, 4, 5, 6 и 7 настоящего пособия.

Следует иметь в виду, что в настоящее время наиболее полно исследована обрабатываемость конструкционных и легированных сталей и чугуна, поэтому для этих групп материалов в нормативах указано наибольшее количество поправочных коэффициентов $K_{\varphi_{pz}}$, $K_{\gamma_{pz}}$, $K_{\lambda_{pz}}$, $K_{r_{pz}}$, $K_{M_{pz}}$, $K_{h_{pz}}$. Если какой-либо поправочный коэффициент в нормативах отсутствует, его следует принимать равным единице. Например, для углеродистых сталей $K_{h_{pz}}=1$. Подставив соотношения (2.2) и (2.3) в выражение (2.1) и решив полученное уравнение относительно подачи, получим

$$S_1 = \sqrt[pz]{\frac{Q_{МП}}{k_1 C_{pz} t^{x_{pz}} v^{z_{pz}}}} \quad (2.5)$$

При решении (2.5) следует учитывать, что на этой стадии расчёта скорость резания еще неизвестна, поэтому при обработке твердосплавным инструментом углеродистых, легированных, нержавеющей и жаропрочных сталей $\sigma_g=500\div 1000$ МПа предварительно её можно принять равной 60÷100 м/мин; при обработке жаропрочных и титановых сплавов – 30÷50 м/мин; при обработке алюминиевых и медных сплавов – 300÷400 м/мин. При обработке тех же материалов быстрорежущими резцами скорость резания следует уменьшить в 2÷3 раза.

2.3.2. РАСЧЕТ ПОДАЧИ ПО ПРОЧНОСТИ ДЕРЖАВКИ РЕЗЦА

Резец можно считать балкой, защемленной одним концом и нагруженной на другом тремя силами: P_z – касательной составляющей, P_y – радиальной составляющей, P_x – осевой составляющей, создающими сложное напряженно-деформированное состояние в державке резца (рис. 11).

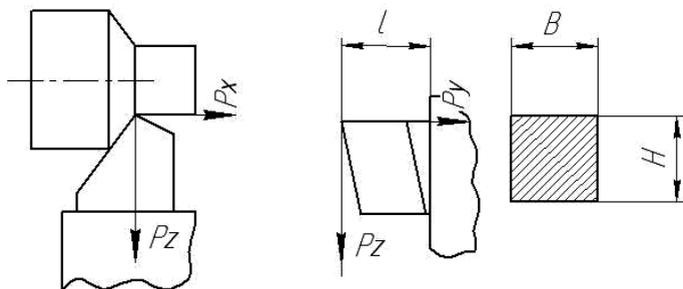


Рис. 11. Составляющие силы, действующей на резец

Опыт показывает, что с достаточной для практики точностью прочность резца может быть рассчитана по силе P_z с введением в расчётное уравнение коэффициента, учитывающего сложное нагружение. При этом расчётное уравнение имеет вид

$$\sigma = \frac{k_2 P_z l}{W} \leq \sigma_{\text{доп}} \quad (2.5)$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий характер нагрузки резца (при продольной и торцевой обточке $k_2=1,3 \div 1,5$; при расточке $k_2=1,5 \div 2$; при отрезке $k_2=1$);

P_z – касательная, составляющая силы резания, H ;

l – расстояние от точки приложения силы до опасного сечения (для большинства типов резцов это расстояние от вершины до резцедержателя (вылет), для расточных резцов – расстояние от вершины до перехода цилиндрической или конусной части в призматическую часть, а для отрезных резцов – длина головки), $мм$;

W – момент сопротивления сечения, $мм^3$ (для прямоугольного сечения $W = \frac{3H^2}{6}$, для круглого $W = \frac{\pi^3}{32} = 0,1d^3$);

$[\sigma_u]$ – допускаемое напряжение на изгиб материала, державки резца, $[\sigma_u] = 2503 \div 300 \text{ МПа}$.

Если выражение для составляющей силы P_z , рассчитанное по выражению (2.3), подставить в (2.5) и решить относительно s , то получим

$$S_2 \leq \sqrt[p_z]{\frac{W \sigma_{\dots}}{k_2 C_{p_z} t^{x_{p_z}} v^{z_{p_z}}}}. \quad (2.6)$$

2.3.3. РАСЧЕТ ПОДАЧИ ПО ЖЕСТКОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В СВЯЗИ С ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ

В процессе обработки под действием сил резания детали узлов станка и приспособления, инструмент и обрабатываемая деталь (система СПИД) деформируются и смещаются относительно друг друга. Это приводит к изменению взаимного расположения детали и вершины резца, определяющего геометрическую форму и размеры обработанной поверхности. Решающее влияние на точность обработки оказывает изменение взаимного расположения обрабатываемой детали и резца в горизонтальной плоскости, т.е. в направлении действия радиальной силы P_y :

$$P_y = \gamma_{p_y} t^{x_{p_y}} s^{y_{p_y}} v^{z_{p_y}}. \quad (2.7)$$

Значения x_{p_y} , y_{p_y} , z_{p_y} и C_{p_y} определяются так же, как аналогичные величины для составляющей P_z .

Отношение действующей силы к величине смещения (прогиба) называется жесткостью, т.е. $j = \gamma / y$ (Н/мм), а величина, обратная ей, – податливостью, т.е. $1/j = \gamma / P_y$ (мм/Н).

Суммарное относительное смещение детали и вершины резца в горизонтальной плоскости y будет складываться из смещения детали y_d в результате её прогиба, взаимного суммарного смещения детали и вершины резца y_{cm} , вызванного изменением положения узлов станка и изменения положения вершины резца в связи с его деформацией:

$$\sum y = y_d + y_{cm} + y_p = P_y \left\{ \frac{1}{j_d} + \frac{1}{j_{cm}} + \frac{1}{j_p} \right\}.$$

На рис. 12, 13 и 14 показаны схемы деформации при точении.

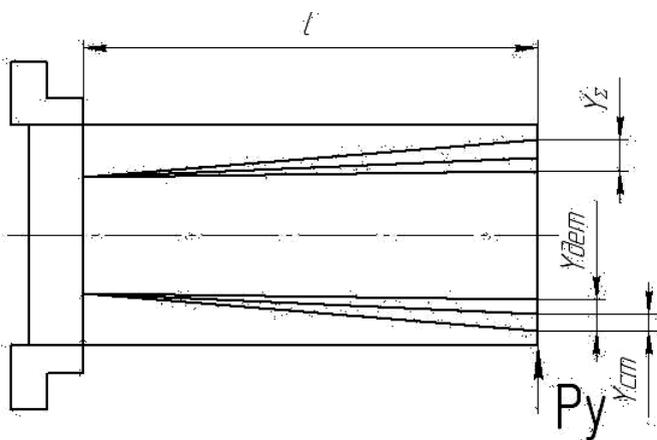


Рис. 12. Точение консольно закрепленной заготовки

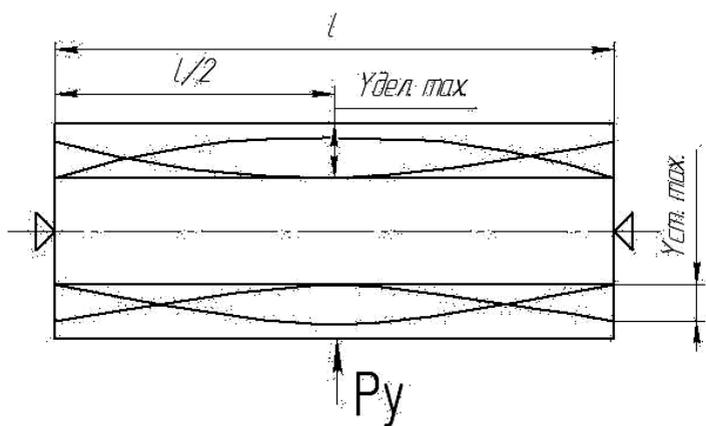


Рис. 13. Точение заготовки в центрах

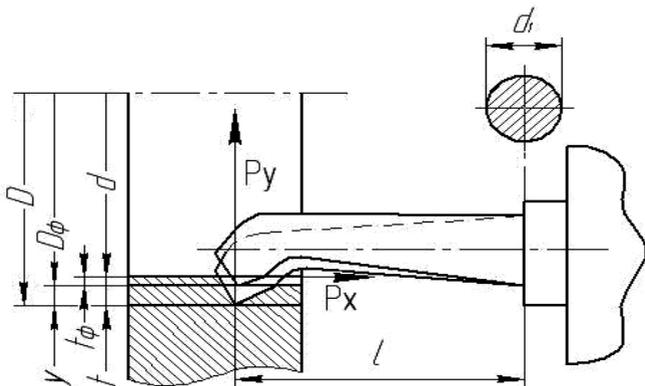


Рис.14. Растачивание отверстия

Для обработки детали с погрешностью, не превышающей заданный допуск δ , необходимо выполнить следующее условие:

$$P_y \left(\frac{1}{i_\delta} + \frac{1}{j_{cm}} + \frac{1}{j_p} \right) \leq K_5 \frac{\delta}{2}, \quad (2.8)$$

где K_5 – коэффициент, показывающий, в какую часть допуска должна укладываться погрешность, вызванная деформацией детали, узлов станка и резца, $K_5=0,7 \div 0,8$.

Подставив выражение (2.7) в уравнение (2.8) и решив последнее относительно s , получим

$$S_3 \leq \sqrt{\frac{K_5 \delta}{2C_{p_y} t^{x_{p_y}} v^{z_{p_y}} \left[\frac{1}{i_\delta} + \frac{1}{j_{cm}} + \frac{1}{j_p} \right]}} \quad (2.9)$$

Известно, что податливость детали и узлов станка в процессе обработки является переменной величиной и в каждый момент зависит от места нахождения точки приложения силы (вершины резца) по длине обрабатываемой детали.

Однако при расчёте наибольших подач (допустимых требуемой точностью детали) необходимо знать не закон изменения податливости, а только разность её экстремальных значений, характеризующих переменную часть податливости, которая не может быть учтена перед

обработкой. Постоянная же часть податливости, не зависящая от положения вершины резца на длине детали, может быть учтена при взятии пробной стружки или при поднастройке станка перед обработкой следующей детали.

Так как минимальная податливость детали (равная нулю) наблюдается в момент, когда резец находится против опоры, разность экстремальных значений податливости детали будет определяться известным выражением для максимальной податливости:

$$\frac{1}{j_0} = \frac{L^3}{k_3 J E}, \quad (2.10)$$

где J – момент инерции наиболее опасного сечения детали, выбранного с учетом способа закрепления (для сплошного сечения $J=0,05D^4$, для кольцевого сечения $J=0,05(D^4-d^4)$;

L – свободная длина детали, мм;

K_3 – коэффициент, учитывающий влияние способа закрепления детали (при закреплении в патроне $K_3=3$, в центрах – 70, в патроне с поджатием центром задней бабки – 100);

E – модуль упругости материала обрабатываемой детали, величина которого приводится в приложениях 3, 4, 5, 6, 7 (настоящего пособия).

На основании проведенных эмпирических исследований приведенная разность экстремальных значений податливости станка с учетом податливости узлов может быть определена по формуле

$$\frac{1}{j_{cm}} = 1,000025 K_4 \sqrt[3]{\frac{200}{H_u}}, \quad (2.11)$$

при закреплении детали в центрах и в патроне с поджатием задним центром коэффициент $K_4 = -1,0$, где знак «-» учитывает конкурирующее влияние смещений на погрешность обработки, при закреплении детали в патроне $K_4 = 1,03L$, где L – вылет детали из патрона, мм; H_u – высота центров станка, мм.

Следует иметь в виду, что в соотношении (2.9) результат расчёта приведенной податливости (результат в скобках) во всех случаях принимается положительным (со знаком «+»).

При обточке наружных поверхностей проходной резец, обычно закрепленный в резцедержателе станка с вылетом $l < 3H$, обладает высокой жесткостью в направлении действия P_y по сравнению с другими компонентами системы СПИД и поэтому его податливость

$$\frac{1}{j_p} = 1.$$

При обработке внутренних поверхностей (рис. 11) вылет резцов зависит от глубины обрабатываемого отверстия и может быть достаточно большим. В связи с этим жесткость резца, как правило, оказывается значительно ниже жесткости других компонентов системы СПИД и поэтому определяет величину подачи, т.е. можно принять

$$\frac{1}{j_d} + \frac{1}{j_{cm}} = 1.$$

Расчеты показывают, что решающее влияние на погрешности диаметра отверстия оказывает величина деформации в горизонтальной плоскости y в направлении действия силы P_y , а сила P_x обуславливает уменьшение деформации в горизонтальной плоскости. Поэтому можно считать, что для обеспечения заданной точности достаточно, чтобы величина y не превышала допустимую погрешность. Поэтому можно записать:

$$\frac{1}{j_p} = \frac{l^3}{3J_p E_p}, \quad (2.12)$$

где l – вылет резца из резцедержателя, если державки резца имеет круглое сечение по всей длине или расстояние от вершины резца до перехода круглого сечения призматическое;

$E_p = 20000 \text{ МПа}$ – модуль упругости материала державки резца;

J_p – момент инерции поперечного сечения державки резца, для прямо-

угольного сечения $j_p = \frac{4B^3}{32}$, для круглого $j_p = \frac{\pi^4}{64} = 0,05d_p^4$ (если

круглое сечение переходит в прямоугольное, то расчет производится по наибольшему диаметру круглого сечения d_l).

2.3.4. РАСЧЕТ ПОДАЧИ ПО ЗАДАННОЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Величина неровностей на обработанной поверхности зависит от элементов режима резания, геометрии режущего инструмента, рода обрабатываемого материала и применяемой СОЖ. Величина подачи, обеспечивающая изготовление детали с допусковой шероховатостью, может быть определена по выражению

$$S_4 \leq \frac{C_s R_z^y r^n \gamma^{1,3} \alpha^{2,5}}{t^x \varphi \varphi_1^z h_3^{0,2}} K_s, \quad (2.13)$$

где C_s , n , x , y , z – коэффициент и показатели степени, зависящие от рода обрабатываемого материала (приведены в табл. 1);

R_z – высота шероховатости обработанной поверхности по ГОСТ 2789-73 (указана в задании), *мкм*;

r – радиус закругления вершины резца, *мм*;

φ и φ_1 – главный и вспомогательный углы в плане, град.;

γ – передний угол ($\gamma > 0$), град.;

α – задний угол ($\alpha > 0$), град.;

h_3 – величина износа резца по задней поверхности ($h_3 > 0$), *мм*;

K_s – коэффициент, учитывающий группу труднообрабатываемых материалов (приложение 4 настоящего пособия).

Таблица 1. Значения коэффициентов и показатели степеней в формуле (2.13)

| Обрабатываемый материал | C_s | n | x | y | z |
|-----------------------------------|-------|------|------|------|------|
| Сталь и др. пластичные материалы | 0,007 | 0,7 | 0,3 | 1,4 | 0,35 |
| Чугун, бронза, алюминиевые сплавы | 0,01 | 0,75 | 0,25 | 1,25 | 0,5 |

2.3.5. ВЫБОР НАИБОЛЬШЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОЙ ПОДАЧИ

Из найденных значений подачи по ограничивающим факторам выбираем наименьшее. Эту величину сравниваем со значениями подачи для данного станка (приложение 1 настоящего пособия) и выбираем ближайшую меньшую s_0 , которая и будет наибольшей технологиче-

ски допустимой подачей. Однако наименьшая рассчитанная величина подач может оказаться меньше величины наименьшей подачи станка. В этом случае необходимо проанализировать, каким путём можно увеличить меньшую величину расчетных подач до величины, равной или несколько большей минимальной подачи станка.

Если, например, наименьшая из расчетных величин подач найдена по заданной шероховатости обработанной поверхности, то это свидетельствует о неудачном выборе геометрии резца, которую следует изменить, увеличив r (γ , α) или уменьшив ϕ и ϕ_l . При этом необходимо помнить, что изменение геометрии резца вызывает изменение сил резания и, следовательно, результатов расчётов подач по всем ограничивающим факторам. Однако производить расчёты повторно не следует, достаточно убедиться в том, что та из подач, которая была ближайшей большей, не оказалась наименьшей.

2.4. ВЫБОР СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ (СКОРОСТНОЙ СТУПЕНИ СТАНКА)

Скорость резания, *м/мин*, рассчитывается из условия полного использования режущих свойств инструмента по соотношению (1.6):

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v}} \quad (2.14)$$

Зная скорость резания, диаметр заготовки и используя (1.7), можно определить частоту вращения заготовки по выражению (1.8):

$$n = \frac{1000 C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v} \pi d} \quad (2.15)$$

где C_v – коэффициент, характеризующий реальные условия,

$$C_v = C'_v k_\phi k_{\phi_l} k_r k_{q_v} k_{u_v} k_{c_v} k_{n_v} k_{M_v} k_{O_v};$$

C'_v – коэффициент, характеризующий условия обработки; $k_\phi; k_{\phi_l}; k_r; k_{q_v}; k_{u_v}; k_{c_v}; k_{n_v}; k_{M_v}; k_{O_v}$ – поправочные коэффициенты, учитывающие изменение реальных условий обработки по сравнению с теми, при которых определялся коэффициент C' (реальную геометрию резца ϕ , ϕ_l и r , сечение державки q , марку инструментального

материала C , состояние поверхностного слоя обрабатываемой заготовки n , марку обрабатываемого материала M и качество смазывающе-охлаждающей жидкости). При отсутствии в нормативных документах любого из перечисленных коэффициентов он принимается равным единице;

T – оптимальная стойкость инструмента (указана в задании);

t – глубина резания, мм;

s_0 – наибольшая технологическая допустимая подача, мм/об;

D – диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

m, m_x, y_v – показатели степени, характеризующие влияние T, t и S на скорость резания.

Численные значения поправочных коэффициентов приводится в приложениях 3, 4, 5, 6 и 7 настоящего пособия.

Определив расчетную частоту вращения заготовки по выражению (2.17), необходимо согласовать её с возможностями станка, т.е. выбрать из имеющихся на заданном станке (приложение 1 настоящего пособия) такую ближайшую к расчётной скоростную ступень шпинделя, которая будет обеспечивать наиболее полное использование режущих свойств инструмента и, следовательно, наибольшую производительность.

На станке с бесступенчатым регулированием частота вращения шпинделя n_{min} (например, станок 1620) принимается равной n . Наивыгоднейшим будет режим при t, s_0 и n . При этом режущие свойства инструмента будут использованы полностью.

Большинство станков имеет ступенчатый ряд частот вращения шпинделя. Поэтому найденная расчётным путём частота вращения будет находиться между двумя соседними ступенями частот вращения шпинделя n_x и n_{x+1} . С целью достижения наибольшей производительности желательно принять n_{x+1} , так как в этом случае, как вытекает из выражения (1.1) для машинного времени, будет наибольшая минутная подача $s_M = s_0 n_{x+1}$ и, следовательно, наибольшая производительность.

Однако применять n_{x+1} , не изменяя s , нельзя, так как согласно (2.15) это приведет к уменьшению заданной стойкости резца T . Для

того чтобы стойкость сохранилась неизменной при n_{x+1} , необходимо уменьшить подачу, величина которой может быть найдена из выражения (2.15) при n_{x+1} :

$$s' \leq \sqrt{\frac{1000C_v}{T^m t^{x_v} \pi \lambda n_{x+1}}}, \quad (2.16)$$

или по сокращенному выражению

$$s' \leq \sqrt[0]{\frac{n}{n_{x+1}}}. \quad (2.16a)$$

Таким образом, на реальном (заданном) станке следует работать на одном из двух режимов $n_x - S_0$ или $n_{x+1} - s'_0$, которые обеспечивают стойкость резца, равную или несколько больше оптимальной. Выгоднее работать на том из них, который обеспечивает большую производительность или, что то же самое, большую минутную подачу. Поэтому сравним $s_{M_x} = \sqrt{x} S_0$ и $s_{M_{x+1}} = \sqrt{x+1} s'_0$. Ступень, для которой минутная подача окажется большей, будет наивыгоднейшей.

Таким образом, выбраны оптимальные параметры режима резания: t, S_0, n_x или t, s'_0, n_{x+1} .

Рассчитанная по соотношению (2.16) частота вращения может оказаться больше, чем наибольшая частота вращения шпинделя станка $n > n_{\text{шт макс}}$. В этом случае за оптимальную скоростную ступень следует принимать $n_{\text{шт макс}}$. Следовательно, наивыгоднейшим будет режим резания с параметрами $t, S_0, n_{\text{шт макс}}$. Очевидно, что при этом режущие свойства инструмента будут недоиспользованы. Для упрощения в последующем изложении там, где это возможно, индексы опущены и оптимальными приняты t, s, n .

2.5. ПРОВЕРКА ВЫБРАННОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПО КРУТЯЩЕМУ МОМЕНТУ (МОЩНОСТИ) НА ШПИНДЕЛЕ СТАНКА

Шпиндель станка получает вращательное движение от электродвигателя через коробку скоростей, с помощью которой изменяется частота его вращения. Часть мощности при этом затрачивается на

преодоление сил трения в кинематических парах и на опорах. В коробке скоростей, кроме того, имеются слабые звенья, которые не могут обеспечить передачу всей подводимой мощности. Поэтому различной частоте вращения соответствуют различная мощность на шпинделе и крутящий момент. В паспорте станка для каждой скоростной ступени указывается наибольший допустимый крутящий момент или мощность на шпинделе (приложение 1 настоящего пособия). Следовательно, при проверке режима резания следует убедиться в том, что мощность или крутящий момент на шпинделе при выбранной скоростной ступени достаточны для реализации назначенного режима резания (t , s и n).

При этом необходимо, чтобы:

$$N_{un} \geq \sqrt{P_{рез}} = \frac{C_{Pz} t^{x_{Pz}} s^{y_{Pz}} v^{1+Pz}}{60} \quad (2.17)$$

или

$$M_{un} \geq M_{P_{рез}} = \frac{C_{Pz} t^{x_{Pz}} s^{y_{Pz}} v^{z_{Pz}} D}{2 \cdot 1000} \quad (2.18)$$

Если одно из этих условий выполняется, то расчет заканчивается.

Однако в ряде случаев условия (2.17) или (2.18) не выполняются и тогда для реализации выбранного режима резания мощность на шпинделе станка будет недостаточна (станок «слабее» резца). В этих случаях скоростная ступень определяется из условия максимального использования возможностей станка. При этом по выражению (2.18) определяется $M_{P_{рез}}$ для t , s_0 и n_x . Найденная величина $M_{P_{рез}}$ будет находиться между значениями $M_{un\ y+1}$ и $M_{un\ y}$, которым соответствуют скоростные ступени n_{y+1} и n_y , т.е.

$$M_{un\ y+1} < M_{P_{рез}} < M_{un\ y}$$

Работа на ступени n_{y+1} возможна только при $s'' < s_0$. Величину s'' можно определить из уравнения (2.18):

$$s' \leq \sqrt[2]{\frac{2 \cdot 1000 M_{un\ y+1}}{D C_{Pz} t^{x_{Pz}} v^{z_{Pz}}}} < 0 \quad (2.19)$$

Найденную величину S'' нужно сравнить с паспортными значениями и выбрать из них ближайшую меньшую S'' .

Для работы на скоростной ступени n_y должна быть использована величина S_0 . Следовательно, имеем два режима, которые сравниваем по минутным подачам:

$$S_{M_y} = {}_y^1 S_0,$$

$$S_{M_{y+}} = {}_{y+}^1 S'_0.$$

Наивыгоднейшим режимом будет тот, которому соответствует большая минутная подача. На режиме резания (t, s_0, n_y или t, s'_0, n_{y+}) будут полностью использованы возможности станка, но недоиспользованы режущие свойства инструмента.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАШИННОГО ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ И НЕКОТОРЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Машинное время, необходимое для обработки заданной поверхности детали, определяется по соотношению (1.1) с учетом реального пути режущего инструмента, который больше длины обрабатываемой поверхности на величину врезания инструмента и на некоторую величину его перебега:

$$T_{\text{маш}} = \frac{l_1 + l_2}{ns} i, \quad (3.1)$$

где l – размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм;

l_1 – величина врезания резца, мм, $l_1 = r \cdot \operatorname{tg} \varphi$ (при $\varphi = 90^\circ$ принимают $l_1 = 0,5$ мм);

l_2 – величина перебега резца, зависящая от ряда факторов.

При выполнении домашнего задания можно принять $l_2 = l + 0,2t$ и округлять с точностью до 0,5 мм.

Как отмечалось выше, обычно металлорежущие станки имеют ступенчатое регулирование частот вращения шпинделя (кроме некоторых моделей станков) и величин подач, поэтому расчетные n и s приходится округлять до ближайших, имеющихся на станке. Поэтому реальная производительность станка меньше той, которую может обеспечить режущий инструмент, особенно когда станок оказывается «слабее» режущего инструмента.

Коэффициент использования режущих свойств инструмента может быть определен следующим образом:

$$K_u = \frac{ns}{n_p s_p}, \quad (3.2)$$

где n и s – соответственно частота вращения шпинделя и величина подачи, принятые в качестве наивыгоднейших;

n_p и s_p - частота вращения шпинделя и величина подачи, полученные расчетом из условия полного использования режущих свойств инструмента (n_p равна величине, полученной по соотношению (2.15), s_p равна той величине подачи, которая подставлялась в это соотношение).

В связи с тем, что расчет наиболее выгодного режима резания производится с учётом полного использования режущих свойств инструмента при заданной модели станка, мощность станка часто недоиспользуется.

Коэффициент использования станка по мощности определяется по соотношению

$$K_c = \frac{N_{рез}}{N_{ин}} = \frac{M_{рез}}{M_{ин}}, \quad (3.3)$$

где $M_{рез}$ – момент резания, определяемый по соотношению (2.18); $M_{ин}$ – момент на шпинделе станка при принятой частоте его вращения.

4. ПРИМЕР АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Пусть необходимо произвести расчет наивыгоднейшего режима резания при обточке вала, изображённого на рис. 15.

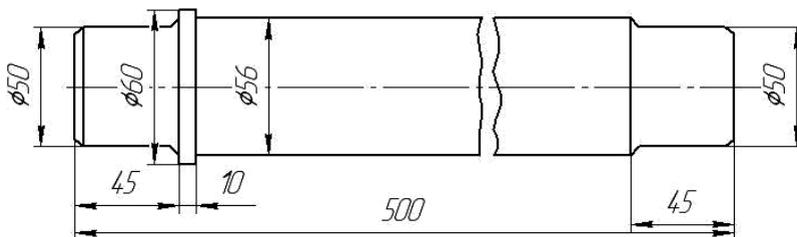


Рис. 15. Чертеж вала

Все необходимые для расчёта исходные данные указаны в табл. 2.

Таблица 2

| | |
|---|----------------|
| Вариант | I |
| Материал изделия | IX18H9T |
| Состояние материала | 3 |
| Состояние обрабатываемой поверхности | Без корки |
| Размер поверхности до обработки | \varnothing |
| Размер поверхности после обработки | \varnothing |
| Допуск на изготовление размера | h8 |
| Шероховатость поверхности после обработки | Rz 40 |
| Модель станка | IK62 |
| Закрепление заготовки | Центры |
| Материал резцов | Твердый сплав |
| Стойкость резцов | 45 |
| Охлаждение | Без охлаждения |

Выбор типа резца, его основных размеров и геометрии

Выбор типа и конструкции резца, его основных размеров, марки инструментального материала пластинки для его оснащения и геометрии заточки производится с использованием приложений. По приложению 4 найдем, что обрабатываемый материал относится к труднообрабатываемым коррозионно-стойким, жаростойким хромоникелевым сталям группы III. В закаленном состоянии сталь IX18Н9Т имеет $\sigma_{\sigma} \geq 540 \text{ МПа}$. По данным приложения 2 настоящего пособия находим, что при чистовой и получистовой обработке таких сталей рекомендуется применять твердый сплав марки ВК6М (в нормативах иногда рекомендуется ВК8). Обрабатываемая поверхность на заготовке ограничивается уступом, поэтому целесообразно использовать упорный прямой резец.

Станок ИК62 (приложение 1 настоящего пособия) допускает применение резцов с максимальным размером сечения державки $B \times H = 25 \times 25$, поэтому по приложению 2 настоящего пособия выбирается резец с параметрами: $B \times H = 16 \times 25$, $L = 120 \text{ мм}$. Для оснащения таких резцов рекомендуются твердосплавные пластины формы 07. Так как $C = (0,16-0,20)$, $H = 0,2 \times 25 = 5$, то из этого же приложения видно, что для оснащения резца следует использовать пластину № 0725.

Геометрию заточки резца выбираем по приложению 2 (раздел IV). Форма передней поверхности – плоская с фаской; главный угол в плане $\varphi = 90^{\circ}$; вспомогательный угол в плане $\varphi_l = 10^{\circ}$; радиус при вершине резца $r \approx 0,025(H+B) = 0,025(25+16) \approx 1 \text{ мм}$, передний угол $\gamma = 10^{\circ}$; задний угол $\alpha = 10^{\circ}$; задний вспомогательный угол $\alpha_l = 10^{\circ}$; фаска на передней поверхности $f = 0,015(H+B) = 0,015(25+16) = 0,6 \text{ мм}$; угол на фаске $\gamma_{\phi} = -5^{\circ}$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^{\circ}$; допустимая величина износа $h_3 = 0,4 \text{ мм}$.

Примеры оформления чертежей резцов даны в подразделе 2.1 настоящего учебного пособия на рис. 7, 8, 9, 10.

Выбор глубины резания

Согласно $A = (60-56):2 = 2 \text{ мм}$ $R_z = 40 \text{ мкм}$. При шероховатости обработанной поверхности $R_z = 40-10 \text{ мкм}$ и припуске $t \leq 2$ обработку рекомендуется производить в один переход. Принимаем $t = 2 \text{ мм}$.

Выбор подачи

Расчет подачи по прочности механизма подачи станка производится по соотношению

$$s_1 \leq \sqrt[p_z]{\frac{Q_{МП}}{K_1 C_{p_z} t^{x_{p_z}} v^{z_{p_z}}}}$$

По паспортным данным станка 1К62 (приложение А настоящего пособия) находим

$$Q_{МП} = 530 \text{ Н.}$$

Сталь IX18Н9Т относится к коррозионно-стойким. По приложению Г настоящего пособия находим [4, 5, 6]:

- механические характеристики $E = 200000 \text{ МПа}$; $\sigma_B \geq 550 \text{ МПа}$;
- значения коэффициентов и показателей $C'_{p_z} = 400$; $x_{p_z} = 1,95$;
- $y_{p_z} = 1$; $K_{\varphi_{p_z}} = 1,9$; $K_{r_{p_z}} = 1,05$; $K_{h_{p_z}} = 1,09$.

В соответствии с пп. 2.3.1 для резцов с $\gamma > 0$ принимаем $K_I = 0,45$ и ориентировочно $v = 60 \text{ м/мин}$.

$$\text{Определяем } C_{p_z} = C'_{p_z} K_{\varphi_{p_z}} K_{r_{p_z}} K_{h_{p_z}} = 400 \cdot 1,9 \cdot 1,05 \cdot 1,09 = 500.$$

Таким образом:

$$s_1 \leq \sqrt[75]{\frac{3530 \cdot 50^{0,1}}{0,45 \cdot 3500 \cdot 2^{0,95}}} = 1,102 \text{ мм/об.}$$

Расчет подачи по прочности державки резца производится по формуле

$$S_2 \leq \sqrt[p_z]{\frac{BH^2 \sigma_{\dots}}{k_2 6IC_{p_z} t^{x_{p_z}} v^{z_{p_z}}}}$$

Нами было принято $B = 16 \text{ мм}$; $H = 25 \text{ мм}$; $\sigma_{\dots} = 250 \text{ МПа}$; $K_2 = 1,5$;

$$I = \left(\frac{H}{2} \right) = 5 \text{ мм.}$$

Тогда прочность державки резца составляет:

$$S_2 \leq \sqrt[75]{\frac{16 \cdot 25^2 \cdot 250 \cdot 50^{0,1}}{1,5 \cdot 6 \cdot 35 \cdot 3500 \cdot 2^{0,95}}} = 1,136 \text{ мм/об.}$$

Расчет жёсткости технологической системы в связи с заданной точностью обработки проводится по соотношению

$$S_3 \leq \sqrt[53]{\frac{K_5 \delta}{2C_{p_y} t^{x_{p_y}} v^{z_{p_y}} \left(\frac{L^3}{4EJ} + \frac{1}{j_{cm}} + \frac{1}{j_p} \right)}}$$

Для вала $\varnothing 56h8$ по ГОСТ 2346-82 $\delta = 0,046$ (приложение И настоящего пособия) принимаем $K_5 = 0,75$.

По приложению Г настоящего пособия находим: $C'_{p_y} = 0,760$;
 $x_{p_y} = 1,85$; $y_{p_y} = 1,52$; $z_{p_y} = -0,15$; $K_{\varphi_{2y}} = 1,5$; $K_{r_{p_y}} = 1,11$;
 $K_{h_{p_y}} = 1,35$.

Тогда $C_{p_y} = C'_{p_y} K_{\varphi_{2y}} K_{r_{p_y}} K_{h_{p_y}} = 0,760 \cdot 1,5 \cdot 1,11 \cdot 1,35 = 1,668$.

Податливость детали, закреплённой в центрах,

$$\frac{1}{j_d} = \frac{L^3}{10EJ} = \frac{500^3}{10 \cdot 200000 \cdot 0,05 \cdot 56^4} = 1,00001815.$$

Податливость станка с высотой центров 215 мм при закреплении детали в центрах:

$$\frac{1}{j_{cm}} = 1,000025 K_4 \sqrt[3]{\frac{200}{H_y}} \approx 1,000025 \cdot 0,0 \sqrt[3]{\frac{200}{215}} = 0,0000244.$$

Податливость резца принимаем $\frac{1}{j_p} = 1$.

Тогда жёсткость технологической системы равна

$$s_3 \leq \sqrt[53]{\frac{0,75 \cdot 0,046 \cdot 60^{0,15}}{2 \cdot 206 \cdot 2^{0,85} \cdot (1,00001815 + 1,0000244)}} = 0,83 \text{ мм/об.}$$

Расчет подачи по заданной шероховатости обработанной поверхности проводится по выражению

$$s_4 \leq \frac{C_s R_z^y r^n \gamma^{1,3} \alpha^{25}}{t^x (\varphi \varphi)^z h_3^{0,2}} K_5.$$

Находим, что при обработке стали $C_s = 0,008$; $y = 1,4$; $n = 0,74$; $x = 0,3$; $z = 0,35$. В приложении Г находим $K_5 = 0,6$.

Выбранный резец имеет следующие параметры: $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$;
 $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $r = 1 \text{ мм}$; $h_3 = 0,4 \text{ мм}$.

Следовательно:

$$s_4 \leq \frac{0,008 \cdot 40^{1,4} \cdot 1^{0,7} \cdot 10^{0,3} \cdot 10^{0,25}}{2^{0,3} \cdot 10 \cdot 0,35 \cdot 0,4^{0,2}} \cdot 0,6 = 1,269 \text{ мм/об.}$$

Выбор наибольшей технологически допустимой подачи производится сравнением подач: $s_1 \leq 1,102 \text{ мм/об}$; $s_2 \leq 1,136 \text{ мм/об}$; $s_3 \leq 0,83 \text{ мм/об}$; $s_4 \leq 1,269 \text{ мм/об}$.

Из этих подач меньшей является $s_4 = 1,269 \text{ мм/об}$.

Из имеющихся у станка подач следует выбрать равную ей или ближайшую меньшую. Для станка 1К62 (приложение А настоящего пособия) $s_{cm} = 1,26 \text{ мм/об}$. Эта подача будет наибольшей технологически допустимой, т.е. $s_0 = 1,26 \text{ мм/об}$.

Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)

Частота вращения шпинделя станка определяется по соотношению

$$n \leq \frac{1000 C_v}{T^m t^{x_v} S_0^{y_v} \pi}$$

Согласно заданию: $T = 45 \text{ мин}$; $D = 60 \text{ мм}$.

По приложению Г (раздел V) находим: $C'_v = 140$; $x_v = 1,15$; $y_v = 1,15$; $m = 1,25$; $K_\varphi = 1,7$; $K_{\varphi v} = 1,0$; $K_{uv} = 1,0$; $K_{nv} = 1,0$; $K_{Mv} = 1,0$; $K_{Qv} = 1,9$;

Определяем:

$$C_v = C'_v K_\varphi K_{\varphi v} K_{uv} K_{nv} K_{Mv} K_{Qv} = 140 \cdot 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,9 = 51$$

Тогда:

$$n \leq \frac{1000 \cdot 51}{45^{0,25} 2^{0,15} 0,26^{0,15} 3,14 \cdot 60} = 142 \text{ мм/об.}$$

Для станка 1К62 (приложение А настоящего пособия) $n_x = 315 \text{ об/мин}$; $n_{x+1} = 400 \text{ об/мин}$.

Сравним минутные подачи для этих ступеней:

$$s_x = s'_0 n_x \quad \text{и} \quad s_{x+1} = s'_0 n_{x+1}$$

$$s' = s_0^{0,15} \sqrt[0,15]{\frac{n}{n_{x+}}} = 1,26 \cdot \sqrt[0,15]{\frac{342}{400}} = 1,091 \text{ мм/об.}$$

Ближайшая меньшая подача, имеющаяся на станке:

$$s'_c = 1,84 \text{ мм/об, } s_x = 1,26 \cdot 315 = 1,9 \text{ мм/об. ;}$$

$$s_{x+} = 1,084 \cdot 400 = 3,6 \text{ мм/об.}$$

$$s_{x+1} < s_x.$$

Таким образом, наивыгоднейший режим резания будет при следующих параметрах: $t=2\text{мм}; s=0,26 \text{ мм/об}; n=315 \text{ об/мин.}$

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 315}{1000} = 19,3 \text{ м/мин.}$$

Проверка выбранного режима резания по крутящему моменту (мощности) на шпинделе станка

Условие проверки: $M_{рез} \leq M_{ун}$.

$$M_{рез} = 0,0005 C_{pz} t^{x_{pz}} s_0^{y_{pz}} V^{z_{pz}} D =$$

$$= 1,0005 \cdot 3500 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,26^{0,75} \cdot 59,3^{0,1} \cdot 60 = 49 \text{ Н·м,}$$

$$M_{рез} = 49,0 \text{ Н·м} \leq M_{ун} = 255 \text{ Н·м.}$$

Следовательно, станок может выполнить выбранный режим.

Расчет мощности, затрачиваемой на процесс резания

Мощность, затрачиваемая на процесс резания, определяется по следующему выражению:

$$N_{рез} = \frac{C_{pz} t^{x_{pz}} s_0^{y_{pz}} V^{1+z_{pz}}}{60} = \frac{3500 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,26^{0,75} \cdot 59,3^{0,9}}{60 \cdot 10^3} = 6 \text{ кВт}$$

(множитель 10^3 в знаменателе переводит Вт в кВт).

$$N_{ун} = N_{эл} \cdot \eta = 0 \cdot 0,8 = 1 \text{ кВт, где КПД коробки скоростей } \eta=0,8.$$

$$\text{Итак: } N_{рез} < N_{ун}.$$

Определение машинного времени обработки

Машинное время обработки определяется по соотношению

$$T_{маш} = t + \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{v_i} \right], \text{ где } y = t \cdot \text{ctg} \varphi = 0.$$

Принимаем $y=0,5$ мм; $l=400$ мм; $y_l=1,5$ мм; $s=0,26$ мм/об; $n=315$ об/мин. Тогда: $T_{\text{мин}} = 0,5 + 0,00 + 0,5 \cdot 0,26 \cdot 315 = 1,91$ мин.

Определение коэффициента использования режущих свойств инструмента

Данный коэффициент рассчитывается по соотношению:

$$K_u = \frac{n}{n_p} \cdot \frac{s_p}{s}$$

С учетом того, что $s=0,26$ мм/об; $n=315$ об/мин; $s_p = 1,26$ мм/об; $n_p = 42$ об/мин, получим

$$K_u = 1,26 \cdot 315 / (0,26 \cdot 42) = 1,921, \text{ т.е. } K_u = 12\%.$$

Определение коэффициента загрузки станка по мощности (крутящему моменту)

Коэффициент загрузки станка по мощности равен:

$$K_C = \frac{N_{\text{рез}}}{N_{\text{ин}}} = \frac{M_{\text{рез}}}{M_{\text{ин}}}, \quad M_{\text{рез}} = 0,9 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad M_{\text{ин}} = 155 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad K_C = \frac{49}{255} = 1,192,$$

т.е. $K_C=19\%$.

5. ПРИМЕР ТАБЛИЧНОГО РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Выбор типа реза, его основных размеров и геометрии

Этот выбор производится исходя из тех же соображений, которые изложены в примере аналитического расчета. Оптимальная марка инструментального материала и геометрия реза выбираются в соответствии с приложением Б настоящего пособия.

Выбор глубины резания

Глубина резания определяется припуском на обработку. Можно воспользоваться и рекомендациями методики (раздел 2 настоящего пособия). В данном случае

$$t = 60 - 6 \cdot 2 = 48 \text{ мм.}$$

Выбор подачи

По приложению К настоящего пособия находим, что для получения обработанной поверхности с шероховатостью $R_z=40 \text{ мкм}$ при чистовом точении стали резцом с радиусом при вершине $r=1 \text{ мм}$ величина подачи должна быть $S_T=0,57 \text{ мм/об}$ (для сталей с $\sigma_B=700\dots900 \text{ МПа}$). Для сталей с $\sigma_B=500\dots700 \text{ МПа}$ это значение следует умножить на коэффициент $K_s=0,45$.

В итоге получаем:

$$S = S_T \cdot K_s = 0,57 \cdot 0,45 = 0,26 \text{ мм/об.}$$

Точение труднообрабатываемых материалов

Значения подач при черновом точении деформируемых и литейных жаропрочных сплавов резцами из твердого сплава приведены в таблице приложения Л настоящего пособия, а при чистовом точении деформируемых сплавов – в приложении Н.

При растачивании приведенные подачи следует умножать на поправочные коэффициенты, приведенные в приложении М. Значения подач при чистовом точении литейных жаропрочных сплавов указаны в приложении П настоящего пособия.

Режимы резания при наружном продольном точении деформируемого жаропрочного сплава ЭИ698ВД (ХН73МБТЮ) приведены в приложении Р, а сплава ВЖЛ-12У – в приложении С; поправочные коэффициенты на скорость резания для этих сплавов – в приложении Т. Режимы резания при наружном продольном точении сплава ЭП742 (ХН62МКТЮ) даны в приложении У, поправочные коэффициенты на скорость резания для измененных условий - в приложении Ф.

Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)

По соотношению
$$n \leq \frac{1000 \cdot C_v}{T^m \cdot r^{x_v} \cdot s^{y_v} \cdot \pi \cdot D},$$

подставляя исходные и нормативные данные из приложения Г, определяем (см. раздел 4.1.4) частоту вращения заготовки:

$$n \leq \frac{1000 \cdot 151}{45^{0,25} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,26^{0,15} \cdot 3,14 \cdot 60} = 42 \text{ об/мин.}$$

Сверяя расчётное значение с паспортными данными станка, принимаем ближайшее меньшее число оборотов шпинделя $n_{cm} = 315 \text{ об/мин.}$

Тогда действительная скорость резания равна:

$$V_o = \frac{\pi \cdot n_{cm}}{1000} = 9,3 \text{ м/мин.}$$

Проверка выбранного режима резания по возможностям станка

Условием выполнения режима резания является:

$$M_{рез} \leq M_{cm} \text{ или } N_{рез} \leq N_{cm}.$$

В соответствии с расчетами, приведенными в разделах 4.1.5, 4.1.6 настоящего пособия, и паспортными данными станка 1К62 получаем:

$$M_{рез} = 49,0 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq M_{cm} = 255 \text{ Н} \cdot \text{м}; N_{рез} = 0,6 \text{ кВт} \leq N_{cm} = 1 \text{ кВт}.$$

Таким образом, выбранный режим резания выполним.

6. РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ЭВМ

Для решения задачи в том виде, как она поставлена и реализуется в методике, расчетные зависимости должны быть выражены в «машинных» символах (которые обозначены на клавишах машины) и, следовательно, принятые в методике символы величин необходимо заменить на «машинные», составив их список, например, в виде таблицы. Затем применительно к ЭВМ разрабатывается программа. Для учебных целей целесообразно иметь полную программу работы машины с поэтапным вводом исходных и нормативных данных, с выводом на экран дисплея промежуточных решений и возможностью корректировки, т.е. программа должна обеспечить работу в режиме диалога. Один из вариантов такой программы должен быть использован при выполнении домашнего задания.

Для реализации программы применительно к конкретному заданию необходимо выбрать численные значения всех величин, входящих в зависимости, используя для этого исходные, справочные и нормативные данные из задания, приложений А-Ж настоящего пособия и рекомендаций, изложенных в методике (раздел 2). По мере выбора величин, они заносятся в таблицу, после заполнения которой можно приступить к работе на машине.

Работа на машине заканчивается выводом результатов расчета на печать.

7. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Домашнее задание оформляется в виде пояснительной записки формата А4.

В соответствии с СТО СГАУ 02068410-004-2007 записка должна содержать: титульный лист, реферат, содержание, бланк задания, введение, содержание задания (с эскизом), изложение существа выполненной работы, заключение, перечень использованной литературы, рабочий чертеж резца.

Также к пояснительной записке должен быть приложен электронный носитель (CD-диск) содержащий в себе пояснительную записку в формате *MS Office 97-2003* (с расширением **.DOC*) и графический материал в виде чертежей, выполненных в *Компас-3D* или *ADEM 7.1*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лепилин, В.И. Режимы резания авиационных материалов при точении [Текст]: учеб. пособие / В.И. Лепилин. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2000. – 128 с.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках [Текст]. – 2-е изд. – М.: Машиностроение. Ч. 1: Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки: нормативно-технический материал. – 1974. – 416 с.
3. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормативных работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением [Текст]. – М.: Экономика. Ч. 2: Нормативы режимов резания – 1990. – 473 с.
4. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов [Текст] / под ред. Н. И. Резникова. – М.: Машиностроение, 1972. – 200 с.
5. Режимы резания труднообрабатываемых материалов [Текст]: справочник / [Я.Л. Гуревич и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.
6. Справочник инструментальщика [Текст] / [И. А. Ординарцев и др.]; под общ. ред. И. А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.
7. ВНИИ инструмент. Металлорежущий инструмент [Текст]: каталог. Ч.1: Резцы. – М.: ВНИИТЭМР, 1988.
8. Великанов, К.М. Экономические режимы резания металлов [Текст] / К.М. Великанов, В.И. Новожилов. – М.: Машиностроение, 1972.
9. ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
10. ГОСТ 25761-83. Обработка резанием. Термины и определения [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1983.
11. ГОСТ 10047-62. Резцы из быстрорежущей стали. Технические требования [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1962.
12. ГОСТ 18868-73, ГОСТ 18876-73. Резцы токарные из быстрорежущей стали [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
13. ГОСТ 2379-77. Пластинки к резцам из быстрорежущей стали [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1977.
14. ГОСТ 18877-73, ГОСТ 18884-73. Резцы токарные с пластинками из твердого сплава [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
15. ГОСТ 2209-90. Твердые сплавы металлокерамические [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
16. Справочник технолога-машиностроителя [Текст]: Т. 2 / под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ
СТАНКОВ

1. Станок 1Д63

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 315 |
| Расстояние между центрами, мм | 1400 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 65 |
| - над суппортом | 340 |
| - над станиной | 630 |
| Наибольшая длина обточки, | 1260 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 40×40 |
| Мощность двигателя, кВт | 14 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подач, Н | |
| - продольной | 19600 |
| - поперечной | 9800 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший
допустимый крутящий момент

| <i>n, об/мин</i> | <i>M_{шп}, Н·м</i> | <i>n, об/мин</i> | <i>M_{шп}, Н·м</i> | <i>n, об/мин</i> | <i>M_{шп}, Н·м</i> |
|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| 9,6 | 2481 | 37 | 1451 | 149 | 363 |
| 11,8 | 2481 | 46,6 | 1157 | 198 | 286 |
| 15,5 | 2452 | 61 | 873 | 246 | 219 |
| 19,2 | 2442 | 78 | 686 | 310 | 175 |
| 24,4 | 2206 | 91 | 510 | 387 | 139 |
| 30,4 | 1775 | 128 | 441 | 486 | 111 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 | 0,18 | 0,21 |
| 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,33 | 0,37 | 0,41 | 0,46 | 0,52 |
| 0,58 | 0,65 | 0,73 | 0,82 | 0,91 | 1,03 | 1,15 | 1,29 |
| 1,45 | 1,63 | 1,82 | 2,05 | 2,28 | 2,55 | 2,86 | 3,20 |

Поперечная подача составляет 1/2 от продольной.

2 . С т а н о к 1 6 3

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 315 |
| Расстояние между центрами, мм | 1400 |
| Наибольший диаметр обточка, мм | |
| - прутка | 65 |
| - над суппортом | 340 |
| - над станиной | 630 |
| Наибольшая длина обточка, мм | 1260 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 40×40 |
| Мощность двигателя, кВт | 14 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | |
| - продольной | 19600 |
| - поперечной | 9800 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 10 | 3295 | 63 | 1633 | 315 | 324 |
| 12,5 | 3295 | 80 | 1290 | 400 | 262 |
| 16 | 3295 | 100 | 1010 | 500 | 210 |
| 20 | 3295 | 125 | 807 | 630 | 164 |
| 25 | 3295 | 160 | 632 | 800 | 130 |
| 31,5 | 3296 | 200 | 504 | 1000 | 102 |
| 40 | 2596 | 250 | 405 | 1250 | 81 |
| 50 | 2020 | | | | |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,10 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,20 |
| 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,30 | 0,31 | 0,33 | 0,36 | 0,40 |
| 0,43 | 0,47 | 0,53 | 0,60 | 0,63 | 0,67 | 0,73 | 0,80 |
| 0,87 | 0,94 | 1,07 | 1,20 | 1,27 | 1,34 | 1,47 | 1,60 |
| 1,74 | 1,88 | 2,14 | 2,40 | 2,54 | 2,68 | 2,94 | 3,20 |

Поперечная подача составляет 1/2 от продольной.

3. Станок ДИП 20 - М

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 200 |
| Расстояние между центрами, мм | 1500 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 37 |
| - над суппортом | 210 |
| - над станиной | 410 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 1400 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 4,5 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3530 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| n , об/мин | $M_{\text{шп}}$, Н·м | n , об/мин | $M_{\text{шп}}$, Н·м | n , об/мин | $M_{\text{шп}}$, Н·м |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| 11,5 | 1157 | 46 | 677 | 184 | 170 |
| 14,5 | 1147 | 58 | 539 | 231 | 135 |
| 19 | 1138 | 76 | 412 | 304 | 103 |
| 24 | 1128 | 96 | 324 | 382 | 81 |
| 30 | 1040 | 120 | 261 | 477 | 66 |
| 37,5 | 835 | 150 | 206 | 600 | 52 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 0,08 | 0,098 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,13 | 0,14 | 0,08 |
| 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,15 |
| 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,48 | 0,28 |
| 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,75 | 0,80 | 0,91 | 0,50 |
| 0,96 | 1,06 | 1,11 | 1,21 | 1,28 | 1,46 | 1,59 | 0,96 |

Поперечная подача составляет 1/3 от продольной.

4. Станок 1А62

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 202 |
| Расстояние между центрами, мм | 750 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | 36 |
| - над суппортом | 210 |
| - над станиной | 400 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 650 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 7,0 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3530 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шт}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шт}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шт}</i> , Н·м |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 12 | 1177 | 76 | 735 | 380 | 145 |
| 15 | 1157 | 96 | 579 | 460 | 131 |
| 19 | 1138 | 120 | 456 | 480 | 118 |
| 24 | 1118 | 150 | 373 | 600 | 97 |
| 30 | 1079 | 184 | 304 | 610 | 92 |
| 38 | 1030 | 230 | 240 | 770 | 69 |
| 46 | 981 | 305 | 184 | 960 | 52 |
| 58 | 861 | 370 | 167 | 1200 | 39 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 0,082 | 0,088 | 0,1 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 |
| 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,23 | 0,24 | 0,25 |
| 0,28 | 0,30 | 0,33 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,48 |
| 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,71 | 0,80 | 0,91 |
| 0,96 | 1,06 | 1,11 | 0,21 | 1,28 | 1,46 | 1,59 |

Поперечная подача составляет 1/3 от продольной.

5. Станок 1К62

| | |
|---|-----------------------|
| Высота центров, мм | 215 |
| Расстояние между центрами, мм | 710, 1000, 1400 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 36 |
| - над суппортом | 210 |
| - над станиной | 400 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 1330 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 10 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3530 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 12,5 | 1275 | 80 | 957 | 500 | 151 |
| 16 | 1275 | 100 | 765 | 630 | 117 |
| 20 | 1275 | 125 | 608 | 800 | 91 |
| 25 | 1275 | 160 | 481 | 1000 | 69 |
| 31,5 | 1255 | 200 | 382 | 1250 | 53 |
| 40 | 1236 | 250 | 304 | 1600 | 41 |
| 50 | 1216 | 315 | 255 | 2000 | 29 |
| 63 | 1177 | 400 | 202 | | |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 0,070 | 0,074 | 0,084 | 0,097 | 0,11 | 0,12 | 0,13 |
| 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,195 | 0,21 | 0,23 | 0,26 |
| 0,28 | 0,30 | 0,34 | 0,39 | 0,43 | 0,47 | 0,52 |
| 0,57 | 1,61 | 0,7 | 0,78 | 0,87 | 0,95 | 1,04 |
| 1,14 | 1,21 | 1,4 | 1,56 | 1,74 | 1,9 | 2,08 |
| 2,28 | 2,42 | 2,80 | 3,12 | 3,48 | 3,8 | 4,16 |

Поперечная подача составляет 1/3 от продольной.

6. Станок 1К62ФЗС1 (ЧПУ)

| | |
|---|----------------------|
| Высота центров, мм | 215 |
| Расстояние между центрами, мм | 930 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 36 |
| - над суппортом | 220 |
| - над станиной | 400 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 640, 930, 1330 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 7,5 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3750 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> Н·м |
|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|
| 12,5 | 1275 | 80 | 957 | 500 | 151 |
| 16 | 1275 | 100 | 765 | 630 | 117 |
| 20 | 1275 | 125 | 608 | 800 | 91 |
| 25 | 1275 | 160 | 481 | 1000 | 69 |
| 31,5 | 1255 | 200 | 382 | 1250 | 53 |
| 40 | 1236 | 250 | 304 | 1600 | 41 |
| 50 | 1216 | 315 | 255 | 2000 | 29 |
| 63 | 1177 | 400 | 202 | | |

Поперечная подача с дискретностью 0,005 мм изменяется до 1200 мм/мин.

Продольная подача с дискретностью 0,01 мм изменяется до 1200мм/мин.

7. Станок 1620

| | |
|---|---------|
| Высота центров, мм | 205 |
| Расстояние между центрами, мм | 1000 |
| Наибольший диаметр обточка, мм | |
| - прутка | 36 |
| - над суппортом | 210 |
| - над станиной | 400 |
| Наибольшая длина обточка, мм | 60, 900 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 13 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3630 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| n, об/мин | M _{шп} , Н·м | n, об/мин | M _{шп} , Н·м | n, об/мин | M _{шп} , Н·м |
|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|
| 30-200 | $\frac{137290}{n^{1,1}}$ | 200-790 | $\frac{168670}{n^{1,1}}$ | 790-3000 | $\frac{372650}{n^{1,2}}$ |

Частота вращения шпинделя изменяется бесступенчато в пределах 30-3000 об/мин.

Продольные и поперечные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 |
| 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,21 |
| 0,22 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,27 | 0,28 | 0,30 |
| 0,32 | 0,34 | 0,36 | 0,38 | 0,40 | 0,42 | 0,44 | 0,46 |
| 0,48 | 0,50 | 0,52 | 0,55 | 0,57 | 0,61 | 0,63 | 0,66 |
| 0,70 | 0,72 | 0,76 | 0,78 | 0,82 | 0,86 | 0,92 | 0,94 |
| 1,00 | 1,02 | 1,06 | 1,10 | 1,22 | 1,43 | - | - |

8. Станок 16К20 (16К20П, 16К20Г, 16К25)

| | |
|---|-----------------------|
| Высота центров, мм | 215 (для I6R25 -250) |
| Расстояние между центрами, мм | 710 (1000, 1400,2000) |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 50 |
| - над суппортом | 220 (для 1К25 - 290) |
| - над станиной | 400 (для I6R25 -500) |
| Наибольшая длина обточки, мм | 645 (935, 1335, 1935) |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 10 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | |
| - продольной | 5890 |
| - поперечной | 3530 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| n , об/мин | $M_{шт}$, Н·м | n , об/мин | $M_{шт}$, Н·м | n , об/мин | $M_{шт}$, Н·м |
|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| 12,5 | 1275 | 80 | 838 | 500 | 143 |
| 16 | 1275 | 100 | 657 | 630 | 112 |
| 20 | 1275 | 125 | 520 | 500 | 145 |
| 25 | 1275 | 160 | 397 | 630 | 114 |
| 31,5 | 1275 | 200 | 373 | 800 | 88 |
| 40 | 1275 | 250 | 294 | 1000 | 69 |
| 50 | 1275 | 315 | 235 | 1250 | 54 |
| 63 | 1069 | 400 | 177 | 1600 | 41 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|------|-------|------|-----|-------|------|-------|
| 0,05 | 0,06 | 0,075 | 0,09 | 0,1 | 0,125 | 0,15 | 0,175 |
| 0,20 | 0,25 | 0,3 | 0,35 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 2,0 | 2,4 | 2,8 |

9. Станок 1616

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 160 |
| Расстояние между центрами, мм | 750 |
| Наибольший диаметр обточка, мм | |
| - прутка | 29 |
| - над суппортом | 175 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточка, мм | 700 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 20×20 |
| Мощность двигателя, кВт | 4,5 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 2990 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M</i> _{шп.} Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M</i> _{шп.} Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M</i> _{шп.} Н·м |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 44 | 785 | 173 | 186 | 723 | 46 |
| 63 | 539 | 248 | 125 | 958 | 34 |
| 91 | 363 | 350 | 98 | 1380 | 23 |
| 120 | 275 | 503 | 68 | 1980 | 14 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| 0,04 | 0,045 | 0,05 | 0,056 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
| 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,22 |
| 0,25 | 0,27 | 0,31 | 0,34 | 0,39 | 0,43 | 0,48 | 0,54 |
| 0,61 | 0,68 | 0,76 | 0,85 | 0,96 | 1,07 | 1,2 | 1,34 |

10. Станок 1А616

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 165 |
| Расстояние между центрами, мм | 710 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 34 |
| - над суппортом | 180 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 660 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 22×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 4 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3140 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 11,2 | 608 | 112 | 216 | 560 | 49 |
| 18 | 598 | 140 | 173 | 710 | 35 |
| 28 | 588 | 180 | 134 | 900 | 28 |
| 45 | 569 | 224 | 108 | 1120 | 21 |
| 56 | 431 | 280 | 86 | 1400 | 17 |
| 71 | 341 | 355 | 77 | 1800 | 11 |
| 90 | 269 | 450 | 59 | 2240 | 8 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | |
|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 0,08 | 0,114 | 0,13 | 0,146 | 0,155 | 0,16 |
| 0,193 | 0,228 | 0,26 | 0,292 | 0,31 | 0,32 |
| 0,39 | 0,455 | 0,52 | 0,585 | 0,62 | 0,65 |
| 0,78 | 0,91 | 1,04 | 1,17 | 1,24 | 1,56 |

11. Станок 1А616П

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 165 |
| Расстояние между центрами, мм | 710 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 34 |
| - над суппортом | 180 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 660 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25 |
| Мощность двигателя, кВт | 4 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3140 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M</i> _{шп.} , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M</i> _{шп.} , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M</i> _{шп.} , Н·м |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 11,2 | 608 | 112 | 259 | 560 | 55 |
| 18 | 605 | 140 | 205 | 710 | 41 |
| 28 | 603 | 180 | 160 | 900 | 31 |
| 45 | 552 | 224 | 127 | 1120 | 25 |
| 56 | 512 | 280 | 102 | 1400 | 21 |
| 71 | 404 | 355 | 86 | 1800 | 15 |
| 90 | 319 | 450 | 68 | 2240 | 11 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 0,034 | 0,0370 | 0,039 | 0,045 | 0,047 | 0,054 |
| 0,059 | 0,065 | 0,068 | 0,074 | 0,078 | 0,091 |
| 0,094 | 0,11 | 0,118 | 0,124 | 0,136 | 0,148 |
| 0,156 | 0,18 | 0,188 | 0,22 | 0,236 | 0,26 |
| 0,295 | 0,312 | 0,361 | 0,372 | 0,372 | 0,376 |
| 0,470 | 0,472 | 0,52 | - | - | - |

1 2 . С т а н о к 1 В 6 1 6

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 165 |
| Расстояние между центрами, мм | 500 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 29 |
| - над суппортом | 180 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 475 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 16×20 |
| Мощность двигателя, кВт | 4 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | - |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 10 | 40 | 80 | 160 | 315 | 630 |
| 16 | 50 | 100 | 200 | 400 | 800 |
| 25 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
| 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 |
| 0,16 | 0,20 | 0,23 | - | - | - | - |

Поперечная подача равна 1/2 продольной.

13. Станок 16Б16Т1С1 (ЧПУ)

| | |
|---|-----------|
| Высота центров, мм | 160 |
| Расстояние между центрами, мм | 750 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 45 |
| - над суппортом | 125 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 700 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×25×150 |
| Мощность двигателя, кВт | 11 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | |
| - продольной | 7500 |
| - поперечной | 37500 |

Частота вращения шпинделя изменяется бесступенчато.

Наибольший крутящий момент и мощность на шпинделе

| Без перебора | | | С перебором | | |
|--------------|--------------------|-------------------------|--------------|-------------------|-----------------------|
| n , об/мин | $M_{шп}$, Н·м | $N_{шп}$, кВт | n , об/мин | $M_{шп}$, Н·м | $N_{шп}$, кВт |
| 80...848 | 130 | $n \cdot 0,0125 + 0,25$ | 20...212 | 467 | $n \cdot 0,05 + 0,25$ |
| 848...2800 | $\frac{110240}{n}$ | 10,84 | 212...700 | $\frac{99000}{n}$ | 10,85 |

Продольные подачи с дискретностью 0,01 мм изменяются до 1200 мм/мин.

Поперечные подачи с дискретностью 0,005 мм изменяются до 600 мм/мин.

14. Станок 1615М

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 155 |
| Расстояние между центрами, мм | 750 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 34 |
| - над суппортом | 150 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 700 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 25×20 |
| Мощность двигателя, кВт | 2,2 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 3140 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп.}</i> , Н·м |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 44 | 319 | 180 | 99 | 613 | 29 |
| 72 | 248 | 245 | 73 | 1000 | 18 |
| 110 | 127 | 400 | 45 | - | - |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 0,05 | 0,057 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 |
| 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,25 | 0,28 |
| 0,32 | 0,35 | 0,39 | 0,44 | 0,49 | 0,55 | 0,28 | 0,29 |
| 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 0,34 | 0,36 | 0,62 | 0,70 |
| 0,78 | 0,87 | 0,98 | 1,10 | 1,23 | 1,38 | 1,54 | 1,73 |
| 1,94 | 2,10 | 2,43 | 2,72 | - | - | - | - |

Поперечная подача равна 1/2 продольной.

15. Станок 1П61

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 170 |
| Расстояние между центрами, мм | 710 |
| Наибольший диаметр обточка, мм | |
| - прутка | 32 |
| - над суппортом | 160 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточка, мм | 640 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 22×35 |
| Мощность двигателя, кВт | 2,2 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 2940 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{шп}</i> , Н·м |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 12,5 | 1460 | 63 | 259 | 355 | 48 |
| 16 | 1104 | 80 | 195 | 450 | 38 |
| 20 | 883 | 100 | 156 | 560 | 30 |
| 25 | 794 | 125 | 119 | 710 | 22 |
| 28 | 624 | 160 | 107 | 800 | 19 |
| 35,5 | 482 | 200 | 88 | 1000 | 14 |
| 45 | 380 | 250 | 69 | 1250 | 1,1 |
| 56 | 291 | 315 | 54 | 1600 | 7 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,17 |
| 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,23 | 0,25 | 0,26 | 0,29 |
| 0,33 | 0,35 | 0,38 | 0,39 | 0,42 | 0,46 | 0,50 | 0,52 |
| 0,58 | 0,66 | 0,72 | 0,76 | 0,78 | 0,84 | 0,92 | 1,0 |
| 1,05 | 1,17 | 1,20 | 1,32 | 1,44 | 1,56 | 1,9 | - |

Поперечная подача равна 1/2 продольной.

16. Станок 1Е616М

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 170 |
| Расстояние между центрами, мм | 710 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 32 |
| - над суппортом | 180 |
| - над станиной | 320 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 640 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 12×20 |
| Мощность двигателя, кВт | 4,5 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 2940 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | <i>M_{штп}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{штп}</i> , Н·м | <i>n</i> , об/мин | <i>M_{штп}</i> , Н·м |
|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 35 | 838 | 140 | 258 | 560 | 65 |
| 50 | 716 | 200 | 181 | 800 | 47 |
| 71 | 504 | 280 | 106 | 1120 | 33 |
| 100 | 366 | 400 | 94 | 1600 | 23 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,21 | 0,22 |
| 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,26 | 0,28 | 0,30 | 0,32 | 0,33 |
| 0,35 | 0,37 | 0,39 | 0,42 | 0,44 | 0,46 | 0,49 | 0,51 |
| 0,53 | 0,55 | 0,57 | 0,60 | 0,62 | 0,64 | 0,66 | 0,70 |
| 0,74 | 0,78 | 0,85 | 0,90 | 0,94 | 1,00 | 1,06 | 1,13 |
| 1,18 | 1,25 | 1,38 | 1,45 | 1,50 | 2,20 | 2,36 | 2,50 |

Поперечная подача равна 1/2 продольной.

17. Станок 1И611П

| | |
|---|-------|
| Высота центров, мм | 130 |
| Расстояние между центрами, мм | 500 |
| Наибольший диаметр обточки, мм | |
| - прутка | 24 |
| - над суппортом | 124 |
| - над станиной | 250 |
| Наибольшая длина обточки, мм | 500 |
| Наибольшие размеры державки резца $B \times H$, мм | 16×16 |
| Мощность двигателя, кВт | 3,0 |
| Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н | 2940 |

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей наибольший допустимый крутящий момент

| <i>n</i> , об/мин | $M_{шп}$, Н·м | <i>n</i> , об/мин | $M_{шп}$, Н·м | <i>n</i> , об/мин | $M_{шп}$, Н·м |
|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
| 20 | 373 | 100 | 225 | 500 | 43 |
| 25 | 373 | 125 | 179 | 630 | 36 |
| 31,5 | 373 | 160 | 137 | 800 | 29 |
| 40 | 373 | 200 | 102 | 1000 | 23 |
| 50 | 373 | 250 | 75 | 1250 | 18 |
| 63 | 331 | 315 | 58 | 1600 | 14 |
| 80 | 279 | 400 | 48 | 2000 | 10 |

Продольные подачи, мм/об

| | | | | |
|------|-------|------|-------|-------|
| 0,01 | 0,015 | 0,02 | 0,025 | 0,03 |
| 0,04 | 0,045 | 0,05 | 0,075 | 0,125 |
| 0,15 | 0,220 | 0,25 | 0,3 | 0,375 |

Поперечная подача равна 1/2 продольной.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ
И ГЕОМЕТРИЯ РЕЗЦОВ

I. Инструментальные материалы для токарных резцов

I Быстрорежущие стали

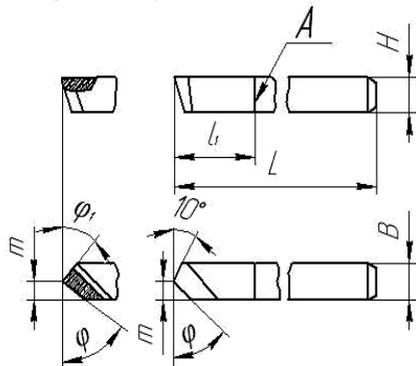
| Марка | Примерное значение и сравнительная характеристика |
|--------------------|---|
| P9 | Обработка мягких и средней твердости сталей, легких сплавов и других легкообрабатываемых материалов |
| P18 | Обработка мягких и средней твердости сталей и чугунов. Обладает несколько большей износостойкостью по сравнению с P9. В связи с высоким содержанием вольфрама целесообразно заменить другими, более эффективными марками |
| P6M5 P6M5K5 | Обработка всех нетруднообрабатываемых материалов (конструкционные углеродистые и низколегированные стали, чугун и др.). По режущим свойствам, особенно при чистовой обработке, практически не уступают стали P18. Рекомендуются и при обработке коррозионно-стойких, теплостойких и жаропрочных сталей 1-III группы |
| P9K5 P9K10 | Обработка высокопрочных коррозионно-стойких и жаростойких сталей и сплавов, титановых сплавов и других твердых материалов. Обладают повышенной теплостойкостью, особенно P9K10. Благодаря высокой вязкости сталь P9K5 пригодна для работы с ударами |
| P9Ф5 | Выполнение чистовых операций на сталях средней твердости, бронзе, латуни, жаропрочных и титановых сплавах, а также на материалах, обладающих абразивными свойствами (пластмассы и др.) |
| P14Ф4 | Обработка особо прочных материалов (легированные и коррозионно-стойкие, жаропрочные сплавы и др.). Обладает более высокой твердостью, износостойкостью и теплопроводностью |
| P18K5Ф2 P10K5Ф5 | Обработка твердых, высокопрочных и труднообрабатываемых материалов (коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы, титановые сплавы и др.). Это стали высокой производительности |

2 Твердые сплавы

| Марка | Примерное значение и сравнительная характеристика |
|-----------------|---|
| BK3M | Получистовая и чистовая обработка с малым сечением среза цементированных и закаленных сталей, весьма твердых чугунов, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов |
| BK4 | Получистовое и чистовое точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании; растачивание, отрезка чугуна, цветных металлов и их сплавов, титановых сплавов |
| BK6 | Черновое точение и растачивание при непрерывном резании; чистовое и получистовое точение при прерывистом резании чугуна и цветных сплавов |
| BK6M | Чистовая и получистовая обработка жаропрочных коррозионно-стойких сталей и сплавов, твердых чугунов, цветных сплавов и титановых сплавов |
| BK60M | Чистовая и получистовая обработка коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов |
| BK8 | Черновая обработка при неравномерном сечении среза и прерывистом резании чугуна, цветных сплавов, труднообрабатываемых специальных сплавов |
| BK8B | Грубая (тяжелая) обработка коррозионных и жаропрочных сталей и сплавов, а также стального литья |
| BK10M BK100M | Черновая и получистовая обработка коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов, титановых сплавов |
| T30K4 | Чистовая обработка с малым сечением среза (типа алмазной обработки) закаленных и незакаленных углеродистых и легированных сталей |
| T15K6 | Получистовая и чистовая обработка углеродистых и легированных сталей |
| T5K10 | Черновая обработка при неравномерном сечении среза и прерывистом резании углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине |
| T17K12 | Грубая обработка при тяжелых режимах резания углеродистых и легированных сталей |
| TT10K8B | Черновая и получистовая обработка с большим сечением среза углеродистых и легированных сталей, а также некоторых коррозионно-стойких и жаропрочных сталей |

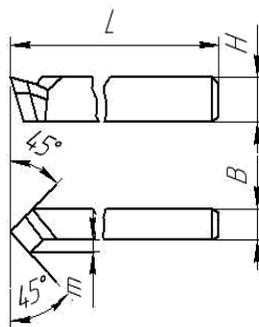
II. Основные размеры токарных резцов

1 Проходные прямые резцы с $\varphi = 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$



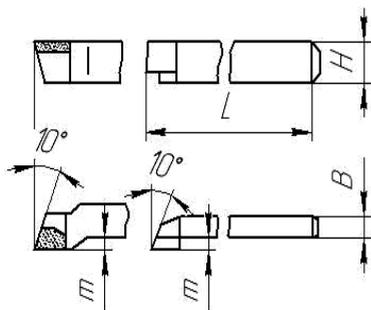
Быстрорежущие резцы изготавливаются сваркой встык либо оснащаются пластиной формы 44 или 45, твердосплавные – 01 или 10

2 Проходные отогнутые резцы



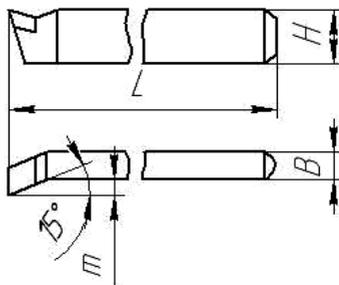
Для быстрорежущих резцов рекомендуется пластинка формы 41, для твердосплавных – 01

3 Упорные и подрезные отогнутые резцы с $\varphi = 90^\circ$ и 95°



Быстрорежущие резцы изготавливаются напайкой пластины формы 41 на боковую поверхность, твердосплавные – напайкой пластины формы 07 сверху

4 Торцевые упорные и подрезные отогнутые резцы с $\varphi = 90^\circ$ и 95°

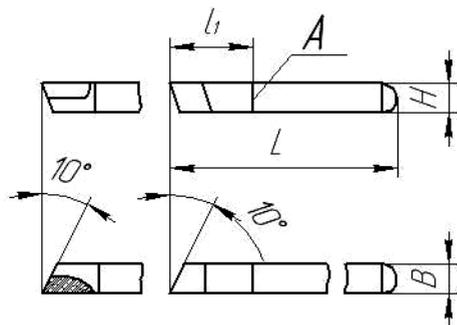


Быстрорежущие резцы оснащаются пластинками формы 43, твердосплавные – 07

| H | B | L | M | | | | |
|----|----|-----|------------------|------------------|------------------|-----------|-------------------------------|
| | | | проходные | | | | Упорные и подрезные отогнутые |
| | | | прямые | | | отогнутые | |
| | | | $\varphi = 45^0$ | $\varphi = 60^0$ | $\varphi = 75^0$ | | |
| 16 | 10 | 100 | 6 | 4,5 | 3 | 6 | 4 |
| | 12 | | 7 | 6 | - | 7 | |
| 20 | 12 | 120 | 9 | 7 | 3 | 8 | 5 |
| | 16 | | | | - | | |
| 25 | 16 | 140 | 12 | 9 | 4 | 10 | 6 |
| | 20 | | | | - | | |
| 32 | 20 | 170 | 14 | 10 | 5 | 12 | 8 |
| | 25 | | | | - | | |
| 40 | 25 | 200 | 18 | 15 | - | 14 | 10 |
| | 32 | | | | - | | |

Примечание. $H/B=1,25$ только для твердосплавных резцов.

5 Упорные подрезные прямые резцы с $\varphi=90^0$

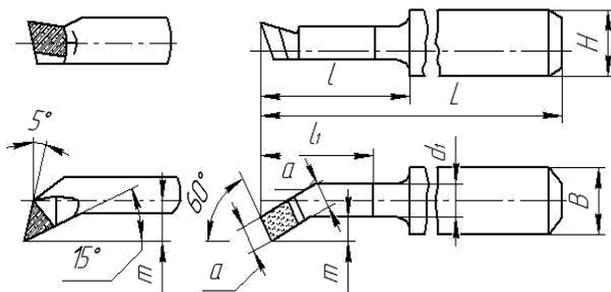


| H | B | L |
|----|----|-----|
| 16 | 16 | 80 |
| 20 | 20 | 100 |
| 20 | 12 | 100 |
| 25 | 16 | 120 |
| 32 | 20 | 140 |

Быстрорежущие резцы изготавливаются сваркой встык $l_l=40-50$ мм либо оснащаются пластинками формы 42, твердосплавные – 07.

6 Расточные проходные и подрезные резцы для сквозных и глухих отверстий

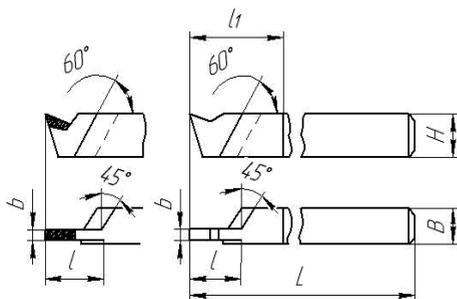
Быстрорежущие резцы свариваются встык на $l_1=35$ мм. Твердосплавные резцы оснащаются пластинками формы 02 или 06.



| $H \times B$ | L | l | d_1 | d | m | $D_{мин}$ |
|--------------|-----|-----|-------|-----|-----|-----------|
| 16×16 | 120 | 25 | 9,5 | 8 | 3,5 | 14 |
| | 140 | 35 | | | | |
| | 170 | 60 | 12,0 | 10 | 4,5 | 18 |
| 20×20 | 140 | 40 | 15,0 | 12 | 5,5 | 21 |
| | 170 | 70 | 17,0 | 14 | 6,0 | 27 |
| | 200 | 80 | | | | |
| 25×25 | 200 | 70 | 24,0 | 19 | 8,0 | 34 |
| | 240 | | | | | |

7 Отрезные резцы

Быстрорежущие резцы свариваются встык на $l_1=30-60$ мм. Твердосплавные оснащаются пластинками формы 13.



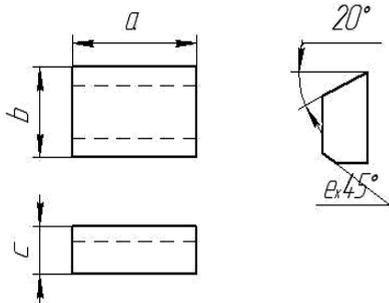
| $H \times B$ | L | l | b |
|--------------|-----|-----|-----|
| 16×10 | 100 | 20 | 3 |
| 20×12 | 120 | 20 | 4 |
| | | 25 | |
| 25×16 | 140 | 20 | 5 |
| | | 35 | |
| 32×20 | 170 | 25 | 6 |
| | | 40 | |
| 40×25 | 200 | 45 | 8 |

III. Форма и размеры пластинок для оснащения резцов

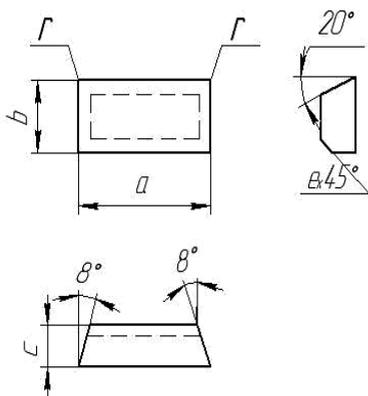
1 Твердосплавные пластинки

Формы 01 и 02

Тип А

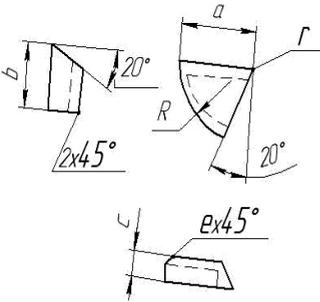


Тип Б



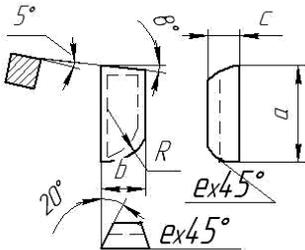
| Номер пластинки | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>r</i> | <i>l</i> |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0103 | 8 | 6 | 3,0 | 0,5 | 1 |
| 0105 | 10 | 6 | 3,5 | 0,5 | 1 |
| 0107 | 12 | 8 | 4,5 | 0,5 | 1 |
| 0109 | 14 | 10 | 5,5 | 0,5 | 1,5 |
| 0111 | 16 | 10 | 5,5 | 0,5 | 1,5 |
| 0113 | 18 | 12 | 7,0 | 1,0 | 1,5 |
| 0115 | 20 | 12 | 7,0 | 1,0 | 1,5 |
| 0117 | 22 | 15 | 8,5 | 1,0 | 1,5 |
| 0119 | 25 | 15 | 8,5 | 1,0 | 1,5 |
| 0201 | 8 | 7 | 2,5 | 0,5 | - |
| 0203 | 10 | 8 | 3,0 | 0,5 | 1,0 |
| 0205 | 12 | 10 | 4,0 | 0,5 | 1,0 |
| 0223 | 14 | 12 | 4,5 | 0,5 | 1,0 |
| 0225 | 14 | 12 | 6,0 | 0,5 | 1,5 |
| 0227 | 18 | 16 | 6,0 | 0,5 | 1,5 |
| 0229 | 18 | 16 | 8,0 | 1,5 | 1,5 |

Форма 06



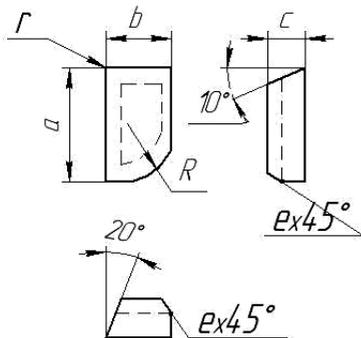
| Номер пластинки | Размер, мм | | | | | |
|--------------------|------------|----|---|----|-----|-----|
| | a | b | c | R | r | l |
| 0601 | 8 | 7 | 3 | 6 | 0,5 | |
| 0603 | 10 | 8 | 3 | 6 | 1,0 | 1,0 |
| 0605 | 12 | 10 | 4 | 10 | 1,0 | 1,0 |
| 0607 | 12 | 10 | 5 | 10 | 1,0 | 1,0 |
| 0609 | 16 | 14 | 5 | 14 | 1,0 | 1,0 |
| 0611 | 16 | 14 | 7 | 14 | 1,0 | 1,5 |
| 0613 | 20 | 18 | 6 | 17 | 1,0 | 1,5 |

Форма 07



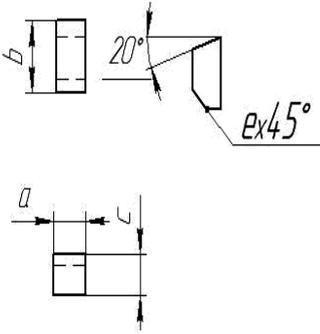
| Номер пла- стинки | Размер, мм | | | | | |
|-------------------------|------------|----|-----|----|---|-----|
| | a | b | c | R | r | l |
| 0701 | 10 | 6 | 2,5 | 6 | 1 | - |
| 0703 | 12 | 7 | 3,0 | 7 | 1 | 1,0 |
| 0725 | 15 | 9 | 5,0 | 9 | 1 | 1,0 |
| 0729 | 20 | 11 | 6,0 | 11 | 1 | 1,5 |
| 0733 | 25 | 14 | 8,0 | 14 | 1 | 1,5 |

Форма 10



| Номер пла- стинки | Размер, мм | | | | | |
|-------------------------|------------|----|-----|----|---|-----|
| | a | b | c | R | z | l |
| 1003 | 8 | 6 | 3,0 | 6 | 1 | 1,0 |
| 1005 | 10 | 6 | 3,5 | 6 | 1 | 1,0 |
| 1007 | 12 | 8 | 4,5 | 8 | 1 | 1,0 |
| 1011 | 16 | 10 | 5,5 | 10 | 1 | 1,5 |
| 1015 | 20 | 12 | 7,0 | 12 | 1 | 1,5 |

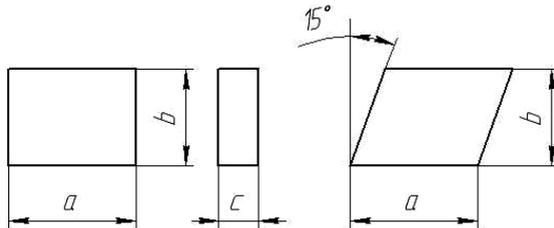
Форма 13



| Номер пластинки | Размер, мм | | | |
|-----------------|------------|----------|----------|----------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>l</i> |
| 1321 | 3 | 10 | 3 | 1,0 |
| 1323 | 4 | 12 | 4 | 1,0 |
| 1325 | 5 | 15 | 5 | 1,0 |
| 1307 | 6 | 15 | 6 | 1,5 |
| 1309 | 8 | 18 | 7 | 1,5 |
| 1311 | 10 | 20 | 8 | 1,5 |

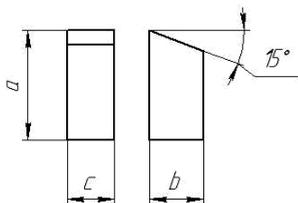
2 Быстрорежущие пластинки

Формы 41 и 43



| Номер пластинки | Номер пластинки | Размер, мм | | |
|-----------------|-----------------|------------|----------|----------|
| | | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>l</i> |
| 4101 | 4301 | 10 | 10 | 5 |
| 4102 | 4302 | 12 | 10 | 5 |
| 4103 | 4303 | 16 | 12 | 6 |
| 4104 | 4304 | 20 | 16 | 8 |

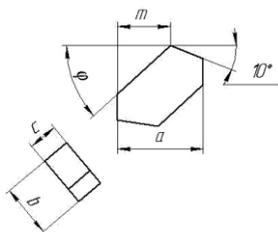
Форма 42



| Номер пластинки | Размер, мм | | |
|--------------------|------------|----------|----------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> |
| 4201 | 10 | 8 | 5 |
| 4202 | 16 | 12 | 6 |
| 4203 | 20 | 16 | 8 |
| 4204 | 25 | 18 | 10 |

Формы 44 и 45

(пластины формы 44 с $\varphi=45^{\circ}$; формы 45 с $\varphi=60^{\circ}$)



| Номер пластинки | Номер пластинки | Размер, мм | | | |
|--------------------|--------------------|------------|----------|----------|----------|
| | | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>m</i> |
| 4401 | 4501 | 10 | 10 | 5 | 5 |
| 4402 | 4502 | 12 | 10 | 5 | 7 |
| 4403 | 4503 | 16 | 12 | 6 | 9 |
| 4404 | 4504 | 20 | 16 | 8 | 12 |

IV. Геометрия резцов

1 Форма передней поверхности

| Обозначение и форма передней поверхности | Эскиз | Область применения |
|--|-------|--|
| Плоская с положительным передним углом | | Обработка стали с $\sigma_B \leq 800$ МПа, чугуна $HB \leq 200$, бронзы и других хрупких материалов |
| Плоская с фаской | | Обработка стали с $\sigma_B > 800$ МПа, чугуна $HB > 200$, бронзы и других хрупких материалов |
| Криволинейная | | Обработка стали с $\sigma_B \leq 800$ МПа, вязких цветных материалов и легких сплавов при необходимости завивания стружки (для твердосплавных резцов не рекомендуется) |
| Криволинейная с фаской | | Обработка стали с $\sigma_B > 800$ МПа и других вязких материалов при необходимости завивания стружки |

В случае черновой обработки заготовок при наличии корки, загрязненной неметаллическими включениями, а также при черновом точении с ударами для твердосплавных резцов рекомендуется применять заточку с отрицательным передним углом $\gamma = - (0 - 15)^\circ$.

2 Главный угол в плане

| <i>φ, град</i> | Условия работы |
|----------------|---|
| 30 | Обточка с малыми глубинами резания в условиях особо жесткой технологической системы |
| 45 | Обточка и расточка сквозных отверстий в условиях жесткой технологической системы |
| 60-75 | Обточка и расточка сквозных отверстий при недостаточно жесткой технологической системе |
| 90 | Обточка в условиях нежесткой технологической системы, обточка ступенчатых поверхностей в упор. Отрезка. |
| 95 | Подрезка торцов с подачей от периферии к центру, расточка глухих и ступенчатых поверхностей |
| 100 | Отрезка в случае недостаточно высоких требований к торцевой поверхности отрезаемой детали, если затем не предполагается операция подрезки торца |

3 Вспомогательный угол в плане

| <i>φ, град</i> | Условия работы |
|----------------|---|
| 1-2 | Отрезка |
| 5-10 | Чистовая обточка и расточка в условиях особо жесткой технологической системы |
| 10-15 | Обточка, расточка и торцовка в условиях нормальной жесткости |
| 30 | Обточка и расточка в условиях пониженной жесткости, а также при работе с подачей в обе стороны без перестановки резца и при работе с радиальным врезанием |

4 Радиус закругления вершины резца

| <i>r, мм</i> | Область применения |
|--------------|------------------------------|
| $0,025(H+B)$ | Резцы для обточки и торцовки |
| $0,04(H+B)$ | Расточные резцы |
| $0,05b$ | Отрезные |

5 Передний и задний углы

| Обрабатываемый материал | γ , град | | α , град | |
|--|-----------------|----------------|-----------------|----------|
| | Резцы | | Вид обработки | |
| | Твердосплавные | Быстро-режущие | Черновая | Чистовая |
| Сталь $\sigma_B \leq 800$ МПа | 12-15 | 20-25 | 8 | 12 |
| Сталь $\sigma_B > 800$ МПа $\sigma_B > 1000$ МПа | 10 | 15-20 | 8 | 12 |
| Сталь при работе с ударами | 5-10 | 5-10 | 8 | 12 |
| Коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие и титановые стали и сплавы | 7-10 | 15-20 | 8 | 10 |
| Чугун серый | 0-5 | 0-5 | 8 | 10 |
| Чугун ковкий | 8 | 5-10 | 8 | 10 |
| Медные сплавы | 12 | 12 | 8 | 12 |
| Алюминиевые, магниевые и цинковые сплавы | 15-20 | 20-30 | 10 | 12 |

6 Задний вспомогательный угол

| Типы резцов | α_1 , град |
|---------------------------|---------------------|
| Все резцы, кроме отрезных | $\alpha_1 = \alpha$ |
| Отрезные | $1 \div 2$ |

7 Угол наклона главной режущей кромки

| Характер обработки | λ , град |
|---|------------------|
| Чистовая | $(-2) \div (-4)$ |
| Черновая и получистовая (коррозионно-стойких, жаропрочных и титановых сталей и сплавов) | 0-5 |
| Черновая | 10 |
| Обработка прерывистых поверхностей и с ударами | $12 \div 15$ |

8 Фаска на передней поверхности

| Обозначение и форма передней поверхности | Типы резцов | $f, \text{мм}; \gamma, \text{град}$ |
|--|---|--|
| Плоская с фаской | Все резцы, кроме отрезных Отрезные | $f=0,015(H+B)$ $f=0,15 \div 0,2$ |
| Криволинейная с фаской | Все быстрорежущие Все твердосплавные | $\gamma_p = \dots \div \dots$ $\gamma_p = - \dots \div 0$ |

9 Параметры криволинейной передней поверхности

| Обозначение и форма передней поверхности | Типы резцов | Параметры, мм |
|--|--------------------|---|
| Криволинейная с фаской | Все быстрорежущие | $A = \frac{H + B}{5}$ $r_f = 4A$ |
| | Все твердосплавные | $A = 2-2,5$ $r_f = 2A$ $h = 0,1-0,15$ |

10 Средние величины допустимого износа резцов по задней поверхности

| Типы резцов | Материал резцов | Обрабатываемый материал | Характер обработки | Допустимый износ $h_3, \text{мм}$ |
|---------------------------|---------------------|---|--------------------|-----------------------------------|
| Все резцы, кроме отрезных | Быстрорежущая сталь | Углеродистые и легированные стали | Чистовая | 1,0 |
| | | | Черновая | 1,5-2,0 |
| | | Коррозионно-стойкие, жаропрочные и титановые сплавы | Чистовая | 1,0 |
| | | | Черновая | 1,0 |
| | Твердый сплав | Углеродистые и легированные стали | Черновая | 1,0-1,4 |
| | | | Чистовая | 0,4-0,6 |
| | | Коррозионно-стойкие, жаропрочные и титановые стали и сплавы | Черновая | 1,0 |
| | | | Чистовая | 0,4-0,5 |
| Чугун | Черновая | 0,8-1,0 | | |
| | Чистовая | 0,6-0,8 | | |

Для отрезных и прорезных резцов величина допустимого износа принимается равной износу проходных резцов при чистовой обработке.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ
СТАЛЕЙ

I. Механические свойства конструкционных
углеродистых и легированных сталей

| Группа сталей | Марка | В состоянии поставки | | После термической обраб. | | Для быстро-режущих резцов | |
|--|--------|----------------------|----------------|--------------------------|------------------|---------------------------|-------|
| | | Вид обраб. | <i>HB, МПа</i> | Вид обраб. | σ_B , МПа | K_{rV} | n_V |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Углеродистая обыкновенного качества ($C \leq 0,6$) | Ст.0 | Г | 380 | | 380 | 1,0 | 1,0 |
| | Ст.1 | Г | 400 | | 400 | | |
| | Ст.2 | Г | 340-420 | | 340-420 | | |
| | Ст.4 | Г | 420-520 | | 420-520 | | 1,75 |
| | Ст.5 | Г | 500-620 | | 500-620 | | |
| | Ст.6 | Г | 600-720 | | 600-720 | | |
| Углеродистая качественная ($C \leq 0,6$) | 0,8 | Г | 1310 | Н | 300 | 1,0 | 1,0 |
| | 10 | Г | 1370 | Н | 340 | | |
| | 15 | Г | 1430 | Н | 380 | | |
| | 20 | Г | 1560 | Н | 420 | 1,0 | 1,75 |
| | 25 | Г | 1700 | Н | 460 | | |
| | 30 | Г | 1790 | Н | 500 | | |
| | 35 | Г | 1870 | Н | 540 | | |
| | 40 | Г (ГО) | 2170 (1870) | Н | 580 | | |
| | 45 | Г (ГО) | 2140 (1970) | Н | 610 | | |
| | 50 | Г (ГО) | 2140 (2070) | Н | 640 | | |
| | 55 | Г (ГО) | 2550 (2170) | Н | 660 | | |
| 60 | Г (ГО) | 2550 (2290) | Н | 990 | | | |
| Автоматная | A12 | Г(X) | 1600 (2170) | | | 1,2 | 1,75 |
| | A20 | Г(X) | 1680 (2170) | | | | |
| | A30 | Г(X) | 1850 (2230) | | | | |
| | A40Г | Г | 2070 | | | | |
| Никелевая | 40X | | | | | 1,0 | 1,75 |
| | 45Н | | | | | | |
| | 50Н | | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|---------|--------|-------------|------|------|-----|------|
| Хромоникелевая | 20XH | ОП | 1970 | 30 | 800 | 0,9 | 1,5 |
| | 40XH | ОП | 2170 | 30 | 1000 | | |
| | 45XH | ОП | 2070 | 30 | 1050 | | |
| | 50XH | ОП | 2070 | 30 | 1100 | | |
| | 13H2XA | ОП | 2070 | 30 | 600 | | |
| | 12XH2 | ОП | 2070 | 30 | 800 | | |
| | 12XH3A | ОП | 2170 | 30 | 950 | | |
| | 12X2H4A | ОП | 2690 | 30 | 1150 | | |
| | 20XH3A | ОП | 2410 | 30 | 950 | | |
| | 20X2H4A | ОП | 2690 | 30 | 1300 | | |
| 30XH3A | ОП | 2410 | 30 | 1000 | | | |
| Чистая | 15X | ОП | 1790 | 30 | 700 | 0,8 | 1,75 |
| | 15XA | ОП | 1790 | 30 | 600 | | |
| | 15XP | ОП | 1870 | 30 | 750 | | |
| | 15XPA | ОП | 1870 | 30 | 750 | | |
| | 20X | ОП | 1790 | 30 | 800 | | |
| | 30X | ОП | 1870 | 30 | 900 | | |
| | 30XPA | ОП | 2410 | 30 | 1600 | | |
| | 35X | ОП | 1970 | 30 | 950 | | |
| | 35XPA | ОП | 2170 | 30 | 950 | | |
| | 38XA | ОП | 2070 | 30 | 950 | | |
| | 40X | ОП | 2170 | 30 | 1000 | | |
| | 40XP | ОП | 2290 | 30 | 1000 | | |
| | 45X | ОП | 2290 | 30 | 850 | | |
| | 45XЦ | ОП | 2170 | 30 | 850 | | |
| 50X | ОП | 2290 | 30 | 900 | | | |
| Марганцовистая | 10Г2 | ОП | 1970 | 3 | 430 | 0,8 | 1,75 |
| | 35Г2 | ОП | 2070 | 3 | 630 | | |
| | 40Г2 | ОП | 2170 | 3 | 670 | | |
| | 50Г2 | ОП | 2290 | 3 | 750 | | |
| | 15Г | Г | 1630 | Н | 420 | | |
| | 20Г | Г | 1970 | Н | 460 | | |
| | 25Г | Г | 2070 | Н | 500 | | |
| | 30Г | Г (ГО) | 2170 (1870) | Н | 550 | | |
| | 35Г | Г (ГО) | 2290 (1970) | Н | 570 | | |
| | 40Г | Г (ГО) | 2290 (2070) | Н | 600 | | |
| | 45Г | Г (ГО) | 2410 (2170) | Н | 630 | | |
| | 60Г | Г (ГО) | 2690 (2290) | Н | 710 | | |
| | 65Г | Г (ГО) | 2850 (2290) | Н | 750 | | |
| | 70Г | Г (ГО) | 2850 (2290) | Н | 800 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|----------|----|------|------|-------|-----|------|
| Хромоникелевольфрамовая, хромоникелемолибденная | 30ХНВА | ОП | 2410 | 30 | 1000 | 0,8 | 1,75 |
| | 38ХНВА | ОП | 2690 | 30 | 1100 | | |
| | 40ХНВА | ОП | 2690 | 30 | 1000- | | |
| | 30Х2НВА | ОП | 2690 | 30 | 1100 | | |
| | 30ХН3ВА | ОП | 2690 | 30 | 1000- | | |
| | 18Х2Н4ВА | ОП | 2690 | 30 | 1200 | | |
| | 25Х2Н4ВА | ОП | 2690 | 30 | 1100- | | |
| | 40ХНМА | | | | 1150 | | |
| Хромомолибденная, хромовольфрамовая, хромованадиевая, никелемолибденная, хромоникелевольфрамованадиевая, хромоникелемолибденная, хромоалюминиевая | 15ХМ | ОП | 1790 | 30 | 450 | 0,8 | 1,25 |
| | 30ХМ | ОП | 2290 | 30 | 950 | | |
| | 30ХМА | ОП | 2290 | 30 | 950 | | |
| | 35ХМ | ОП | 2410 | 30 | 1000 | | |
| | 38ХВА | ОП | 2290 | 3030 | 1000 | | |
| | 15ХФ | ОП | 1870 | 30 | 750 | | |
| | 20ХФ | ОП | 1970 | 30 | 800 | | |
| | 40ХФА | ОП | 2410 | 30 | 900 | | |
| | 25НМ | ОП | 1970 | | 850 | | |
| | 20ХМ | ОП | | 30 | | | |
| | 30ХН2ВФА | ОП | 2690 | 30 | 900 | | |
| | 30Х2НВФА | ОП | 2690 | 30 | 1050 | | |
| | 38ХН3ВФА | ОП | 2690 | 30 | 1200 | | |
| | 20ХН4ФА | ОП | 2690 | 30 | 900 | | |
| | 38Н3МФА | ОП | | 30 | 1200 | | |
| | 38ХЮ | ОП | 2290 | 30 | 900 | | |
| | 38МЮА | ОП | 2290 | 30 | 1000 | | |
| | 38ХХВЮ | ОП | 2290 | 30 | 1000 | | |
| | 38ХВЮА | ОП | 2290 | | 1000 | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|------------|------|------|------|------|-----|-----|
| Хромомарганцевая, хромокремнистая, кремнемарганцевая, хромомарганцевоникелевая, хромокремненикелевая | 18ХГ | ОП | 1870 | 30 | 900 | 0,7 | 1,5 |
| | 18ХГТ | ОП | 2170 | 30 | 1000 | | |
| | 20ХГР | ОП | 1970 | 30 | 1000 | | |
| | 30ХГТ | ОП | 2290 | 30 | 1500 | | |
| | 40ХГ | ОП | 2290 | 30 | 1000 | | |
| | 40ХГР | ОП | 2410 | 30 | 1000 | | |
| | 35ХГ2 | ОП | 2290 | 30 | 850 | | |
| | 33ХС | ОП | 2410 | 30 | 900 | | |
| | 38ХС | ОП | 2550 | 30 | 950 | | |
| | 40ХС | ОП | 2550 | 30 | 1250 | | |
| | 27СГ | ОП | 2170 | 30 | 1000 | | |
| | 35СГ | ОП | 2290 | 30 | 900 | | |
| | 36Г2С | ОП | 2290 | 30 | 750 | | |
| | 20ХГСА | ОП | 2070 | 30 | 800 | | |
| | 25ХГСА | ОП | 2170 | 30 | 1100 | | |
| | 30ХГС | ОП | 2290 | 30 | 1100 | | |
| | 30ХГСА | ОП | 2290 | 30 | 1100 | | |
| | 30ХГСНА | ОП | 2550 | 30 | 1650 | | |
| | 35ХГСА | ОП | 2410 | 30 | 1650 | | |
| | 15ХГНТ | ОП | 2690 | 30 | 950 | | |
| | 15ХГНТА | ОП | 2690 | 30 | 950 | | |
| | 15Х2ГН2Т | ОП | 2690 | 30 | 1000 | | |
| | 15Х2ГН2ТА | ОП | 2690 | 30 | 1000 | | |
| | 15Х2ГН2ТРА | ОП | 2690 | 30 | 1050 | | |
| | 18ХГН | ОП | 2250 | 30 | 850 | | |
| | 20ХГНР | ОП | | | 1300 | | |
| | 25Х2ГНТА | ОП | 2690 | 30 | 1500 | | |
| | 30ХГНА | ОП | 2290 | 30 | 1100 | | |
| 30ХГН | ОП | 2290 | 30 | 900 | | | |
| 30Х2ГН2 | ОП | 2550 | 30 | 1500 | | | |
| 16ХСН | ОП | 1970 | | | | | |
| 18ХСНРА | ОП | 1970 | 30 | 1300 | | | |

Модуль упругости E для углеродистых сталей составляет 200000-220000 МПа, для легированных 210000-220000 МПа.

Механические свойства, не указанные в таблице, можно определить

$\sigma_s = 0,4HB - 220$; для легированных сталей $\sigma_s = 0,35HB$.

II. Значение коэффициентов и показателей степени

в выражениях для сил резания

| Касательная сила резания | | | | Радиальная сила резания | | | | Осевая сила резания | | | |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| $C'_{.z}$ | X_{P_z} | Y_{P_z} | Z_{P_z} | $C'_{.y}$ | X_{P_y} | Y_{P_y} | Z_{P_y} | $C'_{.x}$ | X_{P_x} | Y_{P_x} | Z_{P_x} |
| Обточка твердосплавными резцами | | | | | | | | | | | |
| 3000 | 1,0 | 0,75 | -0,1 | 2430 | 0,9 | 0,6 | -0,15 | 3250 | 1,0 | 0,35 | -0,2 |
| Обточка быстрорежущими резцами | | | | | | | | | | | |
| 2000 | 1,0 | 0,75 | 0 | 1250 | 0,9 | 0,75 | 0 | 670 | 1,2 | 0,65 | 0 |
| Отрезка твердосплавными резцами | | | | | | | | | | | |
| 4080 | 0,72 | 0,8 | 0 | 1730 | 0,7 | 0,7 | 0 | | | | |
| Отрезка быстрорежущими резцами | | | | | | | | | | | |
| 2470 | 1,0 | 1,0 | 0 | 1700 | 0,7 | 0,85 | 0 | | | | |

III. Поправочные коэффициенты на силы резания

для измененных условий работы

| 1. Главный угол в плане | $\phi, \text{град}$ | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | | |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|-----|
| | Для твердосплавных резцов | | | | | | | |
| $K_{\phi Pz}$ | | 1,08 | 1,0 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | | |
| $K_{\phi Py}$ | | 1,3 | 1,0 | 0,77 | 0,62 | 0,5 | | |
| $K_{\phi Px}$ | | 0,78 | 1,0 | 1,11 | 1,13 | 1,17 | | |
| Для быстрорежущих резцов | | | | | | | | |
| $K_{\phi Pz}$ | | 1,08 | 1,0 | 0,98 | 1,03 | 1,08 | | |
| $K_{\phi Py}$ | | 1,63 | 1,0 | 0,71 | 0,54 | 0,44 | | |
| $K_{\phi Px}$ | | 0,7 | 1,0 | 1,27 | 1,51 | 1,82 | | |
| 2. Передний угол | Для твердосплавных резцов | | | | | | | |
| | $K_{\gamma Pz}$ | | 0,83 | 0,9 | 0,95 | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| | $K_{\gamma Py}$ | | 0,55 | 0,7 | 0,85 | 1,0 | 1,4 | 1,8 |
| | $K_{\gamma Px}$ | | 0,44 | 0,7 | 0,85 | 1,0 | 1,4 | 1,8 |
| | $\gamma, \text{град}$ | | 25 | 20 | 15 | 10 | 0 | -10 |
| | Для быстрорежущих резцов в зависимости от σ_B обрабатываемого материала | | | | | | | |
| | $K_{\gamma Pz} \leq 800$ | | 1,0 | 1,06 | 1,15 | | | |
| | > 800 | | 0,94 | 1,0 | 1,1 | | | |
| | $K_{\gamma Py} \leq 800$ | | 1,0 | 1,25 | 1,77 | | | |
| | > 800 | | 1,8 | 1,0 | 1,42 | | | |
| $K_{\gamma Px} \leq 800$ | | 1,0 | 1,28 | 1,9 | | | | |
| > 800 | | 1,78 | 1,0 | 1,48 | | | | |
| 3. Угол наклона режущей кромки | $\lambda, \text{град}$ | | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | |
| | $K_{\lambda Pz}$ | | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| | $K_{\lambda Py}$ | | 0,75 | 1,0 | 1,25 | 1,5 | 1,7 | |
| | $K_{\lambda Px}$ | | 1,07 | 1,0 | 0,85 | 0,75 | 0,65 | |

| | | | | | | | |
|---|---------------------|---|------|-----|---------------------------------|------|------|
| 4. Радиус при вершине резца | $r, \text{мм}$ | 0,5 | 0,1 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| | K_{rz} | 0,87 | 0,93 | 1,0 | 1,04 | - | 1,10 |
| | K_{ry} | 0,66 | 0,82 | 1,0 | 1,14 | - | 1,33 |
| | K_{rx} | - | - | 1,0 | - | - | - |
| 5. Механические свойства и группа обрабатываемого материала | Материал резца | Формула | | | Значение n_p для | | |
| | Твердый сплав | | | | 0,35 | 1,35 | 1,0 |
| | Быстрорежущая сталь | $K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^2$ | | | При $\sigma_B \leq 800$ 0,35 | 2,0 | 1,5 |
| | ЦМ332 | | | | При $\sigma_B > 800$ 0,75 | | |

IV. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах для скорости резания

| Вид обработки | Условия обработки | | C' | x_v | y_v | m |
|---|---------------------------|-------------------|--------------|--------------|-------|--|
| | Материал резца | $S, \text{мм/об}$ | | | | |
| Обточка | Твердый сплав | $\leq 0,03$ | 273 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| | | $\leq 0,75$ | 227 | | 0,35 | |
| | | $> 0,75$ | 221 | | 0,45 | |
| | Быстрорежущая сталь | $\leq 0,25$ | 87,5 | 0,25 | 0,33 | 0,125 |
| | | $> 0,25$ | 56 | | 0,66 | |
| | Минералокерамика ЦМ332 | $t \leq 2$ | 530 | 0,19 | 0,37 | Для углеродистой стали: 0,4 Для легированной стали: 0,3 |
| $\leq 0,3t > 2$ $S = 0,3 + 0,7t$ при $t \leq 7$ | | 750 700 | 0,08 0,08 | 0,02 0,08 | | |
| Отрезка | Твердый сплав | | 47 | 0 | 0,8 | 0,2 |
| | Быстрореж. сталь | | 23,7 | 0 | 0,66 | 0,25 |

V. Поправочные коэффициенты для скорости резания
при измененных условиях работы

| | | | | | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|---|------------------------|--------------------|---|-----------------|------------------|-------------|
| 1. Главный угол в плане | Материал реза | Твердый сплав | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | K_{φ} | $K_{\varphi_v} = \left(\frac{15}{\varphi}\right)^{-3}$ | | | $K_{\varphi_v} = \left(\frac{15}{\varphi}\right)^{-6}$ | | | |
| 2. Вспомогат. угол в плане | Материал реза | Твердый сплав | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | K_{φ_v} | $K_{\varphi_v} = \left(\frac{5}{\varphi}\right)^{-0,9}$ | | | $K_{\varphi_v} = \left(\frac{0}{\varphi}\right)^{-0,9}$ | | | |
| 3. Форма передней поверхности | Материал реза | Твердый сплав | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | Форма | С отрицательной фаской | Плоская отрицательная | | С фаской | Без фаски | | |
| | K_{φ} | 1,0 | 1,05 | | 1,0 | 0,95 | | |
| 4. Радиус при вершине | $K_{r_v} = 1,94 \cdot r^{0,12}$ | | | | | | | |
| 5. Сечение державки или головки | $K_{q_v} = F^{-0,075}$ | | | | Обточные и торцевые $F=H \times B$ Расточные $F = \frac{\tau^2}{4}$ Отрезные $F=H \times b$ | | | |
| 6. Марка материала реза | Материал реза | Твердый сплав | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | K_{u_v} | T510 1,0 | T14K8 1,23 | T15K6 1,54 | T30K4 2,15 | P9 0,95 | P18 1,0 | P9K5 1,2 |
| 7. Состояние стали | Состояние | Поставка | | | Термообработка | | | |
| | K_{c_v} | Прокат горячекатаный | Прокат холодно-тянутый | | Нормализация | Отжиг | Улучшение | |
| | | 1,0 | 1,1 | | 0,95 | 0,9 | 0,8 | |
| 8. Состояние поверхности заготовки | Материал реза | Твердый сплав | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | Состояние поверхности | Без корки | Литейная корка | Загрязненная корка | Без корки | Прокат с коркой | Поковка с коркой | |
| | K_{Π} | 1,0 | 0,8-0,85 | 0,5-0,6 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | |

| | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------|--|---------------------|---------------|
| 9. Механические свойства и группа обрабатываемого материала | Твердосплавные резцы | | Быстрорежущие резцы | | |
| | $K_{M_v} = \frac{750}{\sigma_t}$ | | $K_{M_v} = \zeta_{r_p} \left(\frac{750}{\sigma_t} \right)^{n_v}$ K_{r_p} и n_v (см. прил. В) | | |
| 10. Наличие охлаждения | Материал резца | Твердый сплав | | Быстрорежущая сталь | |
| | Охлаждение | Без охлаждения | С охлаждением | Без охлаждения | С охлаждением |
| | K_{o_v} | 1,0 | 1,1 | 0,8 | 1,0 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ
ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ
(КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ, ЖАРОСТОЙКИХ
И ЖАРОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ)

I. Механические свойства труднообрабатываемых материалов

| Группа сталей | Марка | Термообработка | σ_B , МПа | K_{M_p} | K_{M_v} | K_S |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------|------------------|-----------|-----------|-------|
| Тепло-стойкие | 34ХН3М | 0 | 600 | 0,85 | 1,8 | 0,5 |
| | 34ХН3МФ | 30 | >900 | 0,85 | 1,2 | |
| | 20Х3МВФ (ЭИ414,ЭИ579) | 30 | ≥ 900 | 1,1 | 1,2 | |
| | Х6СМ (ЭСХ6М) | 0 | ≥ 650 | | 1,8 | |
| Коррозионно-стойкие, нержавеющие | 12Х13 (1Х13) | 30 | ≥ 600 | 0,96 | 1,4 | 0,9 |
| | 25Х13Н2 (ЭИ474) | 0 | 700-1000 | 0 | 1,4 | |
| | ШХ12Н2ВМФ (ЭИ961) | 30 | 900 | 1,1 | 1,3 | |
| | 1Х12ВНМФ (ЭИ802,ЭИ952) | 30 | 750 | | | |
| | 20Х13 (2Х13) | 30 | ≥ 700 | 1,09 | 1,3 | |
| | 20Х13 (3Х13) | 30 | ≥ 850 | | 1,2 | |
| | 40Х13 (4Х13) | НО | ≥ 950 | | 1,0 | |
| | 14Х17Н2 (1Х17Н2,ЭИ268) | 30 | 1100 | 1,26 | 1,0 | |
| | 09Х16Н4Б (ЭП56) | 30 | 1000-1300 | 1,12-1,4 | 1,1-0,6 | |
| | 20Х15Н3МА(ДИ1) | | | | | |
| | 07Х16Н6 (Х16Н6,ЭП288) | НО | ≥ 1100 | | 1,0 | |
| 23Х13НВМФА (ЭП65) | 0,30 | >850 >1550 | 1,1-1,8 | 1,2-0,5 | | |
| ЭП311 (ВНС-6) | 30 | 1750 | | 0,3 | | |
| Коррозионно-стойкие, жаростойкие | 1Х18Н9Т (Х18Н9Т, ЭЯ1Т) | | | | | 0,6 |
| | 12Х18Н10Т (Х18Н10Т) | 3 | >550 | 1,0 | 1,0 | |
| | 20Х23Н18 (Х23Н18,И417) | 3 | | 1,48 | 1,0 | |
| | Х15Н5Д2Т (ЭП410,ЭП225, ВНС-2) | 3 | 1000 | 1,12 | | |
| | 12Х21Н5Т (1Х21Н5Т, ЭИ811) | 3 | >700 | 1,12 | 0,85 | |
| | Х15Н910 (ЭИ904) | 3 | 850-1100 | 1,14 | 0,9 | |
| | Х17Н5М3 (ЭИ925,СН3) | Н | >1000 | 1,17 | 0,9 | |

| Группа Сталей | Марка | Термообработка | σ_B , МПа | K_{M_p} | K_{M_v} | K_S |
|----------------------------|--|-----------------|---|-----------|-----------|-------------|
| Жаростойкие, жаропрочные | 45Х14Н14В2М (4Х14Н14В2М, ЭИ69) 13Х14НВФРА (ЭИ736) 08Х15Н24В4ТР (ЭП164) ЭИ395 | 3С | >700 | 1,06 | 0,80 | 0,7 |
| | | С | | 1,22 | | |
| | | 3С | >800 | 1,06 | 0,6 | |
| Жаростойкие, жаропрочные | 07Х21ГАН5 (ЭП222) 12Х25Н16Г7АР (ЭИ835) 37Х12Н8Г8МФБ (4Х12Н8Г8МФБ, ЭИ481) 10Х11Н2013Р (ЭИ696, Х12Н20Т3Р, ЭИ696Н) 10Х11Н23Т3Р (ЭИ696М, ЭП33) 15Х1Н12С4ТЮ (ЭИ654) ОХН28В3Т3ЮР (ЭИ786) | 3 | 1000 | 1,28 | 0,60 | 0,7 |
| | | 3С | >800 | | 0,60 | |
| | | 3С | >900 | 1,51 | 0,60 | |
| | | 3С | >900 | 1,63 | 0,4 | |
| | | | >900 | 1,28 | 0,45 | |
| | | 3 | 700-750 | 1,08 | 0,45 | |
| | | 3О | 900 | 1,2 | 0,40 | |
| Сплавы на никелевой основе | 36НХТЮ (ЭИ702) ХН60В (ВЖ98, ЭИ868) ХН77ТЮ (ЭИ437А) ХН77ТЮР (ЭИ37Б) ХН35ВТЮ (ЭИ787) ЭП99 ХН56ВМТЮ (ЭП199) ХН67ВМТЮ (ЭП201) ХН75МВЮ (ЭИ827) ХН72МВКЮ (ЭИ867) ХН60МВТЮ (ЭИ487) ЭИ698ВД ХН82ТЮМБ (ЭП460) | 3С | 1200 | 1,36 | 1,1 | 0,8- 1,0 |
| | | 3 | 800 | | | |
| | | 3С | 1000 | 1,0 | 1,0 | |
| | | 3С | >950 | 0,92 | 1,0 | |
| | | 3 | 1150-1300 | 1,36 | 0,75 | |
| | | 3 | 900 | 1,0 | 0,63 | |
| | | 3С | >1000 | 1,12 | 0,62 | |
| | | 3С | >1000 | 1,15 | 0,61 | |
| | | 3С | 1250 | 1,59 | 0,47 | |
| | | 3С | 1150 | 1,6 | 0,55 | |
| | | 3С | 1150 | 1,6 | 0,55 | |
| | | 3С | 1350 | 1,65 | 0,5 | |
| | | Литейные сплавы | ВЖ36-Л2 АНВ-300 ВЖЛ14 ЖС6К ЖСДК ХН67ВМТЮЛ (ЭП202Л) | 3С | 800 | |
| 3С | 850 | | | | | |
| 3С | 810-850 | | | | 0,2 | |
| 3С | 1000 | | | | 0,31 | |
| 3С | 1000 | | | | 0,2 | |
| 3С | 750 | | | | 0,53 | |

Условные обозначения: О - отжиг; 3О - закалка и отпуск, Н - нормализация, НО - нормализация и отпуск, С - старение, 3С-закалка и старение.

Модуль упругости $E = 180000 - 210000$ МПа.

II. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах для сил резания

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Силы резания | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | касательная | | | | радиальная | | | | осевая | | | |
| | | $C'_{.z}$ | x_{Pz} | y_{Pz} | z_{Pz} | $C'_{.r}$ | x_{Py} | y_{Py} | z_{Py} | $C'_{.x}$ | x_{Px} | y_{Px} | z_{Px} |
| Обточка | Стали | 3400 | 0,95 | 0,75 | -0,1 | 2760 | 0,85 | 0,52 | -0,15 | 1330 | 1,2 | 0,42 | -0,2 |
| | Сплавы | 5000 | 0,85 | 0,75 | 0,1 | 2760 | 0,8 | 0,5 | 0,1 | 1450 | 0,9 | 0,4 | -0,1 |
| Отрезка | Стали | 5430 | 1,1 | 1,0 | -0,1 | 3390 | 1,0 | 0,9 | -0,15 | - | - | - | - |
| | Сплавы | 7360 | 1,1 | 0,85 | -0,1 | 8540 | 1,0 | 0,9 | -0,15 | - | - | - | - |

III. Поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий работы

| | | | | | |
|--|---|------|------|------|------|
| Главный угол в плане | φ , град | 30 | 45 | 60 | 90 |
| | $K_{\varphi z}$ | 1,08 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |
| | $K_{\varphi y}$ | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,5 |
| | $K_{\varphi x}$ | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,15 |
| Радиус при вершине резца | r , мм | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 |
| | K_{rPz} | 1,0 | 1,05 | 1,13 | 1,2 |
| | K_{rPy} | 1,0 | 1,11 | 1,2 | 1,25 |
| | K_{rPx} | 1,0 | - | - | - |
| Износ резца | h_3 , мм | 0,15 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| | K_{hPz} | 1,0 | 1,03 | 1,09 | 1,15 |
| | K_{hPy} | 1,0 | 1,2 | 1,35 | 1,5 |
| | K_{hPx} | 1,0 | 1,3 | 1,4 | 1,6 |
| Механические свойства (марка) обраб. материала | $K_{M_{Pz}} = \zeta_{M_{Py}} = \zeta_{M_{Px}} = \zeta_{M_P}$ (см. прил. Г) | | | | |

IV. Значение коэффициентов и показателей степени

в формулах для скорости резания

| Вид обработки | Марка материала | Условия обработки | | C' | x_v | y_v | m |
|---------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------|------|-------|-------|------|
| | | Твердый сплав* | $S, \text{мм/об}$ | | | | |
| Обточка | Стали групп I, II, III, IV | Т15К6 | $\leq 0,2$ | 580 | 0,15 | 0,15 | 0,35 |
| | | | $> 0,2$ | 360 | 0,15 | 0,45 | 0,35 |
| | | BK6M | $\leq 0,2$ | 240 | 0,15 | 0,15 | 0,25 |
| | | | $> 0,2$ | 150 | 0,15 | 0,45 | 0,25 |
| | Сплавы групп V, VI | BK6M | $\leq 0,2$ | 76 | 0,15 | 0,15 | 0,25 |
| | | | $> 0,2$ | 47 | 0,15 | 0,45 | 0,25 |
| Отрезка | Стали Сплавы | BK6M при $b=4-8 \text{ мм}$ | 0,07- | 115 | 0,35 | 0,42 | 0,30 |
| | | | 0,15 | 54 | 0,40 | 0,30 | 0,22 |

*Для быстрорежущих резцов считать так же, как для твердосплавных резцов BK6M с учетом поправочных коэффициентов K_{np} , приведенных в приложении Г.

V. Поправочные коэффициенты на скорость резания

для измененных условий резания

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|-------|------|------|---------------------|------|------|------|--|
| 1. Главный угол в плане | Материал резца | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | | |
| | $\varphi, \text{град}$ | 30 | 45 | 60 | 90 | 30 | 45 | 60 | 90 | |
| | K_φ | - | 1,0 | 0,87 | 0,7 | 1,25 | 1,0 | 0,83 | 0,63 | |
| 2. Вспомогательный угол в плане | Материал резца | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | | |
| | $\varphi_1, \text{град}$ | 10 | 15 | 25 | 30 | 10 | 25 | 25 | 30 | |
| | $K_{\varphi v}$ | 1,0 | 0,97 | 25 | 30 | 1,0 | 0,96 | 0,9 | 0,85 | |
| 3. Марка материала резца | Материал резца | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | | |
| | Марка | T5K10 | BK60M | BK6M | BK8 | BK8B | P9 | P18 | P9K5 | |
| | K_{uv} | Для сталей | | | | | | | | |
| | | 0,6 | 1,25 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,32 | 0,35 | 0,40 | |
| | | Для сплавов | | | | | | | | |
| - | 1,25 | 1,0 | 0,8 | 0,6 | 0,22 | 0,25 | 0,28 | | | |

| | | | | | |
|--|-------------|--------------------|-------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| 4. Состояние поверхности заготовки | Поверхность | Без корки и ударов | С коркой | Удары с плавным выходом | Удары с резким выходом |
| | K_{nv} | 1,0 | 0,7 | 0,9 | 0,2 Применять быстрорежущие резцы |
| 5. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала | K_{Mv} | (см. прил. Г) | | | |
| 6. Охлаждение | Жидкость | Без охлаждения | 5% эмульсия | 5% эмульсия с 2% сульфифрезолом | |
| | K_{ov} | 0,9 | 1,0 | 1,07 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ
ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

I. Механические свойства титановых сплавов в отожженном состоянии

| Марка сплава | σ_B , МПа | Поправочные коэффициенты для различных способов обработки | | |
|--------------|------------------|---|-----------|-----------|
| | | Отрезка и обточка | Обточка | Отрезка |
| | | K_{M_p} | K_{M_v} | K_{M_v} |
| BT1 | 450-600 | 0,92 | 2,00 | 1,34 |
| BT2 | | 1,09 | 1,26 | 1,12 |
| BT3 | | 1,01 | 0,96 | 0,94 |
| BT3-1 | 950-1150 | 1,00 | 1,0 | 1,0 |
| OT4 | 950-1200 | 1,10 | 0,86 | 1,42 |
| BT5 | 700-950 | 0,89 | 1,47 | 1,03 |
| BT6 | 900-1000 | 0,83 | 1,10 | 1,00 |
| BT8 | 1050-1200 | 0,92 | 1,41 | 1,07 |
| BT9 | | 0,95 | 1,41 | 1,28 |
| BT14 | | 0,8 | 1,06 | 1,18 |
| BT15 | 900-1100 | 1,1 | 1,2 | 1,0 |
| BT20 | 1120-1200 | 0,7 | 2,04 | 1,44 |
| BT22 | | 1,3 | 1,06 | 0,75 |

Модуль упругости $E=105000-120000$ МПа.

II. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах для сил резания (твердосплавные резцы)

| Вид обработки | Силы резания | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|
| | касательная | | | | радиальная | | | | осевая | | | |
| | $C'_{\cdot z}$ | x_{P_z} | y_{P_z} | z_{P_z} | $C'_{\cdot r}$ | x_{P_y} | y_{P_y} | z_{P_y} | $C'_{\cdot x}$ | x_{P_x} | y_{P_x} | z_{P_x} |
| Обточка Отрезка | 1950 | 0,9 | 0,75 | -0,08 | 780 | 0,9 | 0,5 | -0,08 | 380 | 0,9 | 0,25 | -0,1 |
| | 2570 | 1,2 | 0,85 | 0,15 | 2600 | 1,1 | 0,95 | -0,1 | - | - | - | - |

III. Поправочные коэффициенты на силы резания

для измененных условий работы

| | | | | | |
|--|-------------------------|---|------|------|------|
| 1. Главный угол в плане | $\varphi, \text{ град}$ | 30 | 45 | 60 | 90 |
| | K_{φ_z} | 1,08 | 1,0 | 0,95 | 0,9 |
| | K_{φ_y} | 1,3 | 1,0 | 0,8 | 0,5 |
| | K_{φ_x} | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,15 |
| 2. Радиус при вершине резца | $r, \text{ мм}$ | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 |
| | $K_{r_{PZ}}$ | 1,0 | 1,05 | 1,13 | 1,2 |
| | $K_{r_{PY}}$ | 1,0 | 1,11 | 1,2 | 1,25 |
| | $K_{r_{PX}}$ | 1,0 | - | - | - |
| 3. Износ резца | $h_3, \text{ мм}$ | 0,15 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| | $K_{h_{PZ}}$ | 1,0 | 1,03 | 1,09 | 1,15 |
| | $K_{h_{PY}}$ | 1,0 | 1,2 | 1,35 | 1,5 |
| | $K_{h_{PX}}$ | 1,0 | 1,3 | 1,4 | 1,6 |
| 4. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала | $K_{M_{PZ}}$ | $K_{M_{PZ}} = \zeta_{M_{PY}} = \zeta_{M_{PX}} = \zeta_{M_P}$ (см. прил. Д) | | | |
| | $K_{M_{PY}}$ | | | | |
| | $K_{M_{PX}}$ | | | | |

IV. Значения коэффициентов и показателей степени в формуле

для скорости резания

| Вид обработки | Условия обработки (твердый сплав) | C' | x_v | y_v | m |
|---------------|--|------|-------|-------|------|
| Обточка | $t \leq 4 \text{ мм}$ $S < 0,5 \text{ мм/об}$ | 49 | 0,28 | 0,65 | 0,32 |
| Отрезка | $b = t = 4 \div 7 \text{ мм}$ $S = 0,07 - 0,15 \text{ мм/об}$ | 68 | 0,16 | 0,35 | 0,23 |

**V. Поправочные коэффициенты на скорость резания
для измененных условий работы**

| 1. Главный угол в плане | | | | |
|---|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------|
| Материал резца | Твердый сплав | | | |
| ϕ , град | 30 | 45 | 60 | 90 |
| K_ϕ | 1,3 | 1,0 | 0,9 | 0,75 |
| 2. Марка материала резца | | | | |
| Марка материала резца | ВК60М | ВК6М | ВК8 | |
| K_{mv} | 1,25 | 1,0 | 0,94 | |
| 3. Состояние заготовки | | | | |
| Состояние | Закаленное | Отожженное | Закаленное и составленное | |
| K_{cv} | 1,2 | 1,0 | 0,8 | |
| 4. Состояние поверхности заготовки | | | | |
| Состояние поверхности | Без корки | По корке и сварному шву | Прерывистая с коркой | |
| K_{nv} | 1,0 | 0,7 | 0,5 | |
| 5. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала (см. прил. Д) | | | | |
| 6. Наличие охлаждения | | | | |
| Охлаждение | 5% эмульсия в смеси с 2% сульфозолем | 10% эмульсия под давлением | Без охлаждения | |
| K_{ov} | 1,0 | 1,25 | 0,9 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ
МЕДНЫХ, АЛЮМИНИЕВЫХ И ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ

I. Механические свойства медных сплавов

| Группа сплавов | Марка | НВ*, МПа |
|--|------------------|----------------|
| Гетерогенные высокой твердости | Бр.АЖН11-6-6 | 2500 |
| | Бр. АЖН10-4-2Л | 1700 |
| Средней твердости | Бр. АЖМц10-3-1,5 | 1200 |
| | Бр.АЖ9-4 | 1100-1800 |
| | Бр. АМц9-2Л | 800 |
| | ЛМцЖ52-4-1 | 1000 |
| | Бр.ОС10-2 | 750 |
| | ЛА67-2,5 | 900 |
| | ЛК80-3Л | 1000-1100 |
| | Бр. ОФ10-1 | 800-900 |
| Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | Бр. ОСН10-2-3 | 750 |
| | Бр.ОС10-10 | 550 |
| | ЛК80-22 | 900-1000 |
| | ЛМцС58-22 | 700-800 |
| Гомогенные | ЛМцОС58-2-2-2 | 900-1000 |
| | Бр. КМц3-1 | <u>700-900</u> |
| | Бр.А5 | 1700-1900 |
| | | <u>550-650</u> |
| | Бр.А7 | 1900-2100 |
| | | <u>650-750</u> |
| | Бр. ОФ6,5-0,4 | 2000-2200 |
| <u>700-900</u> | | |
| Бр. ОЦ4-3 | 1600-2000 | |
| | <u>500-700</u> | |
| Бр.КН1-3 | 1500-1700 | |
| | <u>800-1000</u> | |
| С содержанием свинца <10% при гомогенной структуре | 1500-2000 | |
| | <u>500-700</u> | |
| С содержанием свинца >15% | Бр.ОЦС6-6-3 | 600-750 |
| | Бр.ОЦС4-4-2,5 | <u>500-700</u> |
| Медь | МЗ,М4 | 350 |
| С содержанием свинца >15% | Бр.ОЦС4-4-17 | 600 |
| | Бр.ОС30 | 250 |
| | Бр.ОС5-25 | 500 |

*Для деформируемых бронз в числителе приведена твердость для мягкого состояния, а в знаменателе- для твердого состояния.

Модуль упругость $E=80000-90000$ МПа.

II. Механические свойства алюминиевых, магниевых

и цинковых сплавов

| Группа сплавов | Марка | Состояние | Предел прочности σ_B , МПа |
|------------------------------------|---------|---|-----------------------------------|
| Упрочняемые термической обработкой | Д16 | З | 400-420 |
| | АК8 | ЗС | 440-460 |
| | Д6 | З | 400-420 |
| | Д1 | З | 380-360 |
| | АК6 | ЗС | 360 |
| | АВ | ЗС | 300 |
| Неупрочняемые | АМГ | О | 230 |
| | АМц | ЗС | <170 |
| | АД1 | О | 110 |
| Высокопрочные алюминиевые | АМг6 | О | 325 |
| | Д18Т | | 300 |
| | Д18М | | 160 |
| | В65 | | 400 |
| | В95 | | 520 |
| | ВД17 | | 440 |
| | Д19 | З | 440 |
| | Д20 | Нагартован | 540 |
| | Д21 | | 400 |
| | | | 320 |
| Литейные алюминиевые | АЛ2 | Для различных способов литья и термообработки | 150-160 |
| | АЛ4 | | 150-240 |
| | АЛ5 | | 160-200 |
| | АЛ8 | | 280 |
| | АЛ9 | | 160-200 |
| | ВИ-11-3 | | 180-250 |
| | АЛ19 | | 300-340 |
| Магниевые | МА1 | Г | 230 |
| | МА8 | Г | 280 |
| | ВМ65-1 | ГС | 320 |
| Магниевые литейные | МЛ5 | О | 150-230 |
| | МЛ-7-1 | О | 160 |
| | МЛ-11 | О | 120 |
| Цинковые сплавы | ЦАМ4-1 | Литье | 250-320 |

Условные обозначения: З- закаленные и естественно состаренные, ЗС- закаленные и искусственно состаренные, О- отожженные, Г- горячепрессованные, ГС- горячепрессованные и искусственно состаренные.

Модуль упругости для алюминиевых сплавов $E=70000-90000$ МПа;
для магниевых сплавов $E= 80000-90000$ МПа.

III. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах для сил резания

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Силы резания | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------------|--------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | касательная | | | | радиальная | | | | осевая | | | |
| | | $C'_{.z}$ | x_{Pz} | y_{Pz} | z_{Pz} | $C'_{.y}$ | x_{Py} | y_{Py} | z_{Py} | $C'_{.x}$ | x_{Px} | y_{Px} | z_{Px} |
| Обточка | Медные сплавы | 550 | 0,1 | 0,66 | 0 | 430 | 0,9 | 0,75 | 0 | 180 | 1,1 | 0,4 | 0 |
| | Алюмин. сплавы | 750 | 0,85 | 0,8 | -0,1 | 700 | 0,85 | 0,6 | -0,3 | 600 | 0,8 | 0,4 | -0,3 |
| Обточка | Цинковые сплавы | 780 | 0,98 | 0,72 | -0,1 | 620 | 0,74 | 0,13 | -0,5 | 180 | 0,85 | 0,2 | -0,4 |
| Отрезка | Медные сплавы | 500 | 1,0 | 1,0 | 0 | 280 | 1,0 | - | - | - | - | - | - |
| | Цинковые и алюминиевые сплавы | 840 | 1,0 | 1,0 | 0 | 500 | 1,0 | - | - | - | - | - | - |

IV. Поправочные коэффициенты на силы резания

для измененных условий работы

| | | | | | | | | | | | |
|---|-----|--|--|--|--|------------|--|---------|--------------------------|---------|-----------|
| 1.Главный угол в плане | | | | $\varphi, \text{град}$ | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | | |
| | | | | K_{φ_z} | - | 1,08 | 1, | 0,9 | 1,0 | | |
| 2.Радиус при вершине резца | | | | $r, \text{мм}$ | 0,5 | 1,0 | 2, | 3,0 | 4,0 | | |
| | | | | $K_{r_{pz}}$ | 0,91 | 0,95 | 1, | 1,0 | 1,0 | | |
| | | | | $K_{r_{py}}$ | 0,76 | 0,87 | 0 | 3 | 5 | | |
| | | | | $K_{r_{px}}$ | - | - | 1, | 1,0 | 1,1 | | |
| 3. Механические свойства и группа обрабатываемого материала | | | | Группа сплавов Гетерогенные | Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | Гомогенные | С содержанием свинца 10% при основной гомогенной структуре | Медь | С содержанием свинца 15% | | |
| | | | | | $K_{u_{pz}}$ | 1,0 | 0,62 | 1,8-2,2 | 0,65-0,7 | 1,7-2,1 | 0,25-0,45 |
| | | | | | $K_{u_{py}}$ | 1,0 | | | | | |
| $K_{u_{px}}$ | 1,0 | | | | | | | | | | |
| Алюминиевые сплавы | | | | σ_B | ≤ 250 | 250 - 300 | 350-500 | | | | |
| | | | | $K_{M_{pz}}$ $K_{M_{py}}$ $K_{M_{px}}$ | 0,66 | | | 0,82 | 1,1 | | |

V. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах

для скорости резания

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | C' | x_v | y_v | m |
|---------------|----------------------------|------|-------|-------|------|
| Обточка | Медные сплавы $S \leq 0,2$ | 238 | 0,12 | 0,25 | 0,23 |
| | Медные сплавы $S > 0,2$ | 161 | 0,12 | 0,5 | 0,23 |
| | Алюминиевые сплавы | 370 | 0,12 | 0,26 | 0,3 |
| | Цинковые сплавы | 670 | 0,2 | 0,35 | 0,32 |
| Отрезка | Медные сплавы | 65 | 0 | 0,5 | 0,25 |
| | Алюминиевые сплавы | 81 | 0 | 0,5 | 0,25 |
| | Цинковые сплавы | 168 | 0 | 0,4 | 0,35 |

VI. Поправочные коэффициенты на скорость резания

для измененных условий резания работы

| 1. Главный угол в плане | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|
| φ , град | 45 | 60 | 75 | 90 | |
| K_φ | 1,13 | 1,0 | 0,9 | 0,83 | |
| 2. Вспомогательный угол в плане | | | | | |
| φ | 10 | 20 | 30 | 45 | |
| $K_{\varphi'}$ | 1,0 | 0,94 | 0,91 | 0,87 | |
| 3. Радиус при вершине | | | | | |
| r , мм | 1 | 2 | 3 | 5 | |
| K_{r_v} | 0,94 | 1,0 | 1,08 | 1,13 | |
| 4. Сечение державки резца | | | | | |
| $B \times H$ | 12×20 16×16 | 16×25 20×20 | 20×30 25×25 | 25×40 30×30 | 35×45 40×40 |
| K_{q_v} | 0,97 | 0,98 | 1,0 | 1,02 | 1,04 |
| 5. Марка материала резца | | | | | |
| Марка | Быстрорежущая сталь P9, P18 | | Твердый сплав BK4, BK6 | | |
| K_{u_v} | 1,0 | | 2,5 | | |
| 6. Состояние поверхности заготовки | | | | | |
| Состояние поверхности | Без корки | | С литевой коркой | | |
| K_{n_v} | 1,0 | | 0,9 | 0,3 | |

7. Механические свойства и группа обрабатываемого материала

| Медные сплавы | Группа сплавов | Гетерогенные | | Свинцовистые при основной гетерогенной структуре | Гомогенные | С содержанием свинца < 10% при основной гомогенной структуре | Мель | С содержанием свинца 15% | Медные и алюминиевые сплавы | Цинковые сплавы |
|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|------------|--|---------|--------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | Высокой твердости | Средней твердости | | | | | | | |
| | K_{M_v} | 0,7 | 1,0 | 1,7 | 2,0 | 4,0 | 8,0 | 12,0 | 0,9 | 0,3 |
| Алюминиевые сплавы | σ_B , МПа | ≤ 250 | | 250÷350 | | | 350÷500 | | | |
| | K_{M_v} | 1,5 | | 1,26 | | | 1,0 | | | |
| Цинковые сплавы | σ_B , МПа | ≤ 250 | | 250÷350 | | | 350÷500 | | | |
| | K_{M_v} | 1,25 | | 1,0 | | | 0,7 | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ СЕРЫХ
И КОВКИХ ЧУГУНОВ

I. Механические свойства серого и ковкого чугуна

| Чугун серый | | Чугун ковкий | |
|-------------|-------------------|--------------|--------------------|
| Марка | Твердость НВ, МПа | Марка | Твердость, НВ, МПа |
| СЧ00 | Не контролир. | КЧ30-6 | 1630 |
| СЧ12-80 | 1430-2290 | КЧ38-8 | 1490 |
| СЧ15-32 | 1630-2290 | КЧ35-10 | 1490 |
| СЧ18-36 | 1700-2290 | КЧ37-12 | 1490 |
| СЧ21-40 | 1700-2410 | КЧ30-2 | 2010 |
| СЧ24-44 | 1700-2410 | КЧ35-4 | 2010 |
| СЧ28-48 | 1700-2410 | КЧ40-3 | 2010 |
| СЧ35-56 | 1970-2690 | ПФКЧ40-2 | 1630-2290 |
| СЧ38-60 | 2070-2690 | ПФКЧ40-5 | 1630-2290 |
| | | ПФК50-3 | 1630-2290 |

Модуль упругости $E = 90000-160000$ МПа.

В марке серого чугуна число за буквами указывает предел прочности при изгибе $\sigma_{Вн}$, кгс/мм², второе число – предел прочности при растяжении σ_B , кгс/мм². В марке ковкого чугуна первое число – предел прочности при растяжении σ_B , кгс/мм², второе – относительное удлинение σ , %.

II. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах
для сил резания

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Материал резца | Силы резания | | | | | | | | |
|---------------|-------------------------|---------------------|----------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|----------------|-----------|-----------|
| | | | касательная | | | радиальная | | | осевая | | |
| | | | $C'_{\cdot z}$ | x_{P_z} | y_{P_z} | $C'_{\cdot r}$ | x_{P_r} | y_{P_r} | $C'_{\cdot x}$ | x_{P_x} | y_{P_x} |
| Обточка | Чугун серый | Твердый сплав | 920 | 1,0 | 0,75 | 540 | 0,9 | 0,75 | 460 | 1,0 | 0,4 |
| | | ЦМ332 | 1040 | 0,9 | 0,65 | 710 | 0,7 | 0,35 | 410 | 1,0 | 0,35 |
| | | Быстрорежущая сталь | 1140 | 1,0 | 0,75 | 1190 | 0,9 | 0,75 | 520 | 1,2 | 0,65 |
| | Чугун ковкий | Твердый сплав | 810 | 1,0 | 0,75 | 430 | 0,9 | 0,75 | 380 | 1,0 | 0,4 |
| | | Быстрорежущая сталь | 1000 | 1,0 | 0,75 | 880 | 0,9 | 0,75 | 400 | 1,2 | 0,65 |

| | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|---|---|---|
| Отрезка | Чугун серый | Твердый сплав | 980 | 1,0 | 1,0 | 620 | 1,2 | 0,75 | - | - | - |
| | | Быстрорежущая сталь | 1580 | 1,0 | 1,0 | 750 | 1,2 | 0,75 | - | - | - |
| | Чугун ковкий | Твердый сплав | 870 | 1,0 | 1,0 | 410 | 1,2 | 0,75 | - | - | - |
| | | Быстрорежущая сталь | 1380 | 1,0 | 1,0 | 560 | 1,2 | 0,75 | - | - | - |

III. Поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий работы

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------|------------------------|-----------------------|------|------|------|------|-----|
| 1. Главный угол в плане | Твердосплавные резцы | | $\varphi, \text{град}$ | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | |
| | | | K_{φ_z} | 1,08 | 1,0 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | |
| | | | K_{φ_y} | 1,3 | 1,0 | 0,77 | 0,62 | 0,5 | |
| | | | K_{φ_x} | 0,78 | 1,0 | 1,11 | 1,13 | 1,17 | |
| | Быстрорежущие резцы | | $\varphi, \text{град}$ | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | |
| | | | K_{φ_z} | 1,05 | 1,0 | 0,96 | 0,94 | 0,92 | |
| K_{φ_y} | | | 1,23 | 1,0 | 0,87 | 0,77 | 0,70 | | |
| | K_{φ_x} | 0,63 | 1,0 | 1,11 | 1,20 | 1,28 | | | |
| 2. Передний угол резца | Твердосплавные резцы | | $\gamma, \text{град}$ | +20 | +10 | 0 | -10 | -20 | |
| | | | K_{γ_z} | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | |
| | | | K_{γ_y} | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | |
| | | | K_{γ_x} | 0,7 | 1,0 | 1,4 | 1,8 | 2,2 | |
| | Быстрорежущие резцы при обработке чугуна с НВ | | <1500 | $\gamma, \text{град}$ | +20 | +10 | 0 | -10 | -20 |
| | | | | K_{γ_z} | 1,0 | 1,1 | - | - | - |
| | | | | K_{γ_y} | 1,0 | 1,4 | - | - | - |
| | | | K_{γ_x} | 1,0 | 1,4 | - | - | - | |
| | | | 1500-2000 | $\gamma, \text{град}$ | +20 | +10 | 0 | -10 | -20 |
| | | | | K_{γ_z} | 0,91 | 1,0 | 1,10 | - | - |
| K_{γ_y} | 0,70 | 1,0 | | 1,25 | - | - | | | |
| | K_{γ_x} | 0,68 | 1,0 | 1,30 | - | - | | | |

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------|------------------|------|------|------|------|------|
| | | 2000-2600 | γ , град | +20 | +10 | 0 | -10 | -20 |
| | | | K_{γ_z} | - | 0,94 | 1,0 | - | - |
| | | | K_{γ_y} | - | 0,82 | 1,0 | - | - |
| | | | K_{γ_x} | - | 0,80 | 1,0 | - | - |
| 3. Угол наклона режущей кромки | | | λ , град | -5 | 0 | +15 | +10 | +15 |
| | | | K_{λ_z} | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | | | K_{λ_y} | 0,75 | 1,0 | 1,25 | 1,5 | 1,7 |
| | | | K_{λ_x} | 1,07 | 1,0 | 0,85 | 0,75 | 0,65 |
| 4. Радиус при вершине реза | r , мм | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | |
| | $K_{r_{PZ}}$ | 0,91 | 0,95 | 1,0 | 1,03 | 1,05 | 1,07 | |
| | $K_{r_{PY}}$ | 0,76 | 0,87 | 1,0 | 1,08 | 1,16 | 1,20 | |
| | $K_{r_{PX}}$ | - | - | - | - | - | - | |

| 5. Механические свойства и группа обрабатываемого материала | Обрабатываемый материал | Материал резца | Формула | Для значения n_p | | |
|---|-------------------------|---------------------|--|--------------------|-------|-------|
| | | | | P_z | P_y | P_x |
| Чугун серый | Чугун серый | Твердый сплав | $K_{M_p} = \left(\frac{HB}{1900} \right)^{n_p}$ | 0,4 | 1,0 | 0,8 |
| | | Быстрорежущая сталь | | 0,55 | 1,20 | 1,1 |
| | | ЦМ332 | | 0,6 | - | - |
| Чугун ковкий | Чугун ковкий | Твердый сплав | $K_{M_p} = \left(\frac{HB}{1900} \right)^{n_p}$ | 0,4 | 1,0 | 0,8 |
| | | Быстрорежущая сталь | | 0,55 | 1,25 | 1,1 |

IV. Значения коэффициентов и показателей степени в формулах для скорости резания

| Вид обработки | Обрабатываемый материал | Материал резца | Условия обработки | C' | x_v | y_v | m |
|---------------|-------------------------|---------------------|---------------------|------|-------|-------|-------|
| Обточка | Чугун серый | Твердый сплав | $S \leq 0,4$ | 292 | 0,15 | 0,2 | 0,2 |
| | | | $S > 0,4$ | 243 | | 0,4 | |
| | | Быстрорежущая сталь | $S \leq 0,25$ | 27,4 | 0,15 | 0,3 | 0,1 |
| | | | $S > 0,25$ | 23,6 | | 0,4 | |
| | ЦМ332 | $S \leq 0,5$ | 1560 | 0,2 | 0,2 | 0,43 | |
| | Чугун ковкий | Твердый сплав | $t < 2; S \leq 0,4$ | 317 | 0,5 | 0,2 | 0,2 |
| | | | $t \geq 2$ | 215 | | 0,45 | |
| | | Быстрорежущая сталь | $S \leq 0,25$ | 65 | 0,2 | 0,25 | 0,125 |
| $S > 0,25$ | | | 46 | 0,50 | | | |

| | | | | | | | |
|---------|--------------|----------------------|--|------|---|-----|------|
| Отрезка | Чугун серый | Твердый сплав | | 68,5 | 0 | 0,4 | 0,2 |
| | | Быстро-режущая сталь | | 22,5 | 0 | 0,4 | 0,15 |
| | Чугун ковкий | Твердый сплав | | 47 | 0 | 0,5 | 0,25 |
| | | Быстро-режущая сталь | | 13,4 | 0 | 0,5 | 0,25 |

**V. Поправочные коэффициенты на скорость резания
для измененных условий работы**

| | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|------------------------|-----|-----|-----------------------|-----|---------------------|------|-----------|------|------|
| 1. Главный угол в плане | Материал реза | Твердый сплав | | | | | Быстрорежущая сталь | | | | |
| | φ , град | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 |
| 2. Вспомогательный угол в плане | K_φ | 1,15 | 1,0 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 1,23 | 1,0 | 0,85 | 0,78 | 0,7 |
| | Материал | Твердый сплав | | | | | Быстрорежущая сталь | | | | |
| | φ , град | 20 | 25 | 30 | 45 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 45 |
| | K_φ | | | | | 1,0 | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,91 | 0,87 |
| | Материал | Твердый сплав | | | | | Быстрорежущая сталь | | | | |
| 3. Форма передней поверхности реза | Форма | С отрицательной фаской | | | Плоская отрицательная | | С фаской | | Без фаски | | |
| | K_φ | 1,0 | | | 1,05 | | 1,0 | | 0,95 | | |

| | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|----------------|-----|------|
| 4. Радиус при вершине | $r, \text{ мм}$ | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2 | 3 | 5 | | |
| | K_{r_v} | 0,87 | 0,94 | 0,98 | 1,0 | 1,08 | 1,13 | | |
| 5. Сечение дрявки реза | $B \times H$ | 12×12 10×16 | 16×16 12×20 Ø16 | 16×25 20×20 Ø20 | 20×30 25×25 Ø30 | 25×40 30×30 Ø40 | 35×45 40×40 | | |
| | K_{q_v} | 0,95 | 0,97 | 0,98 | 1,0 | 1,02 | 1,04 | | |
| 6. Марка материала реза | Материал и марка реза | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | | ВК2 | ВК3 | ВК4 | ВК6 | ВК8 | Р9 | Р18 | Р9К5 |
| | K_{u_v} | 1,2 | 1,15 | 1,1 | 1,0 | 0,83 | 0,95 | 0,1 | 1,2 |
| 7. Состояние поверхности заготовки | Материал реза | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | K_{n_v} | 1,0 | 0,8-0,85 | 0,5-0,6 | | 1,0 | 0,7-0,8 | | |
| | Материал реза | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | Состояние поверхности | Без корки | С коркой | С загрязненной коркой | | Без корки | С коркой | | |
| | K_{n_v} | 1,0 | 0,8-0,85 | 0,5-0,6 | | 1,0 | 0,7-0,8 | | |
| 8. Механические свойства и группа обрабатываемого материала | Материал реза | Твердый сплав | | | | Быстрорежущая сталь | | | |
| | Чугун серый | $K_{M_v} = \left(\frac{900}{HB} \right)^{1,25}$ | | | | $K_{M_v} = \left(\frac{900}{HB} \right)^{1,7}$ | | | |
| | Чугун ковкий | $K_{M_v} = \left(\frac{500}{HB} \right)^{1,25}$ | | | | $K_{M_v} = \left(\frac{500}{HB} \right)^{1,7}$ | | | |
| 9. Наличие охлаждения | Чугун серый | Без охлаждения $K_{ov}=1,0$ | | | | | | | |
| | Чугун ковкий | Твердый сплав без охлаждения $K_{ov}=1,0$ | | | | | | | |
| | | Быстрорежущая сталь с охлаждением $K_{ov}=1,0$ | | | | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ И
ЕСДП. Значения допусков, мкм

| Интервалы размеров, мм | Квалитеты | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| До 3 | 6 | 10 | 14 | 25 | 40 | 60 | 100 | 140 | 250 |
| Свыше 3 до 6 | 8 | 12 | 18 | 30 | 48 | 75 | 120 | 180 | 300 |
| Св.6 до 10 | 9 | 15 | 22 | 36 | 58 | 90 | 150 | 220 | 360 |
| Св.10 до 18 | 11 | 18 | 27 | 43 | 70 | 110 | 180 | 270 | 430 |
| Св. 18 до 30 | 13 | 21 | 33 | 52 | 84 | 130 | 210 | 330 | 520 |
| Св.30 до 50 | 16 | 25 | 39 | 62 | 100 | 160 | 250 | 390 | 620 |
| Св.50 до 80 | 19 | 30 | 46 | 74 | 120 | 190 | 300 | 460 | 740 |
| Св.80 до 120 | 22 | 35 | 54 | 87 | 140 | 220 | 350 | 540 | 870 |
| Св.120 до 180 | 25 | 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 |
| Св.180 до 250 | 29 | 46 | 72 | 115 | 185 | 290 | 460 | 720 | 1150 |
| Св.250 до 315 | 32 | 52 | 81 | 130 | 210 | 320 | 520 | 810 | 1300 |
| Св.315 до 400 | 36 | 57 | 89 | 140 | 230 | 360 | 570 | 890 | 1400 |
| Св.400 до 500 | 40 | 63 | 97 | 155 | 250 | 400 | 630 | 970 | 1500 |

ПРИЛОЖЕНИЕ К
Подачи при чистовом точении, мм/об [16]

| Шероховатость поверхности, мкм | | Радиус при вершине резца, мм | | | | | |
|--------------------------------------|-----------|------------------------------|------|-------|------|------|------|
| <i>Ra</i> | <i>Rz</i> | 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 |
| 250 | | 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. Подачи даны для обработки сталей с $\sigma_B = 700 \dots 900$ МПа и чугунов; для сталей с $\sigma_B = 500 \dots 700$ МПа значения подач умножать на коэффициент $K_S = 0,45$; для сталей $\sigma_B = 900 \dots 1100$ МПа значения подач умножать на коэффициент $K_S = 1,25$.

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Подачи при черновом точении деформируемых и литейных жаропрочных сплавов резцами из сплавов: ВК8, ВК6М, ВК10-ОМ

| Размер державки, мм | Диаметр обрабатываемой поверхности, мм | Глубина резания, мм, не более | |
|---------------------|--|-------------------------------|-----------|
| | | 2 | 4 |
| | | Подача <i>s</i> , мм/об | |
| 20×16 25×20 | 20 | 0,15-0,25 | - |
| | 50 | 0,2-0,3 | 0,15-0,25 |
| | 100 | 0,2-0,3 | 0,2-0,3 |
| | 200 | 0,2-0,3 | 0,2-0,3 |
| 32×25 | 100 | 0,2-0,3 | 0,15-0,25 |
| | 200 | 0,2-0,4 | 0,2-0,3 |
| | 500 | 0,2-0,4 | 0,2-0,3 |
| 40×40 50×40 | 100 | 0,2-0,4 | 0,2-0,3 |
| | 200 | 0,2-0,4 | 0,2-0,3 |
| | 500 | 0,2-0,4 | 0,2-0,3 |
| 60×40 | Св. 500 | 0,2-0,4 | 0,2-0,3 |

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Поправочные коэффициенты на подачу при растачивании

| Отношение длины вылета к диаметру оправки у основания | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 |
|---|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Поправочный коэффициент K_f | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,24 | 0,15 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Подачи (мм/об) для чистового точения деформируемых сплавов резцами с пластинками из твердого сплава

| Радиус при вершине резца, мм | Шероховатость поверхности R_z | | | | |
|------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
| | 80 | 40 | 20 | 2,5 | 1,25 |
| 0,5 | 0,65 | 0,32 | 0,18 | 0,11 | - |
| 1,0 | - | 0,42 | 0,24 | 0,15 | 0,10 |
| 2,0 | - | 0,56 | 0,32 | 0,20 | 0,14 |
| 4,0 | - | - | 0,42 | 0,27 | 0,18 |

ПРИЛОЖЕНИЕ П

Подачи (мм/об) в зависимости от шероховатости при точении отливок на токарных станках. Резцы с пластинками из твердого сплава

| Шероховатость поверхности R_z | Радиус при вершине резца, мм | Скорость резания, м/мин | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|------|-----|------|--------|
| | | 3 | 5 | 10 | 15 | Св. 15 |
| 40 | 0,5 | 0,16 | | 0,2 | | |
| 20 | | 0,10 | | | 0,12 | |
| 2,5 | | | | - | | 0,10 |
| 2,5 | 1,0 | 0,14 | 0,28 | | | |
| 1,25 | | - | | | 0,12 | |
| 20 | 2,0 | 0,28 | | | | |
| 2,5 | | 0,28 | | | | |
| 1,25 | | 0,20 | | | 0,25 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Режимы резания при наружном продольном точении сплава ЭИ698ВД (ХН73МБТЮ). Резцы с пластинками ВК6М, ВК8. Работа с охлаждением

| Глубина резания t , мм | Подача s , мм/об | Главный угол в плане φ^0 | | |
|---------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------|------|
| | | 30 | 45-60 | 90 |
| Скорость резания, м/мин | | | | |
| <i>Резцы с пластинками ВК6М</i> | | | | |
| 0,5 | 0,06 | 49,4 | 40,5 | 35,3 |
| | 0,1 | 43,9 | 36,0 | 31,3 |
| | 0,2 | 36,8 | 30,2 | 26,3 |
| | 0,24 | 35,0 | 28,8 | 25,0 |
| 1,0 | 0,06 | 43,0 | 35,4 | 30,8 |
| | 0,1 | 38,0 | 31,3 | 27,4 |
| | 0,2 | 31,9 | 26,1 | 22,8 |
| | 0,24 | 30,48 | 25,0 | 21,7 |
| 1,5 | 0,3 | 28,8 | 23,6 | 20,5 |
| | 0,06 | 39,84 | 32,6 | 28,3 |
| | 0,1 | 35,0 | 28,8 | 25,0 |
| | 0,2 | 29,4 | 24,1 | 21,1 |
| 3,0 | 0,24 | 28,1 | 23,0 | 20,0 |
| | 0,3 | 26,4 | 21,7 | 18,8 |
| | 0,1 | 30,6 | 25,1 | 21,8 |
| | 0,2 | 25,6 | 21,0 | 18,2 |
| 6,0 | 0,24 | 24,5 | 20,0 | 17,4 |
| | 0,3 | 23,2 | 19,0 | 16,4 |
| | 0,2 | 22,4 | 18,4 | 16,0 |
| | 0,24 | 21,4 | 17,5 | 15,2 |
| 9,0 | 0,3 | 20,2 | 16,6 | 14,4 |
| | 0,35 | 19,3 | 15,8 | 13,8 |
| | 0,42 | 18,6 | 15,2 | 13,3 |
| | 0,5 | 17,8 | 14,5 | 12,6 |
| <i>Резцы с пластинками ВК8</i> | | | | |
| 9,0 | 0,4 | 17,3 | 14,2 | 12,4 |
| | 0,5 | 16,4 | 13,4 | 11,6 |
| | 0,6 | 15,7 | 12,8 | 11,3 |
| | 0,7 | 15,0 | 12,4 | 10,8 |
| | 0,8 | 14,5 | 11,9 | 10,3 |

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Режимы резания при наружном продольном точении сплава ВЖЛ-12У.

Резцы с пластинками ВК6М, ВК10-ОМ. Работа с охлаждением

| Глубина резания t , мм | Подача s , мм/об, не более | Главный угол в плане φ , град | | |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------|------|
| | | 30 | 45-60 | 90 |
| | | Скорость резания, м/мин | | |
| 0,5 | 0,06 | 17,7 | 16,9 | 14,6 |
| | 0,10 | 16,9 | 15,4 | 13,1 |
| | 0,20 | 14,6 | 13,9 | 12,3 |
| | 0,24 | 14,6 | 12,3 | 10,8 |
| 1,0 | 0,06 | 16,9 | 14,6 | 13,1 |
| | 0,10 | 15,4 | 13,9 | 12,3 |
| | 0,20 | 13,9 | 12,3 | 11,5 |
| | 0,24 | 13,1 | 12,3 | 10,0 |
| | 0,30 | 12,3 | 10,8 | 9,25 |
| 1,5 | 0,06 | 14,6 | 13,9 | 12,3 |
| | 0,10 | 13,9 | 12,3 | 11,5 |
| | 0,20 | 12,3 | 12,3 | 10,0 |
| | 0,24 | 12,3 | 10,8 | 9,25 |
| | 0,30 | 10,8 | 10,0 | 8,5 |
| 3,0 | 0,10 | 12,3 | 12,3 | 10,0 |
| | 0,20 | 11,5 | 10,8 | 9,25 |
| | 0,24 | 10,8 | 10,0 | 8,8 |
| | 0,30 | 10,0 | 9,25 | 7,7 |

ПРИЛОЖЕНИЕ Т
Поправочные коэффициенты на скорость резания
при точении сплавов ХН73МБТЮ и ВЖЛ-12У

| | | | | | |
|--------------------------------------|--|---------------|------------------------------------|------|---------|
| Поперечное точение | Отношение меньшего диаметра к большему, не более | | 0,4 | 0,7 | 0,8 |
| | Коэффициент K_{v1} | | 1,14 | 1,06 | 1,05 |
| Отрезка и расточка кольцевых канавок | Отношение меньшего диаметра к большему, не более | | 0,4 | 0,7 | 0,8 |
| | Коэффициент K_{v2} | | 0,65 | 0,6 | 0,5 |
| Проточка торцевых канавок | Коэффициент K_{v3} | | 0,5 | | |
| Растачивание | Диаметр растачивания, мм | | 75 | 200 | Св. 200 |
| | Коэффициент K_{v4} | | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Материал режущей части | ВК-ОМ | ВК6М, ВК8 | ВК3М (для глубины резания до 3 мм) | | |
| Коэффициент K_{v5} | 1,2 | 1,0 | 1,1 | | |
| Период стойкости резца, T , мин | 30 | 45 | 60 | 90 | |
| Коэффициент K_{v6} | 1,0 | 0,9 | 0,83 | 0,75 | |
| Состояние поверхности | Без корки | | С коркой | | |
| Коэффициент K_{v7} | 1,0 | | 0,75 | | |
| Без охлаждения | | С охлаждением | | | |
| 0,9 | | 1,0 | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ У

**Режимы резания при наружном продольном точении сплава ЭП742
(ХН62БМКТЮ) резцами с пластинками ВК6М, ВК8.**

Работа с охлаждением

| Глубина резания t , мм | Подача s , мм/об, не более | Главный угол в плане ϕ , град. | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-------|------|-----|
| | | 30 | 45-60 | 90 | |
| | | Скорость резания v , м/мин | | | |
| <i>Резцы с пластинками ВК6М</i> | | | | | |
| 0,5 | 0,06 | 36,5 | 30,0 | 26,0 | |
| | 0,1 | 32,5 | 26,6 | 23,1 | |
| | 0,2 | 27,2 | 22,3 | 19,4 | |
| | 0,24 | 25,9 | 21,3 | 18,5 | |
| 1,0 | 0,06 | 31,9 | 26,1 | 22,8 | |
| | 0,1 | 28,2 | 23,1 | 20,3 | |
| | 0,2 | 23,5 | 19,3 | 16,8 | |
| | 0,24 | 22,5 | 18,5 | 16,1 | |
| 1,5 | 0,3 | 21,3 | 17,5 | 15,1 | |
| | 0,06 | 29,7 | 24,1 | 21,0 | |
| | 0,1 | 25,9 | 21,3 | 18,5 | |
| | 0,2 | 21,7 | 17,9 | 15,6 | |
| 3,0 | 0,24 | 20,7 | 17,0 | 14,9 | |
| | 0,3 | 19,4 | 16,0 | 13,9 | |
| | 0,1 | 22,7 | 18,6 | 16,2 | |
| | 0,2 | 19,0 | 15,5 | 13,4 | |
| 6,0 | 0,24 | 18,0 | 14,7 | 12,8 | |
| | 0,3 | 17,0 | 14,0 | 12,1 | |
| | 0,2 | 16,5 | 13,5 | 11,7 | |
| | 0,24 | 15,8 | 13,0 | 11,3 | |
| | 0,3 | 14,9 | 12,2 | 10,5 | |
| 9,0 | 0,35 | 14,3 | 11,6 | 10,2 | |
| | 0,42 | 13,7 | 11,3 | 9,8 | |
| | 0,5 | 13,0 | 10,6 | 9,2 | |
| | <i>Резцы с пластинками ВК8</i> | | | | |
| | 9,0 | 0,4 | 12,7 | 10,4 | 9,1 |
| 0,5 | | 12,1 | 10,0 | 8,6 | |
| 0,6 | | 11,6 | 9,5 | 8,3 | |
| 0,7 | | 11,1 | 9,1 | 8,0 | |
| 0,8 | | 10,7 | 8,7 | 7,8 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф
Поправочные коэффициенты на скорость резания
для измененных условий работы

| | | | | | |
|--|--|---------------|----------|------|---------|
| Поперечное то- чение | Отношение меньшего диа- метра к большему, не более | | 0,4 | 0,7 | 0,8 |
| | Коэффициент K_{v1} | | 1,25 | 1,2 | 1,05 |
| Отрезка и рас- точка кольцевых канавок | Отношение меньшего диа- метра к большему, не более | | 0,4 | 0,7 | 0,8 |
| | Коэффициент K_{v2} | | 0,65 | 0,6 | 0,5 |
| Проточка торце- вых канавок | Коэффициент K_{v3} | | 0,5 | | |
| Растачивание | Диаметр растачивания, мм | | 75 | 200 | Св. 200 |
| | Коэффициент K_{v4} | | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| Период стойко- сти резца T , мин | 30 | 45 | 60 | 90 | |
| Коэффициент K_{v5} | 1,0 | 0,78 | 0,65 | 0,39 | |
| Состояние по- верхности | Без корки | | С коркой | | |
| Коэффициент K_{v7} | 1,0 | | 0,75 | | |
| Без охлаждения | | С охлаждением | | | |
| 0,6 | | 1,0 | | | |

Учебное издание

*Волков Александр Николаевич,
Дружин Алексей Николаевич,
Сазонов Михаил Борисович,
Швецов Алексей Николаевич*

**РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ТОЧЕНИИ**

Учебное пособие

Редактор Т.К. Крестина
Доверстка Т.Е. Половнева

Подписано в печать 03.09.2014. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ.л. 8,25 .
Тираж 200 экз. Заказ . Арт. - 11/2014.

Самарский государственный аэрокосмический университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

