

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР**

**КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА**

**РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ
АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ТОЧЕНИИ**

(МЕТОДИКА РАСЧЕТА)

Учебное пособие.

Режимы резания авиационных
материалов при точении.

Состоит из трех частей:

часть 1 - методика расчета (стр. 3-29).

часть 2 - способы и примеры расчета (стр. 3-45).

часть 3 - исходные и нормативные материалы (стр. 3-44).

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ
АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТОЧЕНИИ

(Методика расчета)

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

Куйбышев 1988

УДК 621.901

Излагается методика расчета наиболее выгодного режима резания авиационных материалов при точении.

Указания предназначены для студентов П-У курсов спец. 0535, 0537, 1610, изучающих теорию резания и выполняющих домашнее задание или курсовую работу, а также могут быть полезны при выполнении дипломных проектов технологии механической обработки.

Составители: канд. техн. наук В. И. Д е п л и н,
канд. техн. наук В. М. З а й ц е в

Рецензенты: доктор экон. наук М. И. Б у х а л к о в,
канд. техн. наук А. В. Т а р а с о в

П р е д и с л о в и е

Раздел "Физические основы процесса резания" в различных курсах технологии механической обработки заканчивается изложением методики выбора оптимальной геометрии инструмента и расчета наилучшего режима резания, которые затрагивают большой круг вопросов, связанных с физикой процесса резания, и в этом смысле являются обобщением наиболее важного раздела курса.

Изложенная здесь методика является не только средством осуществления так называемого "аналитического" расчета режима резания, но и представляет собой теоретическую основу и методологию разработки нормативных сборников по режимам резания, которые периодически издаются центральным бюро промышленных нормативов по труду Государственного Комитета Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы.

1. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЦА

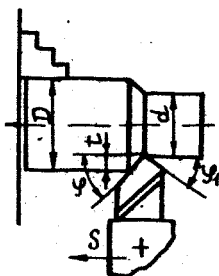
Режим резания зависит от целого ряда факторов, в том числе и от основных параметров резца. Поэтому прежде, чем приступить к расчету наилучшего режима резания (t , S и v), необходимо выбрать: тип резца, размеры его головки (для расточных и отрезных резцов), сечение державки; марку инструментального материала и размеры пластины; оптимальную геометрию режущей части резца.

1.1. Выбор типа резца и его размеров

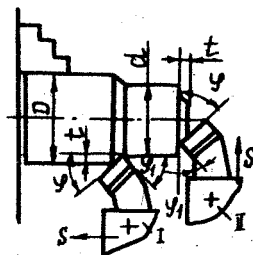
Тип резца выбирается в зависимости от характера выполняемой операции. Для наружной продольной обработки применяются проходные прямые и отогнутые, упорные прямые и отогнутые резцы.

Проходные прямые резцы (рис. 1) изготавливаются с углами $\varphi = 45, 60$ и 75° . Наибольшая стойкость (или при заданной стойкости — наибольшая производительность) и меньшая шероховатость обработанной поверхности достигаются применением резцов с возможно меньшими углами φ . При обработке недостаточно жестких деталей ($\frac{e}{d} > 10$), и необходимости работать с врезанием или при обточке ступенчатых деталей с большим перепадом диаметров целесообразнее применять резцы с $\varphi > 45^\circ$.

Проходные отогнутые резцы (рис. 2) с углом $\varphi = 45^\circ$, по сравнению с прямыми, обладают большей универсальностью, так как позволяют кроме продольной обработки I производить подрезку торцов II. Поэтому, несмотря на некоторую сложность изготовления, они широко применяются в производстве.



Р и с. 1.

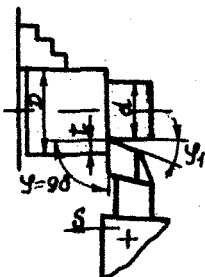


Р и с. 2.

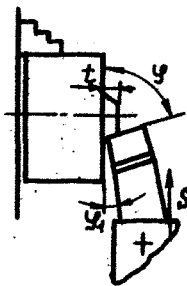
⑤ Проходные упорные резцы (рис. 3) применяются при продольном обтачивании с одновременной обработкой торцевой поверхности, составляющей с цилиндрической поверхностью прямой угол. В некоторых случаях эти резцы используются при обработке деталей с малой жесткостью, а также при чистовой подрезке торцов, когда резец должен быть повернут вершиной к передней бабке для создания угла $\varphi_1 > 0^\circ$. Проходные упорные резцы могут быть прямыми и отогнутыми.

Подрезные торцевые резцы (рис. 4) применяются для обработки поверхностей заготовок в направлении, перпендикулярном или наклонном к оси вращения, с поперечной подачей в направлении от периферии к оси заготовки.

Размеры поперечного сечения державки проходных и подрезных резцов выбирают с учетом указанных в паспорте размеров, допускаемых резцедержателем станка (прил. 1 [127]). Выбранные размеры округляют до ближайших меньших стандартных значений (прил. 2 [127]). При этом следует учитывать, что стандарты предусматривают для быстрорежущих резцов державки с $H: B = 1,6$, а для резцов, оснащенных пластинами твердого сплава, кроме $H: B = 1,6$, - усиленные державки с $H: B = 1,25$.



Р и с. 3.

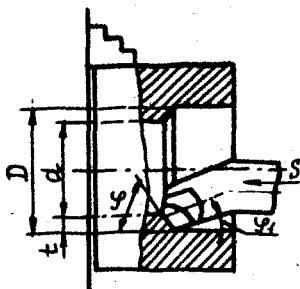


Р и с. 4.

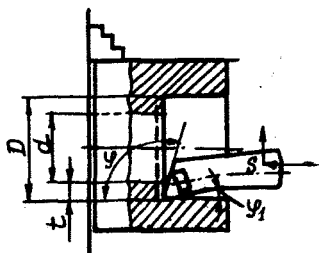
Для обработки сквозных отверстий применяются расточные резцы с $\varphi = 60^\circ$ (рис. 5), для глухих или ступенчатых отверстий - с $\varphi = 95^\circ$ (рис. 6). Размеры расточных резцов выбирают, исходя из глубины и диаметра обрабатываемого отверстия с учетом наибольшего сечения державки, которое допускает резцедержатель станка (прил. 2 [127]). Может оказаться, что длина (l) головки стандартного резца (прил.) меньше длины обрабатываемого отверстия. В этом случае необходимо на основе стандартного расточного резца спроектировать специальный - с увеличенной l , предусмотрев увеличение диаметра (d_1) головки с целью повышения жесткости.

Отрезные резцы (рис. 7) применяются для отрезки заготовок или готовых деталей, а иногда и для прорезки узких глубоких канавок. Размеры этих резцов выбираются с учетом диаметра отрезаемой заготовки. Необходимо, чтобы длина головки $l = \frac{D}{2} + (2 \div 5)$. В зависимости от l и сечения державки, допускаемого резцедержателем станка, выбирают другие параметры отрезного резца (прил. 2 [127]).

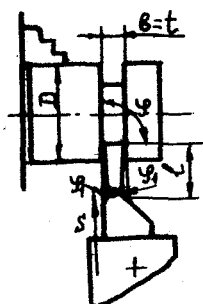
Выбрав основные размеры резца, следует подобрать пластинку для его оснащения. При этом необходимо учитывать, что для стандартных



Р и с. 5.



Р и с. 6.



Р и с. 7.

резцов толщина пластины $C \approx (0,16-0,20)H$
(прил. 2 [12]).

1.2. Выбор марки инструментального материала

Для изготовления режущих инструментов в настоящее время используются быстрорежущие стали, металлокерамические твердые сплавы, минералокерамика, алмазы, албор. Алмазы и минералокерамика обладают высокой твердостью и износоустойчивостью, 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. Это 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. Однако 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 80% токарных резцов оснащаются твердыми сплавами.

Марку инструментального материала в зависимости от условий обработки рекомендуется выбирать по таблицам (прил. 2 [12]).

1.3. 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 прил. 2 [12]. За критерий износа резца прини-
мается износ по задней поверхности (h_3 мм). Средние величины допустимого износа приводятся также в прил. 2 [12].

Выбрав тип и основные размеры резца, марку инструментального материала и геометрию режущей части, можно приступить к выполнению рабочего чертежа резца на чертежной бумаге формата II с соблюдением всех требований стандартов ЕСКД (например, рис. I [13]). При этом недостающие размеры должны быть установлены по стандартам на токарные резцы [4-7].

2. РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

2.1. Наивыгоднейший режим резания и порядок его выбора

Основной целью оптимизации операции любого производственного процесса, в том числе и обработки резанием, обеспечивающей изделию необходимые качества (конфигурацию, размеры, шероховатость и т.д.), является достижение максимальной производительности при минимальной себестоимости выполнения операции. Производительность обработки тем выше, чем меньше так называемое технологическое время или, что то же самое для обработки резанием, — машинное время.

Машинное время обработки, необходимое непосредственно на снятие припуска Δ с заготовки, диаметр которой D и длина l , определяется по формуле

$$T_{\text{маш}} = \frac{\pi D \Delta l}{1000 v_s t} \cdot \text{мин.} \quad (1)$$

Числитель формулы выражает объем припуска, который необходимо удалить с заготовки, знаменатель — производительность процесса резания (объем металла, удаляемого в течение одной минуты)

$$Q = 1000 v S t, \text{ мм}^3/\text{мин.} \quad (2)$$

Очевидно, чем больше v , S и t , тем выше производительность процесса резания, меньше машинное время и, следовательно, выше производительность операции, а поэтому для достижения наивысшей производительности необходимо, чтобы $v S t = \text{max}$.

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

$$T_3 = \left(\frac{1}{m} - 1\right) \left(T_{cm} - \frac{e}{E}\right) \cdot \text{мин} \quad (3)$$

где T_3 - экономический период стойкости режущего инструмента, мин;

m - показатель относительной стойкости, $(m = \frac{1}{E})$;

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

e - стоимость эксплуатации инструмента за период его стойкости, коп.;

E - стоимость станкоминуты, коп.

Для того, чтобы определить T_{cm} , e и E , а вместе с тем и T_3 , необходимо иметь большое количество экономических показателей конкретного производства. Такие данные, как правило, отсутствуют или они недостаточно полны, что и вызывает серьезные затруднения в расчете T_3 .

Учитывая сказанное, часто пользуются "нормативным" периодом стойкости, который отличается от T_3 только тем, что он отражает условия не конкретного производства, а некоторые средние для целой отрасли промышленности. Для проходных, подрезных, расточных и отрезных быстрорежущих и твердосплавных резцов нормативный период стойкости колеблется от 30 до 100 мин и в зависимости от ряда факторов приводится в нормативах (в задании эта величина указывается).

Из изложенного следует, что себестоимость операции будет мини-

мальной, если реальная стойкость T инструмента станет равной экономическому периоду стойкости T_2 .

Так как известно, что

$$T = \frac{C_T}{v^2 s^y t^x}, \quad (4)$$

то, следовательно, элементы режима резания должны удовлетворять условию

$$v^2 s^y t^x = \frac{C_T}{T_2} = const.$$

Таким образом, для достижения наибольшей производительности при минимальной себестоимости операции необходимо, чтобы режим резания (v , s и t) удовлетворял одновременно двум условиям

$$v s t = max \quad (5)$$

$$v^2 s^y t^x = \frac{C_T}{T_2} = const.$$

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

Из условий (5) видно, что если на производительность процесса (первое условие) все элементы режима резания оказывают одинаковое влияние, то на стойкость инструмента (второе условие) те же элементы влияют в различной степени. При обработке с "прямыми" срезами (т.е. когда $t > s$), наиболее часто встречающейся в практике,

$$z > y > x.$$

Анализ условий (5) при указанном соотношении z , y и x показывает, что все элементы 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 элементов режима резания (s и v) предпочтительнее увеличивать подачу s за счет соответствующего уменьшения скорости резания v . Это и определяет порядок выбора элементов режима резания.

Сначала выбирается глубина резания, равная припуску, предусмотренному на выполнение данного перехода (операции), т.е. $t = \Delta$. Затем выбирается максимально возможная подача. Ограничением ее величины могут быть требования, предъявляемые к точности и качеству обработанной поверхности и возможности инструмента и станка. Только после того, как использованы все возможности увеличения подачи, следует приступить к выбору скорости резания. Скорость резания выбирается из условия полного использования режущих свойств инструмента при экономической (нормативной) стойкости.

Следовательно, задача о выборе наиболее выгодного режима резания решается при условии полного использования режущих свойств инструмента. Мощность станка (когда она задана) при этом, как правило, недоиспользуется. Однако иногда оказывается, что выполнение выбранных v , t , S требует большей мощности, чем мощность станка на выбранной скоростной ступени. В этом случае задачу приходится решать из условия полного использования станка (см. 2.5).

2.2. Выбор глубины резания

Количество проходов и доля припуска, снимаемого за каждый из них, зависят от целого ряда факторов: точности размеров, формы, шероховатости обработанной поверхности и др. Расчет величины операционных припусков является задачей технологии машиностроения и здесь не рассматривается. Общая величина припуска Δ , подлежащего снятию с помощью механической обработки, указывается в задании (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 $t = \Delta$.

При полустивовой обработке с шероховатостью поверхности $R_z = 40 \dots 10$ мкм припуск $\Delta \leq 2$ мм 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 $t_2 = 0,5 \dots 1$ мм, а $t_1 = \Delta - t_2$.

При чистовой обработке с шероховатостью $R_z = 10 \dots 6,3$ мкм глубина резания для последнего перехода принимается равной $0,1 \dots 0,5$ мм.

Если припуск превышает 0,5 мм, то обработку производят в два и даже в три перехода при $t_3 = 0,1 \dots 0,5$ мм, $t_2 = 0,5 \dots 1,0$,
 $t_1 = A - t_2 - t_3$ мм.

2.3. Выбор подачи

Для достижения наибольшей производительности должна быть выбрана и наибольшая подача. Однако величина подачи может ограничиваться рядом факторов — шероховатостью обработанной поверхности, прочностью и жесткостью державки резца, прочностью механизма подачи и др. 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.

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 современных станков предусматриваются предохранительные устройства. Величина предельно допустимой силы $Q_{мп}$, на которую рассчитано предохранительное устройство, указывается в паспорте станка (см. прил. I [12]).

Суммарная сила сопротивления перемещению суппорта Q не должна превышать $Q_{мп}$, т.е.

$$Q \leq Q_{мп} \quad (6)$$

и может быть определена для продольной обточки и расточки

$$Q = P_x + M P_z + M P_y + M G;$$

для торцевой обточки, отрезки и прорезки канавок

$$Q = P_y + M P_z + M P_x + M G';$$

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

- M - коэффициент трения опорных поверхностей суппорта о направляющие;
 G - вес суппорта (включая фартук);
 G' - вес частей суппорта, перемещающихся в поперечном направлении.

Коэффициент трения M 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 нее). Поэтому с достаточной для практических расчетов степенью точности можно принять

$$Q = K_1 P_z, \quad (7)$$

где K_1 - коэффициент, отражающий характер нагрузки.

В зависимости от геометрии реза для станков с высотой центров 150...300 мм $K_1 = 0,33...0,45$ при продольной обработке и расточке; $K_1 = 0,5...0,6$ при торцевой обточке, отрезке и прорезке канавок.

Большие значения K_1 следует брать при $\gamma < -10^\circ$, меньшие - при $\gamma \geq 10^\circ$.

Сила резания P_z выражается формулой

$$P_z = C_{Pz} t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} v^{z_{Pz}}, \quad (8)$$

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 (обрабатываемого материала, материала и геометрии инструмента и других факторов) на силу резания,

$$C_{Pz} = C'_{Pz} K_{\varphi_{Pz}} K_{\gamma_{Pz}} K_{\lambda_{Pz}} K_{z_{Pz}} K_{m_{Pz}} K_{k_{Pz}},$$

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

$K_{\psi p_2}, K_{\psi r_2}, K_{\lambda p_2}, K_{\lambda r_2}, K_{\mu p_2}, K_{\mu r_2}$

- коэффициенты, учитывающие изменение реальных условий обработки по сравнению с теми, при которых определялся коэффициент C'_{p_2} (т.е. реальную геометрию реза - $\varphi, \delta, \lambda, \nu$, величину его износа h_3 и механические свойства обрабатываемого материала).

Величина показателей степени $X_{p_2}, Y_{p_2}, Z_{p_2}$ и коэффициента C'_{p_2} в зависимости от группы, в которую входит марка обрабатываемого материала, выбирается по таблицам (/12/, раздел II, прил. 3, 4, 5, 6 и 7). Если в нормативных материалах не указан показатель степени Z_{p_2} , то он принимается равным 0. Это означает, что в данном случае мы считаем, что скорость резания не влияет на силы резания.

Величины поправочных коэффициентов ($K_{\psi p_2}, K_{\delta p_2}$ и др.) выбираются по таблицам, приведенным в (/12/, раздел III, прил. 3, 4, 5, 6, 7). Следует иметь в виду, что к настоящему времени наиболее полно исследована обрабатываемость конструкционных и легированных сталей и чугуна, поэтому для этих групп материалов в нормативах указано наибольшее количество поправочных коэффициентов $K_{\psi p}, K_{\delta p}, K_{\lambda p}, K_{\nu p}, K_{\mu p}$. Если какой-либо поправочный коэффициент в нормативах отсутствует, то следует принимать его равным единице. Например, для тех же углеродистых сталей $K_{h p_2} = 1$.

Подставив формулы (7) и (8) в выражение (6) и решив полученное уравнение относительно подачи, получим

$$S_1 \leq \sqrt{\frac{Q_{мп}}{K, C'_{p_2} t^{X_{p_2}} v^{Z_{p_2}}}} \quad (9)$$

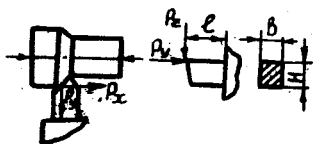
При решении уравнения (9) следует учитывать, что на этой стадии расчета скорость резания еще неизвестна, поэтому при обработке твердосплавным инструментом углеродистых, легированных, нержавеющих и жаропрочных сталей с $\sigma_B = 500 \dots 1000$ МПа предварительно ее можно принять равной $60 \dots 100$ м/мин; при обработке жаропрочных и титано-

ных 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, заземленной одним концом и нагруженной на другом тремя силами: P_z - касательной составляющей, P_y - радиальной составляющей и P_x - осевой, создающими сложное напряженно-деформированное состояние в державке резца (рис. 8).

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



Р и с. 8.

$$\sigma = \frac{K_2 P_z l}{W} \leq [\sigma_u], \quad (10)$$

где K_2 - коэффициент, учитывающий характер нагрузки резца (при продольной и торцевой обточке $K_2 = 1,3...1,5$; при расточке $K_2 = 1,5...2$; при отрезке $K_2 = 1$);

P_z - касательная, составляющая силы резания;

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);

W - момент сопротивления сечения (для прямоугольного сечения $W = \frac{bh^2}{6}$ мм³, а для круглого $W = \frac{\pi d^3}{32} = 0,1d^3$ мм³);

$[\sigma_u]$ - допускаемое напряжение на изгиб материала державки резца, $[\sigma_u] = 250...300$ МПа.

Если выражение для составляющей силы P_z , рассчитанное по формуле (8), подставить в уравнение (10) и решить относительно S , то

$$S_2 \leq \sqrt[4]{\frac{W [\sigma_u]}{K_2 l C_{p2} t^{x_{p2}} \nu^{z_{p2}}}} \quad (II)$$

2.3.3. Расчет подачи по жесткости системы СПИД

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 .

$$P_y = C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} \nu^{z_{py}} \quad (12)$$

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

Отношение действующей силы к величине смещения (прогиба) называется жесткостью, Н/мм

$$j = \frac{P_y}{y}$$

а величина, обратная ей, - податливостью, мм/Н

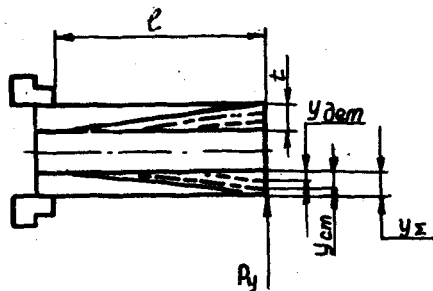
$$\frac{1}{j} = \frac{y}{P_y}$$

Суммарное относительное смещение детали и вершины резца в горизонтальной плоскости y будет складываться из смещения детали y_d в результате ее прогиба и взаимного суммарного смещения детали и вершины резца $y_{ст}$, вызванного изменением положения узлов станка в местах закрепления детали и резца (рис. 9, 10), т.е.

$$y_{\Sigma} = y_d + y_{ст} = P_y \left(\frac{1}{j_d} + \frac{1}{j_{ст}} \right)$$

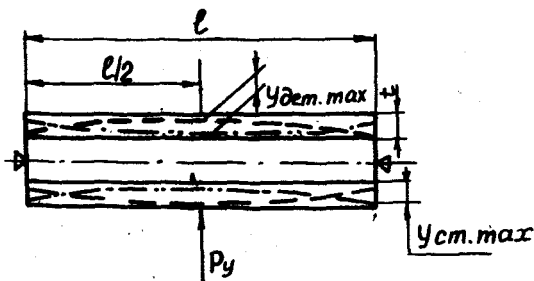
Для обработки детали с погрешностью, не превышающей заданный допуск σ , необходимо выполнить следующее условие

$$P_y \left(\frac{1}{j_d} + \frac{1}{j_{ст}} \right) \leq \frac{\sigma}{2} \quad (13)$$



Р и с. 9

где U — коэффициент, показывающий, в какую часть допуска должна укладываться погрешность, вызванная деформацией детали и узлов станка, $U = 0,7...0,8$.



Р и с. 10.

Подставив выражение (12) в уравнение (13) и решив последнее относительно δ , получим

$$S_3 \leq \sqrt{\frac{U \delta}{2C_{py} t^2_{py} \sigma^2_{py} \left[\frac{1}{d_A} + \frac{1}{d_{ст}} \right]}} \quad (14)$$

Известно, что податливость детали и узлов станка в процессе обработки переменны и в каждый момент зависят от места нахождения точки приложения силы (вершины резца) по длине обрабатываемой детали. Однако при расчете наибольших (допустимых требуемой точностью детали) подач необходимо знать не закон изменения податливостей, а только разность их экстремальных значений, характеризующих переменную часть податливости, которая не может быть учтена перед обработкой. Постоянная же часть податливостей, не зависящая от положения вершины резца на длине детали, может быть учтена при взятии пробной стружки или при поднастройке станка перед обработкой последующей детали.

Так как минимальная податливость детали, равная нулю, наблюдается в момент, когда резец находится против опоры, разность экстремальных значений податливости детали будет определяться известной формулой для максимальной податливости

$$\frac{1}{\delta_d} = \frac{L^3}{K_3 J E}, \quad (15)$$

где J - момент инерции наиболее опасного сечения детали, выбранного с учетом способа закрепления, $J = 0,05 d^4$;

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 разделах I прил. 3, 4, 5, 6, 7, МПа.

На основании исследований, проведенных на кафедре, приведенная разность экстремальных значений податливости станка с учетом податливости узлов может быть определена

$$\frac{1}{\delta_{ст}} = 0,000025 K_v \sqrt[3]{\frac{200}{H_4}} \quad (16)$$

при закреплении детали в центрах и в патроне с поджатием задним центром $K_v = -1,0$, где знак "-" учитывает конкурирующее влияние смещений на погрешность обработки,

при закреплении детали в патроне - $K_v = 0,03 L$,

σ - допуск на изготовление диаметра детали.

Величина деформации в горизонтальной плоскости (без учета сил, создающих разгружающие моменты) может быть определена по известной зависимости

$$y = \frac{P_y l^3}{3E J_p}$$

где l - вылет реза из резцедержателя, если державка реза имеет круглое сечение по всей длине, или расстояние от вершины реза до перехода круглого сечения в призматическое;

$E = 220000$ МПа - модуль упругости материала державки реза;

J_p - момент инерции поперечного сечения державки реза, для прямоугольного сечения $J_p = \frac{H B^3}{32}$, для круглого $J_p = \frac{\pi d_p^4}{64} = 0,05 d_p^4$ (если круглое сечение переходит в прямоугольное, то расчет производится по наибольшему диаметру круглого сечения d_1).

Подставляя все необходимое в выражение (17) и решая полученное уравнение относительно подачи, получаем

$$S_3 \leq \sqrt[3]{\frac{y_{py}}{2 C_{py} t^{x_{py}} v^{z_{py}} l^3} \frac{3E J_p U \sigma}{\sigma}} \quad (18)$$

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 формуле

$$S_4 \leq \frac{C_s R_z^y z^n \gamma^{0,3} \alpha^{0,25}}{t^x (\varphi \varphi_1)^z h_3^{0,2}} K_s, \quad (19)$$

где

C_s, n, x, y, z - коэффициент и показатели степени, зависящие от рода обрабатываемого материала (приведены в таблице);

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

z - радиус закругления вершины резца, мм;

φ_1, φ_2 - главный и вспомогательный углы в плане, градусы;

γ - передний угол ($\gamma > 0$), градусы;

α - задний угол ($\alpha > 0$), градусы;

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

K_S - коэффициент, учитывающий группу труднообрабатываемых материалов (см. прил. 4 [12]).

Т а б л и ц а

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 подач для данного станка (см. прил. I [12]) и выбираем ближайшую меньшую S_D , которая и будет наибольшей технологически допустимой подачей. Однако наименьшая рассчитанная величина подач может оказаться меньше величины наименьшей подачи станка. В этом случае необходимо проанализировать, каким путем 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 ζ (γ , α) или уменьшив φ и φ_1 . При этом необходимо помнить, что изменение геометрии резца вызывает изменение сил резания, и следовательно, результатов расчетов подач по всем ограничивающим факторам. Однако производить расчеты 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 рассчитывается из условия полного использования режущих свойств инструмента по формуле

$$V = \frac{C_v}{T^{m_1} l x_v S_0^{y_v}}, \text{ м/мин.} \quad (20)$$

Зная скорость резания и диаметр заготовки, можно определить частоту ее вращения, соответствующую этой скорости, по известной формуле

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} \quad (21)$$

или, подставив формулу (20) в (21), получим

$$n = \frac{1000 C_v}{T^{m_1} l x_v S_0^{y_v} \pi D}, \text{ об/мин,} \quad (22)$$

где C_v - коэффициент, характеризующий реальные условия обработки,

$$C_v = C'_v K_{\varphi v} K_{\varphi_1 v} K_{\varphi_2 v} K_{\gamma v} K_{\alpha v} K_{\lambda v} K_{\lambda_1 v} K_{\lambda_2 v} K_{\rho v},$$

C'_v - коэффициент, характеризующий условия обработки, для которых разрабатывались нормативные материалы ([12], разделы IV прил. 3, 4, 5, 6 и 7);

$K_{\varphi v}, K_{\varphi_1 v}, K_{\varphi_2 v}, K_{\gamma v}, K_{\alpha v}, K_{\lambda v}, K_{\lambda_1 v}, K_{\lambda_2 v}, K_{\rho v}$ - поправочные коэффициенты, учитывающие изменение реальных условий обработки по сравнению с теми, при которых определялся коэффициент C'_v , т.е. ре-

альную геометрию резца - φ , φ_1 , φ и γ , сечение державки - q , марку инструментального материала - U , состояние обрабатываемого материала - C , состояние поверхностного слоя обрабатываемой заготовки - Π , марку обрабатываемого материала - M и качество СОЖ-0. Численные значения поправочных коэффициентов приводятся в [12] (разделы У прил. 3, 4, 5, 6 и 7), при отсутствии любого из перечисленных коэффициентов он принимается равным единице;

T - оптимальная стойкость инструмента (указана в задании);

t - глубина резания, мм;

S_0 - наибольшая технологически допустимая подача, мм/об;

D - диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

m, x_u, y_v - показатели степени, характеризующие влияние T , t и S на скорость резания, они приведены в нормативных материалах ([12], разделы IV прил. 3, 4, 5, 6 и 7).

Определив расчетную частоту вращения заготовки по формуле (22), необходимо согласовать ее с возможностями станка, т.е. выбрать из имеющихся на заданном станке ([12], прил. I) такую ближайшую к расчетной скоростную ступень шпинделя, которая будет обеспечивать наиболее полное использование режущих свойств инструмента и, следовательно, наибольшую производительность.

На станке с бесступенчатым регулированием частота вращения шпинделя $n_{шп}$ (например, станок I620) принимается равной n . Наиболее выгоднейший режим будет t , S_0 и n . При этом режущие свойства инструмента будут использованы полностью. Большинство же станков имеет ступенчатый ряд частот вращения шпинделя. Поэтому найденная расчетным путем частота вращения будет находиться между какими-то 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 формулы (I) для машинного времени, будет наибольшая минутная подача $S_m = S_0 n_{x+1}$ и, следовательно, наибольшая производительность.

Определим машинное время при обработке в один проход, когда $t = \Delta$. Подставив $t = \Delta$ и $v = \frac{\pi D n}{1000}$ в (I), получим

$$T_{маш} = \frac{v}{S n} \quad (23)$$

где l — длина обрабатываемого участка, мм;

S_0 — минутная подача, мм/мин.

Из приведенной зависимости следует, что машинное время будет минимальным (следовательно, производительность максимальной) при максимальном значении знаменателя, т.е. при максимальной минутной подаче. Однако применять n_{x+1} , не изменяя S , нельзя, так как, согласно уравнению (22), это приведет к уменьшению заданной стойкости реза T . Для того, чтобы стойкость сохранилась неизменной при n_{x+1} , необходимо уменьшить подачу, величина которой может быть найдена из выражения (22) при n_{x+1}

$$S' \leq \sqrt[4]{\frac{1000 C_v}{T^m \cdot l^x \cdot \pi D n_{x+1}}} < S_0 \quad (24)$$

или по сокращенной формуле

$$S' \leq S_0 \sqrt[4]{\frac{n}{n_{x+1}}} \quad (24a)$$

Таким образом, на реальном (заданном) станке можно работать на одном из двух режимов $n_x - S_0$ или $n_{x+1} - S'_0$, которые обеспечивают стойкость реза, равную или несколько большую оптимальной. Выгоднее же работать на том режиме, который обеспечивает большую производительность или, что то же самое, — большую минутную подачу. Поэтому сравним $S_{nx} = n_x S_0$ и $S_{n_{x+1}} = n_{x+1} S'_0$.

Ступень, для которой минутная подача окажется большей, будет наиболее выгодной. Таким образом, выбраны оптимальные параметры режима резания: t, S_0, n_x или t, S'_0, n_{x+1} .

Расчитанная по формуле (22) частота вращения заготовки может оказаться больше, чем наибольшая частота вращения шпинделя станка ($n > n_{шп. макс}$). В этом случае за оптимальную скоростную ступень следует принимать $n_{шп. макс}$. Следовательно, наиболее выгодным будет режим резания t, S_0 и $n_{шп. макс}$. Совершенно 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 и 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 соответствует различная мощность на шпинделе и крутящий момент, так как

$$M = \frac{30 N}{\pi n} \text{ Н.м.}$$

В паспорте станка ([12], прил. I) для каждой скоростной ступени указывается наибольший допустимый крутящий момент на шпинделе.

Следовательно, при проверке режима резания следует убедиться в том, что мощность (или крутящий момент) на шпинделе при выбранной скоростной ступени достаточна для реализации назначенного режима резания (t , S и n).

При этом необходимо, чтобы

$$M_{шп} \geq M_{рез} = \frac{C_{Pz} t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} v^{1+x_{Pz}}}{60}, \text{ Вт} \quad (25)$$

или

$$M_{шп} \geq M_{рез} = \frac{C_{Pz} t^{x_{Pz}} S^{y_{Pz}} v^{z_{Pz}} D}{2 \cdot 1000}, \text{ Н.м.} \quad (26)$$

Если одно из условий выполняется, то расчет заканчивается.

Однако в ряде случаев условия (25) или (26) 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 формуле (26) определяется $M_{рез}$ для t , S_0 и n_x (см. с. 23). Найденная величина $M_{рез}$ будет находиться между значениями $M_{шп_{y+1}}$ и $M_{шп_y}$, которым соответствуют скоростные ступени n_{y+1} и n_y , т.е.

$$M_{шп_{y+1}} < M_{рез} < M_{шп_y}.$$

Работа на ступени n_{y+1} возможна только при $S'' < S_0$. Величину S'' можно определить из уравнения (26)

$$S'' = \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 1000 M_{\text{шп}} \nu_{\text{шп}}}{D C_{p2} t^{2p_{p2}} \nu_{\text{шп}}^{2p_{p2}}}} < S_0 \quad (27)$$

Найденную величину S'' нужно сравнить с паспортными значениями и выбрать из них ближайшую меньшую - S_0'' . Для работы на скоростной ступени ν_y должна быть использована величина S_0 . Следовательно, имеем два режима, которые сравниваем по минутным подачам

$$S_{\text{My}} = \nu_y S_0 ;$$

$$S_{\text{My}+1} = \nu_{y+1} S_0'' .$$

Наивыгоднейшим режимом будет тот, которому соответствует большая минутная подача. При этом режиме резания (t, S_0, ν_y или t, S_0'', ν_{y+1}) будут полностью использованы возможности станка, но недоиспользованы режущие свойства инструмента.

3. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОПЕРАЦИЯХ ТОЧЕНИЯ

При обработке на токарных станках наибольший объем работы приходится на выполнения наружной продольной обточке. Не случайно поэтому методика расчета наивыгоднейшего режима резания наиболее полно разработана применительно именно к этой операции. Так как основные принципы выбора элементов наивыгоднейшего режима резания едины для всех операций механической обработки, то методика, относящаяся к наружной продольной обточке, может быть использована и для других операций точения - расточка отверстий, торцевая (поперечная) обточка и отрезка (прорезка канавок). При этом должны быть учтены особенности указанных операций.

3.1. Продольная обточка

Если в домашнем задании предложено рассчитать наивыгоднейший режим резания на операцию продольной обточки, которая выполняется за один переход, то все расчеты, предусмотренные методикой, должны быть выполнены полностью, за исключением расчета подачи по жесткости реза в связи с точностью обработки. Это не значит, что при расчете

режимов резания для практических целей во всех случаях прибегают к полным расчетам. Например, при выполнении обдирочных операций, основная цель которых приблизить заготовку к форме готовой детали, когда шероховатость получаемой поверхности и точность не имеют значения, расчет подачи по этим факторам не производят.

Наоборот, в тех случаях, когда выбирается режим резания для чистовых операций, расчет подачи по прочности механизма подачи и державки реза не имеет практического смысла, так как указанная прочность достаточно большая, а возникающие силы резания малы, и расчетные величины подачи при этом могут во много раз превышать реально применяемые. Особенно это относится к случаям обработки материалов с относительно небольшой прочностью (легкие, медные и цинковые сплавы).

Если при выполнении домашнего задания возникает необходимость обработки за два перехода (черновая и чистовая обточка), то для первого перехода подача рассчитывается из условия прочности механизма подачи и державки реза (только в необходимых случаях – по жесткости системы СПИД и шероховатости обработанной поверхности); для второго (чистового) перехода расчет подачи производится только по жесткости системы СПИД в связи с требуемой точностью обработки и по заданной шероховатости обработанной поверхности.

3.2. Расточка

Особенность расчета режима резания для расточки состоит, во-первых, в расчете подачи по жесткости системы СПИД в связи с точностью обработки, на что указывалось в п. 2.3.3. Во-вторых, в связи с более тяжелыми (по сравнению с наружным точением) условиями резания (процесс отвода стружки, охлаждение инструмента и т.д.) скорость резания при расточке должна быть уменьшена. Поэтому, вычисляя для формул (20) и (22) коэффициент C_{vr} , характеризующий реальные условия обработки, необходимо кроме всех поправочных коэффициентов, учитываемых при продольной обточке, учесть и поправочный коэффициент K_{sp} .

На основе производственного опыта можно рекомендовать для диаметров отверстий ≤ 50 , $50-150$, > 150 соответственно значения K_{sp} : 0,8; 0,9; 1,0.

3.3. Торцевая (поперечная) обточка

При выборе режима резания для торцевой обточки расчет подачи по жесткости системы СПИД в связи с точностью обработки не производится, так как для этой операции он, в том виде как изложено здесь, не пригоден, а специальная методика расчета пока не разработана. Другие особенности расчета подачи для торцевой обточки указаны в 2.3.1, 2.3.2. При выборе скорости резания (скоростной ступени станка) для торцевой обточки следует иметь в виду, что частота вращения шпинделя станка (заготовки) определяется исходя из наибольшего (периферийного) диаметра торца заготовки и остается постоянной, в то время как действительная скорость резания будет непрерывно изменяться — уменьшаться при подаче от периферии заготовки к центру от v_{max} до v_{min} и, следовательно, средняя ее величина будет меньше той, по которой вычислялась частота вращения заготовки, т.е. режущие свойства реза окажутся недоиспользованными (действительная стойкость реза будет выше заданной).

Следовательно, скорость резания, допускаемая режущими свойствами инструмента при торцевой обточке, при прочих равных условиях должна быть выше скорости для продольной обточки. Поэтому, вычисляя для формул (20) и (22) коэффициент C_v , необходимо кроме всех поправочных коэффициентов, учитываемых при продольной обточке, учесть поправочный коэффициент

$$K_{v_r} = \sqrt{\frac{z+1}{1-\frac{d}{D}}}$$

где z — показатель степени, $z = \frac{1}{m}$;

d — наименьший диаметр обрабатываемой поверхности торца;

D — наибольший диаметр обрабатываемой поверхности торца.

Величина m (показатель относительной стойкости) приведена в ([12], прил. 3, 4, 5, 6 и 7).

3.4. Отрезка (прорезка канавок)

При расчете режима резания для отрезки или прорезки канавок должно учитываться все то, что сказано о торцевой (поперечной) обточке в 3.3. Кроме того, следует помнить, что ширина среза b при

отрезке равна длине главной режущей кромки, а так как у отрезного реза $\varphi = 90^\circ$, то $t = b$.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАШИННОГО ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ И НЕКОТОРЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Машинное время, необходимое для обработки заданной поверхности детали, определяется по формуле (23) с учетом реального пути режущего инструмента, который больше длины обрабатываемой поверхности на величину врезания инструмента и на некоторую величину его перебега

$$T_{\text{маш}} = \frac{y + l + y'}{nS}, \quad (28)$$

где l — размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи;
 y — величина врезания реза, $y = t \operatorname{ctg} \varphi$ (при $\varphi = 90^\circ$ принимают $y \approx 0,5$);
 y' — величина перебега реза, зависящая от ряда факторов.

При выполнении домашнего задания можно принимать $y' = 1 + 0,2t$ и округлять с точностью 0,5 мм.

Как отмечалось, 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. В связи с этим 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 как

$$K_y = \frac{nS}{n_p S_p}, \quad (29)$$

где n и S — частота вращения шпинделя и величина подачи, принятые в качестве наилучших;
 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 формуле (22), S_p равна

той величине подачи, которая подставлялась в эту формулу).

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

Коэффициент использования станка по мощности

$$K_c = \frac{N_{рез}}{N_{шип}} = \frac{M_{рез}}{M_{шип}}, \quad (30)$$

где $M_{рез}$ — момент резания, определяемый по формуле (26);

$M_{шип}$ — момент на шпинделе станка при принятой частоте его вращения.

Библиографический список

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.— Ч. I.— 2 изд.— М.: Машиностроение, 1974. — 416 с.
2. Гуревич Я.Л. и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов.— М.: Машиностроение, 1976. — 176 с.
3. Резников Н.И. и др. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов. — М.: Машиностроение, 1972. — 200 с.
4. ГОСТ 18868-73, ГОСТ 18874-73. Резцы токарные из быстрорежущей стали.
5. ГОСТ 2379-67. Пластинки к резцам из быстрорежущей стали.
6. ГОСТ 18877-73, ГОСТ 18884-73. Резцы токарные с пластинками из твердого сплава.
7. ГОСТ 2209-69. Твердые сплавы металлокерамические.
8. Великанов К.М., Новожилов В.И. Экономические режимы резания металлов.— М.: Машиностроение, 1972.
9. Тишин С.Д., Тишин С.С. Таблицы возведения в степень. — М.: Госстатиздат, 1963.
10. Горанский К.Г. Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин. — Минск, 1963.
11. Игумнов Б.Н. Расчет оптимальных режимов обработки для станков и автоматических линий. — М.: Машиностроение, 1974.

12. Лепилин В.И., Зайцев В.М. Режимы резания авиационных материалов при точении (исходные и нормативные материалы). - Куйбышев: КуАИ, 1988.

13. Лепилин В.И., Зайцев В.М. Режимы резания авиационных материалов при точении (способы и примеры расчета). - Куйбышев: КуАИ, 1988.

С о д е р ж а н и е

Предисловие	3
I. Выбор основных параметров резца	3
I.1. Выбор типа резца и его размеров	3
I.2. Выбор марки инструментального материала	6
I.3. Выбор геометрии режущей части резца	7
2. Расчет наиболее выгодного режима резания	7
2.1. Наиболее выгодный режим резания и порядок его выбора	7
2.2. Выбор глубины резания	10
2.3. Выбор подачи	11
2.4. Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)	21
2.5. Проверка выбранного режима резания по крутящему моменту (мощности) на шпинделе станка	24
3. Особенности расчета наиболее выгодного режима резания при различных операциях точения	25
3.1. Продольная обточка	25
3.2. Расточка	26
3.3. Торцевая (поперечная) обточка	27
3.4. Отрезка (прорезка канавок)	27
4. Определение машинного времени обработки и некоторых экономических показателей	28
Библиографический список	29

Составители Василий Иванович Лепилин,
Владимир Михайлович Зайцев

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТОЧЕНИИ
(Методика расчета)

Редактор Л.Балыкова
Техн. редактор Н.Каленюк
Корректор Н.С.Куприянова

Подписано в печать 29.12.87 г. Формат 60x84^I/₁₆
Бумага оберточная. Оперативная печать.
Усл.п.л. 1,86. Уч.-изд.л. 1,8. Т. 1000 экз.
Заказ 3592. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип.им.В.П.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099, г.Куйбышев, ул.Венцека, 60.

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ
АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ТОЧЕНИИ

(Способы и примеры расчета)

У т в е р ж д е н о
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

Куйбышев 1988

УДК 621.901

Рассматриваются способы решения задачи о наилучшем режиме резания, а также примеры решения задач аналитическим и табличным (нормативным) способами с использованием ЭВМ типа "Электроника ДЭ-28"

Предназначены студентам III-У курсов, изучающих теорию резания и выполняющих домашнее задание или курсовую работу. Могут быть полезны при выполнении дипломных проектов по технологии механической обработки.

Авторы-составители: канд.техн.наук В.И.Д е п и л и н,
канд.техн.наук В.М.З а й ц е в

Рецензенты: проф., доктор экон.наук М.М.Б у х а л к о в,
доц., канд.техн.наук А.В. Т а р а с о в

I. СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О НАИВЫГОДНЕЙШЕМ РЕЖИМЕ РЕЗАНИЯ

Расчет наиболее выгодного режима резания с использованием всех зависимостей [11] принято называть аналитическим, при котором решение задачи о наиболее выгодном режиме резания связано с выбором оптимальных величин различных параметров режущего инструмента, нормативных характеристик обрабатываемости материала с последовательным вычислением ряда уравнений, содержащих, как правило, дробные показатели степени, и анализом результатов этих вычислений.

Традиционное "ручное" решение указанных уравнений даже с использованием специально разработанных для этой цели таблиц возведения в степень [9] занимает много времени. Поэтому, в частности, широкое применение нашел так называемый табличный метод назначения режимов резания с использованием сборников, издаваемых центральным бюро промышленных нормативов по труду [1, 2] и др., где все необходимое представлено в виде таблиц, являющихся сводкой результатов вычислений тех же уравнений для некоторых так называемых стандартных условий резания. В таблицах же приводятся и поправочные коэффициенты, с помощью которых стандартные условия можно привести к реальным. Табличный или нормативный метод расчета имеет ту же теоретическую основу, что и аналитический, но отличается меньшим объемом вычислительной работы и обладает меньшей точностью в связи с дискретностью как таблиц, так и рядов подач и частот вращения шпинделей станков, что неизбежно приводит к снижению производительности.

При применении калькуляторов, например типа БЗ-18-А, широко используемых в настоящее время для инженерных расчетов, затраты времени на вычисления почти одинаковы, а поэтому аналитический метод предпочтительнее, как обеспечивающий более полное использование ре-

жущих свойств инструмента и позволяющий проводить анализ с целью изыскания путей повышения производительности и гарантии требуемого качества обработки. Использование современных ЭВМ позволяет в значительной мере ускорить и упростить процедуру решения задачи о наиболее выгоднейшем режиме резания. При этом решение задачи может осуществляться на одном из трех уровней.

1. Машина используется в режиме калькулятора с последовательным вводом программ каждого из этапов вычисления и необходимых исходных и нормативных данных.

2. Машина имеет полную программу вычислений, но требует поэтапного или одновременного ввода всех исходных и нормативных данных.

3. Машина имеет полную программу вычислений и банк нормативных данных и требует ввода только исходных данных.

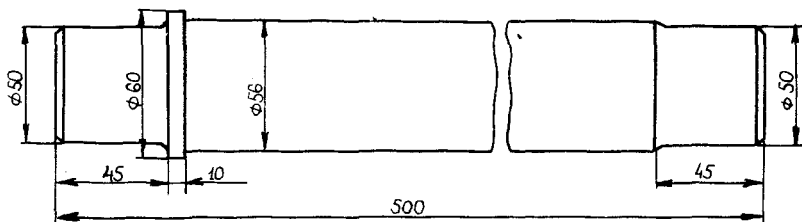
Третий уровень решения задачи в настоящее время реализуется редко в связи с большой трудоемкостью создания и организации банка нормативных данных и необходимостью иметь ЭВМ с громадным объемом памяти. Большинство выполняемых к настоящему времени работ посвящено использованию ЭВМ для решения задачи на втором уровне. С практической точки зрения наибольшую ценность имеют второй и особенно третий уровни решения задачи.

В учебных же целях рекомендуется использовать первый и второй уровни с применением мини-ЭВМ, например типа "Электроника ДЗ-28", которая отличается высокой надежностью и простотой управления и в то же время — достаточно большими возможностями.

Работа с поэтапным программированием вычислений (первый уровень) или с полной заранее введенной программой (второй уровень) при поэтапном (в обоих случаях) введении исходных и нормативных данных при использовании дисплея с выводом на него промежуточных решений (т.е. работа в режиме диалога) позволяет производить анализ хода решения задачи, при необходимости корректировать его и, в связи с этим (а это важно для нас), успешно усвоить и закрепить теоретические основы методики расчета режимов резания, избегая трудоемких вычислений.

2. ПРИМЕР АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА НАИВЫГОНДЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Пусть необходимо произвести расчет наиболее выгодного режима резания при обточке вала (рис. 1).



Р и с. 1.

Все необходимые исходные данные указаны в таблице.

Т а б л и ц а

Вариант	Материал изделия	Состояние материала	Состояние обрабатываемой поверхности	Размер поверхности до обработки	Размер поверхности после обработки	Допуск на изготовление размера	Шероховатость поверхности после обработки	Модель станка	Закрепление заготовки	Материал резцов	Стойкость резцов	Охлаждение
I	ЛХ18Н9Т	3	Без корки	$\phi 60$	$\phi 56$	$h 8$	$Rz 40$	IK62	Центры	Твердый сплав	60	с/охлажд.

2.1. 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 по методике, изложенной в [11] с использованием приложений [12]. По приложению 4 [12] найдем, что обрабатываемый материал относится к труднообрабатываемым коррозионно-стойким, жаро-

стойким хромоникелевым сталям группы Ш. В закаленном состоянии сталь 1Х18Н9Т имеет $\sigma_f > 540$ МПа. По приложению 2 [12] находим, что при чистой и получистой обработке таких сталей рекомендуется применять твердый сплав марки ВК6М (в нормативах [1] рекомендуется - ВК8). Обрабатываемая поверхность на заготовке ограничивается уступом, поэтому целесообразно использовать проходной упорный прямой резец.

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

Геометрию заточки резца выбираем по прил. 2 (раздел IV). Форма передней поверхности - плоская с фаской; главный угол в плане $\varphi = 90^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 10^\circ$; радиус при вершине резца $r \approx 0,025(H+B) = 0,025(25+16) \approx 1$ мм; передний угол $\gamma = 10^\circ$; задний угол $\alpha = 10^\circ$; задний вспомогательный угол $\alpha_1 = 10^\circ$; фаска на передней поверхности $f = 0,015(H+B) = 0,015(25+16) = 0,6$ мм; угол на фаске $\gamma_f = -5^\circ$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$; допустимая величина износа $h_3 = 0,4$ мм.

Пример оформления чертежа резца дан на рис. 2.

2.2. Выбор глубины резания

32 Согласно чертежу (см. рис. 1), $\Delta = (60-56):2 = 2$ мм, $R_z = 40$ мкм. При шероховатости обработанной поверхности $R_z = 40-10$ мкм и припуске $t < 2$ обработку рекомендуется [11] производить в один переход. Принимаем $t = 2$ мм.

2.3. Выбор подачи

2.3.1. Расчет подачи по прочности механизма подачи станка

$$S_1 \leq \sqrt{\frac{Q_{мп}}{K_1 C_{pz} t^{x_{pz}} V^{z_{pz}}}}$$

* Здесь и далее в примере аналитического расчета делаются ссылки на приложения, приведенные в [12].

По паспортным данным станка ИК62 (см. прил. I)

$$Q_{мп} = 3530 \text{ Н.}$$

Сталь ИХ18Н9Т относится к коррозионно-стойким. По прил. 4 находим:

механические характеристики $E = 200000 \text{ МПа}$; $\sigma_B \geq 550 \text{ МПа}$; значения коэффициентов и показателей - $C_{pZ} = 3400$; $X_{pZ} = 0,95$; $Y_{pZ} = 0,75$; $Z_{pZ} = -0,1$; $K_{YpZ} = 0,9$; $K_{ZpZ} = 1,05$; $K_{h_{pZ}} = 1,09$. В соответствии с [11] для резцов с $\gamma > 0$ принимаем $K_1 = 0,45$ и ориентировочно - $V = 60 \text{ м/мин}$.

$$\text{Определяем } C_{pZ} = C'_{pZ} K_{YpZ} K_{ZpZ} K_{h_{pZ}} = 3400 \cdot 0,9 \cdot 1,05 \cdot 1,09 = 3500.$$

Тогда

$$S_1 \ll \sqrt[0,75]{\frac{3530 \cdot 60^{0,1}}{0,45 \cdot 3500 \cdot 2^{0,95}}} = 2,102 \text{ мм/об.}$$

2.3.2. Расчет подачи по прочности державки резца

$$S_2 \ll \sqrt[0,75]{\frac{BH^2 [\sigma_u]}{K_2 \ell C_{pZ} t^{X_{pZ}} V^{Z_{pZ}}}} \cdot (2)$$

Нами было принято: $B = 16 \text{ мм}$; $H = 25 \text{ мм}$ $[\sigma_u] = 250 \text{ МПа}$;

$$K_2 = 1,5; \ell = (1,2)H = 35 \text{ мм.}$$

Тогда

$$S_2 \ll \sqrt[0,75]{\frac{16 \cdot 25^2 \cdot 250 \cdot 60^{0,1}}{1,5 \cdot 6 \cdot 35 \cdot 3500 \cdot 2^{0,95}}} = 2,136 \text{ мм/об.}$$

2.3.3. Расчет по жесткости системы СПИД

в связи с заданной точностью обработки

$$S_3 \ll \sqrt[0,75]{\frac{u, \delta}{2 C_{pY} t^{X_{pY}} V^{Z_{pY}} \left(\frac{L^3}{KEJ} + \frac{1}{J_{ст}} \right)}}$$

Для вала $\phi 56 \text{ h}$ 8 по ст. СЭВ 145-75, $\delta = 0,046$. Принимаем $u, \delta = 0,75$.

По прил. 4 находим: $C_{pY} = 2760$; $X_{pY} = 0,85$; $Y_{pY} = 0,52$; $Z_{pY} = -0,15$; $K_{YpY} = 0,5$; $K_{ZpY} = 1,11$; $K_{h_{pY}} = 1,35$.

Тогда $C_{py} = 2760 \cdot 0,5 \cdot 1,11 \cdot 1,35 = 2068$.

Податливость детали, закрепленной в центрах,

$$\frac{1}{f_g} = \frac{L_3}{70EJ} = \frac{500^3}{70 \cdot 200000 \cdot 0,05 \cdot 56^4} = 0,00001815.$$

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

$$\frac{1}{f_{ст}} = 0,000025 K_4 \sqrt[3]{\frac{200}{X}} \approx 0,000025 (-1,0) \sqrt[3]{\frac{200}{215}} = -0,0000244.$$

Тогда

$$S_3 \leq \sqrt[0,52]{\frac{0,75 \cdot 0,046 \cdot 60^{0,15}}{2 \cdot 2068 \cdot 8 \cdot 2^{0,85} (0,00001815 - 0,0000244)}} = 1,83 \text{ мм/об.}$$

2.3.4. Расчет подачи по заданной шероховатости обработанной поверхности

$$S_4 \leq \frac{C_s R_z^y z^n \gamma^{0,3} \alpha^{0,25}}{t^x (\varphi \varphi_1)^z h_3^{0,2}} K_s.$$

В [11] находим, что при обработке стали $C_s = 0,008$; $y = 1,4$; $n = 0,7$; $X = 0,3$; $z = 0,35$.

В прил. 4 находим $K_s = 0,6$.

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

Следовательно,

$$S_4 = \frac{0,008 \cdot 30^{1,4} \cdot 1^{0,7} \cdot 10^{0,3} \cdot 10^{0,25}}{2^{0,3} (90 \cdot 10)^{0,35} 0,4^{0,2}} \cdot 0,6 = 0,269.$$

2.3.5. Выбор наибольшей технологически допустимой подачи

Расчетом получаем $S_1 \leq 2,102 \text{ мм/об}$; $S_2 \leq 2,136 \text{ мм/об}$; $S_3 = 1,83 \text{ мм/об}$; $S_4 = 0,269 \text{ мм/об}$. Из этих подач меньшей является $S_4 = 0,269 \text{ мм/об}$. Из имеющихся у станка надо выбрать равную ей или ближайшую меньшую. Для станка ИК62 (см. прил. 1) $S_{0T} = 0,26 \text{ мм/об}$.

Эта подача и будет наибольшей технологически допустимой, т.е. $S_0 = 0,26$ мм/об.

2.4. Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)

Частота вращения шпинделя станка определяется по формуле

$$n \leq \frac{1000 C_V}{T^m \cdot X_V S_0^Y \cdot \pi D}, \text{ об/мин.}$$

По заданию $T = 45$ мин; $D = 60$ мм.

По прил. 4 (раздел У) находим $C'_V = 240$; $X_V = 0,15$; $Y_V = 0,15$; $m = 0,25$; $K_{\varphi V} = 0,7$; $K_{\varphi IV} = 1,0$; $K_{\mu V} = 1,0$; $K_{\rho V} = 1,0$; $K_{M V} = 1,0$; $K_{O V} = 0,9$.

Определяем

$$C_V = C'_V K_{\varphi V} K_{\varphi IV} K_{\mu V} K_{\rho V} K_{M V} K_{O V} = 240 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 151.$$

Тогда

$$n \leq \frac{1000 \cdot 151}{45^{0,25} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,26^{0,15} \cdot \pi \cdot 60} = 342 \text{ об/мин.}$$

Для станка ИК62 (см. прил. I) $n_x = 315$ об/мин; $n_{x+1} = 400$ об/мин.

Сравним минутные подачи для этих ступеней

$$S_x = S_0 n_x$$

$$S_{x+1} = S_0 n_{x+1}$$

$$S' \leq S_0 \sqrt[0,15]{\frac{n}{n_{x+1}}} = 0,26 \sqrt[0,15]{\frac{342}{400}} = 0,091 \text{ мм/об.}$$

Ближайшая меньшая, имеющаяся на станке $S'_0 = 0,084$ мм/об,

$$S_x = 0,26 \cdot 315 = 81,9 \text{ мм/мин; } v$$

$$S_{x+1} = 0,084 \cdot 400 = 33,6 \text{ мм/мин,}$$

$$S_{x+1} < S_x$$

Таким образом, наилучший режим резания будет: $t = 2$ мм;

$S = 0,26$ мм/об; $n = 315$ об/мин.

Действительная скорость резания

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 315}{1000} = 59,3 \text{ м/мин.}$$

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

Условие проверки $M_{рез} < M_{шп}$:

$$M_{рез} = 0,0005 C_{рез} t^{0,75} S_D^{0,75} V^{0,75} = 0,0005 \cdot 3500 \cdot 2^{0,75} \cdot 0,026^{0,75} \cdot 59,3^{0,75} = 49,0 \text{ Нм}$$

$$M_{рез} = 49,0 \text{ Нм} < M_{шп} = 255 \text{ Нм}$$

Следовательно, станок может выполнить выбранный режим резания.

2.6. Определение машинного времени обработки

$$T_{маш} = \frac{y + l + y_1}{S n}$$

где $y = t \cdot ctg \varphi = 0,5$

Принимаем $y = 0,5$ мм; $l = 400$ мм; $y_1 = 1,5$ мм; $S = 0,26$ мм/об; $n = 315$ об/мин.

Тогда

$$T_{маш} = \frac{0,5 + 400 + 1,5}{0,26 \cdot 315} = 4,91 \text{ мин}$$

2.7. Определение коэффициента использования режущих свойств инструмента

$$K_u = \frac{S n}{S_p n_p}$$

$S = 0,26$ мм/об; $n = 315$ об/мин; $S_p = 0,26$ мм/об; $n_p = 342$ об/мин.

Тогда

$$K_u = \frac{0,26 \cdot 315}{0,26 \cdot 342} = 0,921 \text{ или } K_u = 92\%$$

2.8. Определение коэффициента загрузки станка по мощности (крутящему моменту)

$$K_c = \frac{N_{рез}}{N_{шп}} = \frac{M_{рез}}{M_{шп}}$$

$$M_{рез} = 49 \text{ Нм}, M_{шп} = 255 \text{ Нм}, K_c = \frac{49}{255} = 0,192 \text{ или } K_c = 19\%$$

3. ТАБЛИЧНЫЙ (НОРМАТИВНЫЙ) СПОСОБ РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Центральное бюро промышленных нормативов по труду (ЦБПНТ) государственного комитета Совета Министров СССР по труду и социальным вопросам выпускает общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках в виде сборников [1, 2 и др.] Теоретической и методологической основой разработки нормативных сборников является "Методика расчета наилучшего режима резания", изложенная в [11]. В этих сборниках все необходимое представлено в виде методических указаний и таблиц двух типов: карт и приложений.

Таблицы представляют собой сводку либо логических выводов из рекомендаций по рациональному использованию станков и инструментов, либо результатов расчетов по формулам, которые приведены в методике [11] с использованием нормативных материалов, помещенных в приложениях 3-7 [12]. В таблицах, где это необходимо, имеются поправочные коэффициенты, которые дают возможность привести табличную (нормативную) величину к условиям, близким к реальным. Предполагается, что к моменту выбора режимов резания разработан технологический процесс, в котором определен припуск на обработку, а следовательно и выбраны глубины резания, установлена оптимальная марка инструментального материала и геометрия заточки реза. Однако предусматривается и возможность выбора указанных параметров (кроме глубины резания) по таблицам приложений.

Процедура назначения режима резания сводится к выбору по картам подачи (для чистовой или черновой обработки), скорости резания (при $T = 60$ мин) и затрачиваемой мощности; уточнению выбранных S и V с помощью поправочных коэффициентов (в картах и приложениях) и к проверке (по приложениям) возможности выполнения выбранных t , S и V по прочности механизма подачи и крутящему моменту на шпинделе станка, по прочности инструмента и его пластинки, по жесткости системы СПИД и в некоторых случаях - по прочности закрепления заготовки в приспособлении.

Таким образом, табличный (нормативный) способ расчета требует учета всех тех же факторов, которые учитываются и методикой. Отличие состоит только в уменьшении вычислительной работы.

4. ПРИМЕР ТАБЛИЧНОГО РАСЧЕТА РЕЖИМА РЕЗАНИЯ

Пусть необходимо произвести расчет режима резания для обточки вала при условиях, указанных в примере аналитического расчета наилучшего режима резания.

4.1. 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 геометрии реза выбирается по прил. I и 2 [1]. Поскольку нормативные материалы в прил. 2 и 3 методического пособия I2 те же, что и приведенные в I, то и получим результаты, приведенные в примере аналитического расчета. Не будем их повторять.

4.2. Выбор глубины резания

Глубина резания определяется припуском на обработку или соображениями, изложенными на с. I3 [1]. Можно воспользоваться и рекомендациями методики. В данном случае

$$t = \frac{60 - 56}{2} = 2 \text{ мм}.$$

4.3. Выбор подачи

По карте 3 на с. 39 [1] находим, что для углеродистой и легированной стали, если требуется обеспечить шероховатость по $\nabla 4$ ($R_z = 40-20 \text{ мкм}$) резцом с $z = 1,0 \text{ мм}$, рекомендуется $S = 0,55-0,65 \text{ мм/об}$.

Поскольку $\frac{L}{D}$ достаточно большое (≈ 9), принимаем $S = 0,55 \text{ мм/об}$.

Для стали X18H9T рекомендуется $K_s = 0,6$, тогда

$$S = 0,55 \cdot 0,6 = 0,33 \text{ мм/об}.$$

Так как в таблицах рекомендуемых скоростей величины дискретны, то необходимо выбрать V для подачи ближайшей меньшей (или равной) к $0,33 \text{ мм/об}$. Находим по карте 5 на с. 41 [1], что при t до $2,1 \text{ мм}$ V даны для $S = 0,27 \text{ мм/об}$ и $S = 0,37 \text{ мм/об}$. Выбираем $S = 0,27 \text{ мм/об}$.

Выборную подачу сопоставляем с паспортными данными станка и принимаем окончательно $S = 0,26$ мм/об.

Проверяем выбранную подачу по ограничивающим факторам.

По прочности механизма подачи станка

По прил. 7 на с. 382 [1] находим, что при $t = 2$ мм; $S = 0,26$ мм/об; $V = 65$ м/мин с учетом поправки ($K_g = 1,0$ и $K_a = 1,0$) возникает сила подачи $P_x = 63$ кгс (630 Н). Сопоставляя с паспортными данными станка, убедимся, что возникающая сила меньше допустимой прочности механизма подачи станка ($Q_{ст} = 3530$ Н).

По прочности державки резца

По прил. 9 на с. 385 [1] находим, что для резцов с $B \times H = 16 \times 25$ при $l = 1,5H \approx 35$ мм и работе с $t < 2,9$ мм допустима подача $S = 2,7$ мм/об.

По жесткости (по прогибу) в связи с заданной точностью обработки

По прил. 12 на с. 392 [1] находим, что при обточке детали из стали с $\sigma_B = 55-68$ кгс/мм (550-680 МПа) по 3 классу точности (30-50 мкм), закрепленной в центрах при $t = 2$ мм, допускается подача $S = 0,62$ мм/об. В нашем случае резец имеет $\varphi = 90^\circ$, поэтому с учетом поправки $S = 0,62 \cdot 2,47 = 1,53$ мм/об.

Таким образом наибольшей технологически допустимой подачей будет $S = 0,26$ мм/об.

4.4. Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)

1. По карте 5 на с. 41 [1] находим, что при обработке жаропрочной стали Х18Н9Т в состоянии поставки резцами с пластинами твердого сплава ВК8 при t до 2,1 мм и $S = 0,27$ мм/об и $\varphi = 90^\circ$ рекомендуется $V = 75$ м/мин. С учетом поправочных коэффициентов $V = 75 K_{uV} K_{pV} K_{mV} = 75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 67,5$ м/мин.

2. Частота вращения шпинделя станка

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{67,5}{3,14 \cdot 60} = 358 \text{ об/мин.}$$

Сопоставляя с паспортными данными станка принимаем

$$n = 315 \text{ об/мин.}$$

3. Действительная скорость резания

$$V_{\text{действ}} = \frac{\pi D n}{1000} = 59,34 \text{ м/мин}$$

4.5. Проверка выбранного режима резания по возможностям станка

1. Мощность потребляемая на резание. По карте 7 на с.48 [1] находим, что при обработке жаропрочной стали X18H9T резцами с пластинами из твердого сплава при $t = 2 \text{ мм}$, $S = 0,3 \text{ мм/об}$ и $V = 59 \text{ м/мин}$ $N \approx 1,3 \text{ кВт}$.

2. Крутящий момент

$$M = \frac{N \cdot 60}{2 \pi n} = \frac{1300 \cdot 60}{2 \cdot 3,14 \cdot 315} = 39,4 \text{ Нм.}$$

(Двойной крутящий момент при черновой обработке дан в прил. 5 на с. 380 [1]).

Сопоставляя N и M с паспортными данными станка убеждаемся, что выбранный режим резания на станке IK62 выполним. Таким образом, за оптимальный режим резания принимаем $t = 2 \text{ мм}$, $S = 0,26 \text{ мм/об}$, $n = 315 \text{ об/мин}$. Далее, если это требуется, так же как и в примере аналитического расчета, определяются другие показатели: машинное время обработки, коэффициент использования режущих свойств инструмента, коэффициент загрузки станка по мощности.

Из приведенного примера следует, что табличный (нормативный) способ расчета дал тот же результат, который получен при аналитическом расчете наилучшего режима резания.

5. РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА ЭВМ

5.1. Подготовка к расчету на ЭВМ

Для решения задачи в том виде, как она поставлена и реализуется в методике, целесообразно использовать мини-ЭВМ типа "Электроника ДЭ-28" с применением алгоритмического языка "Бейсик". Процедура выполнения расчета на машине занимает небольшое время, если подготовить все необходимое заранее. Прежде всего следует иметь в виду, что все

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 табл. I.

Т а б л и ц а I

Исходные, справочные и нормативные величины для расчета на ЭВМ наиболее выгодного режима резания

№	Наименование величины	Стандартный или принятый в методике символ	Машинный символ величины	Численное значение величины
I	Высота центров станка	H_c	$H \emptyset$	
2	Наибольшее усилие, допустимое механизмом подачи станка	$Q_{м.п}$	Q	
3	Наименьшая величина подачи на станке	S_{min}	$S(\emptyset)$	
4	Наименьшая частота вращения шпинделя станка	$N_{min ст}$	$N(\emptyset)$	
5	Наибольшая частота вращения шпинделя станка	$N_{max ст.}$	$N(10)$	
6	Высота державки резца	H	H	
7	Ширина державки резца	B	B	
8	Вылет резца из резцедержателя или длина головки расточного резца	l	L	
9	Диаметр опасного сечения головки расточного резца (если резец проходной, то принять $D = 0$)	d_2	D	
10	Момент сопротивления сечения державки резца	W	W	-
11	Модуль упругости материала державки резца	E	E	
12	Допустимое напряжение на изгиб державки резца	$[\sigma_u]$	J	
13	Передний угол резца	γ	G	
14	Задний угол резца	α	A	
15	Главный угол в плане	φ	F	
16	Вспомогательный угол в плане	φ_1	FI	
17	Радиус закругления вершины резца	Z	R	

Продолжение табл. I

№	Наименование величины	Стандартный или принятый в методике символ	Машинный символ величины	Численное значение величины
18	Радиус закругления вершины реза по заданной шероховатости	R_1	RI	—
19	Величина износа реза по задней поверхности	h_3	HI	—
20	Наибольший диаметр поверхности резания	D_1	$D2$	—
21	Наименьший диаметр поверхности резания	d	DI	—
22	Диаметр опасного сечения цилиндрической заготовки	D	$D3$	—
23	Свободная длина заготовки после закрепления	L	$L3$	—
24	Коэффициент, учитывающий способ закрепления заготовки	K	$K3$	—
25	Коэффициент, учитывающий способ закрепления заготовки	K	$K(3I)$	—
26	Модуль упругости материала заготовки	E	$E3$	—
27	Допуск на размер обработанной поверхности	σ	u	—
28	Допустимая шероховатость обработанной поверхности	R_z	$R3$	—
29	Податливость заготовки с учетом ее закрепления	$1/\delta_z$	$J3$	—
30	Податливость станка с учетом закрепления заготовки	$1/\delta_{ст}$	$J\phi$	—
31	Коэффициент в формуле для силы P_z	C_{Pz}	CI	—
32	Коэффициент, характеризующий нормативные условия обработки	C'_{Pz}	KI	—
33	Поправочный коэффициент на P_z , учитывающий реальную величину φ	$K_{\varphi Pz}$	$K(II)$	—
34	Поправочный коэффициент на P_z , учитывающий реальную величину γ	$K_{\gamma Pz}$	$K(12)$	—

№	Наименование величины	Стандартный или принятый в мето- де символ	Машинный символ величины	Численное значение величины
35	Поправочный коэффициент на ρ_z , учитывающий реальную величину λ	$K_{\lambda\rho_z}$	K(I3)	
36	Поправочный коэффициент на ρ_z , учитывающий реальную величину z	$K_{z\rho_z}$	K(I4)	
37	Поправочный коэффициент на ρ_z , учитывающий реальную величину h_3	$K_{h_3\rho_z}$	K(I5)	
38	Поправочный коэффициент на ρ_z , учитывающий механические свойства обрабатываемого материала	$K_{m\rho_z}$	K(I6)	
39	Показатель степени при \bar{t} в форму- ле для ρ_z	X_{ρ_z}	XI	
40	Показатель степени при S в формуле для ρ_z	Y_{ρ_z}	VI	
41	Показатель степени при v в форму- ле для ρ_z	Z_{ρ_z}	ZI	
42	Коэффициент в формуле для силы P_y	C_{py}	C2	—
43	Коэффициент, характеризующий нор- мативные условия	C'_{py}	K2	
44	Поправочный коэффициент на ρ_y , учитывающий реальную величину φ	$K_{\varphi\rho_y}$	K(21)	
45	Поправочный коэффициент на ρ_y , учитывающий реальную величину γ	$K_{\gamma\rho_y}$	K(22)	
46	Поправочный коэффициент на ρ_y , учитывающий реальную величину λ	$K_{\lambda\rho_y}$	K(23)	
47	Поправочный коэффициент на ρ_y , учитывающий реальную величину z	$K_{z\rho_y}$	K(24)	
48	Поправочный коэффициент на ρ_y , учитывающий реальную величину h	$K_{h\rho_y}$	K(25)	
49	Поправочный коэффициент, учитывающий механические свойства обрабаты- ваемого материала	$K_{m\rho_y}$	K(26)	
50	Показатель степени при t в форму- ле для ρ_y	X_{ρ_y}	X2	

№	Наименование величины	Стандартный или принятый в мето-дике символ	Машинный символ величины	Численное значение величины
51	Показатель степени при S в формуле для P_y	Y_{py}	$Y2$	
52	Показатель степени при v в формуле для P_y	Z_{pv}	$Z2$	
53	Поправочный коэффициент	K_S	$K4$	
54	Коэффициент в формуле подач по шероховатости	C_S	$C4$	
55	Показатель степени при R_z	Y	$Y4$	
56	Показатель степени при z	z	$N4$	
57	Показатель степени при t	x	$X4$	
58	Показатель степени при y и y_1	z	$Z4$	
59	Предварительно выбранная скорость резания	V_0	$V0$	
60	Глубина резания	t	T	—
61	Наибольшая технологически допустимая подача	S_0	$S0$	—
62	Наибольшая технологически допустимая подача, согласованная со станком		$S1$	—
63	Подача, допустимая прочностью механизма подач станка	S_1	$S(1)$	—
64	Подача, допустимая прочностью державки резца	S_2	$S(2)$	—
65	Подача, допустимая жесткостью системы СПИД в связи с заданной точностью обработки	S_3	$S(3)$	—
66	Подача, допустимая заданной высотой шероховатости обработки поверхности	S_4	$S(4)$	—
67	Наивыгоднейшая подача	S	S	—
68	Коэффициент, характеризующий условия обработки	C_v	$C5$	—
69	Коэффициент, характеризующий стандартные условия обработки	C'_v	$K5$	

Продолжение табл. I

№	Наименование величины	Стандартный или принятый в методике символ	Машинный символ величины	Численное значение величины
70	Коэффициент, учитывающий величину φ	$K_{\varphi V}$	K(51)	—
71	Коэффициент, учитывающий величину φ_1	$K_{\varphi_1 V}$	K(52)	—
72	Коэффициент, учитывающий величину Z	$K_{Z V}$	K(53)	—
73	Коэффициент, учитывающий форму передней поверхности	$K_{\phi V}$	K(54)	—
74	Коэффициент, учитывающий сечение державки резца	$K_{q V}$	K(55)	—
75	Коэффициент, учитывающий марку инструм. материала	$K_{M V}$	K(56)	1
76	Коэффициент, учитывающий марку обрабатываемого материала	$K_{M V}$	K(57)	—
77	Коэффициент, учитывающий состояние обрабатываемого материала	$K_{C V}$	K(58)	—
78	Коэффициент, учитывающий характер СОЖ	$K_{O V}$	K(59)	—
79	Оптимальная стойкость инструмента	T	T_5	—
80	Показатель относительной стойкости	m	M	—
81	Показатель, характеризующий влияние t на V	X_V	X_5	—
82	Показатель, характеризующий влияние s на V	Y_V	Y_5	—
83	Реальная скорость резания	V	V	—
84	Расчетная частота вращения заготовки	n	$N(5)$	—
85	Ближайшая меньшая к расчетной частоте вращения шпинделя	n_x	$N(40)$	—
86	Ближайшая большая к расчетной частоте вращения шпинделя станка	n_{x+1}	$N(60)$	—

№	Наименование величины	Стандартный или принятый в методике символ	Машинный символ величины	Численное значение величины
87	Машинное (основное технологическое) время обработки	$t_{\text{маш}}$	$T\emptyset$	—
88	Коэффициент использования режущих свойств инструмента	K_u	K	—
89	Коэффициент загрузки станка по мощности	K_c	$K\emptyset$	—
90	Длина обрабатываемого участка детали	l	$L(3I)$	—

При принятых в табл. I обозначениях расчетные зависимости методики (для удобства сохраним их нумерацию [II]) и все необходимое для них, что потребуется в дальнейшем, можно представить в виде табл. 2.

Таблица 2

Зависимости для расчета наилучшего режима резания на ЭВМ

()	$u_3 = (D_2 - D_1) / 2$ $T = u_3$ $(T_1 = 3/4 * u_3; T_2 = u_3 - T_1)$
(9)	$CI = K_I * K_{(II)} * K_{(I2)} * K_{(I3)} * K_{(I4)} * K_{(I5)} * K_{(I6)}$ $S(I) = (Q / (0,45 * CI * T \rightarrow XI * VO \rightarrow ZI)) \rightarrow (I / V / I)$ <p>(здесь и далее вместо T может стоять T_1 или T_2 - при двухпереходной обработке)</p>
(II)	$W = B * H \rightarrow 2/6 \quad - \text{ для прямоугольного сечения державки}$ $W = 3,14 * D \rightarrow 3/32 \quad - \text{ для круглого сечения державки}$ $S(2) = (W * J / (1,5 * L * CI * T \rightarrow XI * VO \rightarrow ZI)) \rightarrow (I / V / I)$

(14)	<p style="text-align: center;">Операция обточки</p> $C2 = K2 * K(21) * K(22) * K(23) * K(24) * K(25) * K(26)$ $J3 = L3 \rightarrow 3 / (K3 * 0,05 * D3 \rightarrow 4 * E3)$ $J0 = 0,000025 * K(31) * (200/H0) \rightarrow (I/3)$ $S(3) = (0,75 * U / (2 * C2 * T \rightarrow X2 * V0 \rightarrow 2 * ABS(J3 + J0))) \rightarrow (I/Y2)$
(18)	<p style="text-align: center;">Операция расточки</p> $S(3) = (0,05625 * D \rightarrow 4 * E * U / (L \rightarrow 3 * C2 * T \rightarrow X2 * V0 \rightarrow Z2)) \rightarrow (I/Y2)$
(19)	$S(4) = (C4 * P3 \rightarrow Y4 * R \rightarrow N4 * G \rightarrow 0,3 * A \rightarrow 0,25) * K4 / (T \rightarrow X4 * P \rightarrow Z4 * F1 \rightarrow Z4 * H1 \rightarrow 0,2)$
(22)	$C5 = K5 * K(51) * K(52) * K(53) * K(54) * K(55) * K(56) * K(57) * K(58) * K(59)$ $N(5) = 1000 * C5 / (T5 \rightarrow M * T \rightarrow X5 * S1 \rightarrow Y5 * 3,14 * D,2)$
(24)	$S(41) = S1 * N(40)$ $S6 = S1 * (N(5) / N(60)) \rightarrow (I/Y5)$ $S(61) = S(60) * N(60)$
(21)	$V = 3,14 * D2 * N / 1000$
(8)	$PI = CI * T \rightarrow XI * S \rightarrow YI * V \rightarrow ZI$
(26)	$M = 0,0005 * D2 * PI$
(28)	$T0 = (T / TAN(F) + L(31) + I + 0,15 * T) / (S * N)$
(29)	$K = S * N / (S1 * N(5))$
(30)	$K0 = M / M0$

Для реализации методики на ЭВМ на основе полученных зависимостей разрабатывается программа. Для учебных целей, как уже отмечалось ранее, целесообразно иметь полную программу работы машины с поэтапным вводом исходных и нормативных данных, с выводом на экран дисплея промежуточных решений и возможностью их корректировки, т.е. программа должна обеспечить работу в режиме диалога. Один из вариантов такой программы представлен ниже.

ПРОГРАММА РАСЧЕТА НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ
НА ЭВМ "ЭЛЕКТРОНИКА ДЗ-28"

```

2 PRINT 'ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ'
3 PRINT 'СТУДЕНТ' ГРУППА'
5 PRINT 'РАСЧЕТ НАИВЫГОДНЕЙШЕГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ'
7 PRINT 'ЭСКИЗ' ВАРИАНТ'
14 PRINT
15 PRINT#0
20 PRINT '1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ РЕЗАНИЯ'
25 INPUT 'ВВЕДИТЕ ДИАМЕТРЫ ЗАГОТОВКИ И ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ D1, D2' D1, D2
30 LET U3 = (D2 - D1) / 2
35 INPUT 'ВВЕДИТЕ ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ R3' R3
40 IF R3 > 40 THEN 75
45 IF R3 <= 40 THEN IF U3 <= 2 THEN 75
50 LET T1 = 3 / 4 * U3
55 LET T2 = U3 - T1
60 PRINT 'ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ T1=' T1
65 PRINT 'ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ T2=' T2
66 LET T = T2
70 GOTO 85
75 LET T = U3
80 PRINT 'ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ T=' T
85 PRINT '2. РАСЧЕТ НАИБОЛЬШЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМОЙ ПОДАЧИ'
86 PRINT ' ДЛЯ ОБРАБОТКИ С T (ИЛИ T2)'
90 DIM K(60), N(60), S(64), L(32)
95 INPUT 'ВВЕДИТЕ УСИЛИЕ ДОПУСКАЕМОЕ МЕХАНИЗМОМ ПОДАЧ СТАНКА Q' Q
100 INPUT 'ВВЕДИТЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ВНЕШАННУЮ СКОРОСТЬ РЕЗАНИЯ U0' U0
105 INPUT 'ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНИ K1, X1, Y1, Z1' K1, X1, Y1, Z1
110 PRINT 'ВВЕДИТЕ ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ'
112 INPUT 'K(11), K(12), K(13), K(14), K(15), K(16)' K(11), K(12), K(13), K(14), K(15), K(16)
115 LET C1 = K(11) * K(12) * K(13) * K(14) * K(15) * K(16)
120 IF T > U3 THEN LET T = T2
125 LET S(1) = (Q / (0.45 * C1 * T * X1 * U0 ^ Z1)) ^ (1 / Y1)
130 PRINT 'МЕХАНИЗМ ПОДАЧ СТАНКА ДОПУСКАЕТ S(1)=' S(1)
135 INPUT 'ВВЕДИТЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЦА И ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ H, B, L, D, J' H, B, L, D, J
140 IF D = 0 THEN 155
145 LET H = 3.14 * D ^ 3 / 32
150 GOTO 160
155 LET H = B * H ^ 2 / 6
160 LET S(2) = (H * J / (1.5 * L * C1 * T * X1 * U0 ^ Z1)) ^ (1 / Y1)
165 PRINT 'ВЕРХНЯЯ РЕЦЗА ДОПУСКАЕТ S(2)=' S(2)
170 INPUT 'ВВЕДИТЕ БЕЛЛИЧУ ДОПУСКА НА ДИАМЕТР ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ U' U
175 INPUT 'ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНИ K2, X2, Y2, Z2' K2, X2, Y2, Z2
180 PRINT 'ВВЕДИТЕ ПОПРАВочные КОЭФФИЦИЕНТЫ'

```



```

182 INPUT 'K(21),K(22),K(23),K(24),K(25),K(26)' K(21),K(22),K(23),K(24),K(25),K(26)
185 LET C2=K2*K(21)*K(22)*K(23)*K(24)*K(25)*K(26)
190 IF D<0 THEN 225
195 INPUT 'ВВЕДИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТАЛИ L3,D3,E3,K3,K(31)' L3,D3,E3,K3,K(31)
200 INPUT 'ВВЕДИТЕ ЧАСТОТУ ЦЕНТРОВ СТАНКА N0' N0
210 LET J3=L3^3/(K3*0.05*D3^4*E3)
215 LET J0=0.000025*K(31)*K(20/N0)^(1/3)
225 LET S(3)=(0.75*U/(2*C2*T^2*X2+U0^2+ABS(J3+J0)))^(1/2)
220 GOTO 235
225 INPUT 'ВВЕДИТЕ МОДУЛЬ ШИРИТЫ МАТЕРИАЛА РЕЗЦА E' E
230 LET S(3)=(0.05625*D^4*E*U/(L3*C2*T^2*X2+U0^2))^(1/2)
235 PRINT 'ШЕСТКОСТЬ СИСТЕМЫ СПИД ДОПУСКАЕТ S(3)='S(3)
245 INPUT 'ВВЕДИТЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗЦА G,A,F,F1,R,H1' G,A,F,F1,R,H1
250 INPUT 'ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНЫ C4,X4,V4,Z4,N4,K4' C4,X4,V4,Z4,N4,K4
255 LET S(4)=(C4*R3^4*V4*R^4*G^0.3*A^0.25)*K4/(T^4*X4*F^2*Z4*H1^0.2)
260 PRINT 'ЗАДАННАЯ ШЕРШОВАТОСТЬ ДОПУСКАЕТ ПОДАЧУ S(4)='S(4)
265 LET S0=S(1)
270 FOR I=2 TO 4
275 IF S0<S(I) THEN 285
280 LET S0=S(I)
285 NEXT I
290 PRINT 'НАИБОЛЬШАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ДОПУСТИМАЯ ПОДАЧА S0='S0
295 INPUT 'ВВЕДИТЕ НАМЕНЬШУЮ ПОДАЧУ СТАНКА S(0)' S(0)
300 IF S(0)>S0 THEN 315
305 INPUT 'СОГЛАСИТЕ S0 С ПАСПОРТНЫМИ ВЕЛИЧИНАМИ ПОДАЧ, ВЫБРАВ S1<S0,S1='S1
310 GOTO 360
315 LET S1=S(0)
320 IF S(3)<S(4) THEN 345
325 LET R1=((S1*T^4*X4*F^2*Z4*H1^0.2)/(C4*R3^4*V4*G^0.3*A^0.25))^(1/4)
330 PRINT 'ЕСЛИ ВЫ СЧИТАЕТЕ ВОЗМОЖНЫМ ПРИНЯТЬ R1='R1
335 INPUT 'ВВЕДИТЕ ЧИСЛО 1, В ПРОТИВНОМ СЛУЧАЕ НАДО УМЕНЬШИТЬ F, F1 ИЛИ T' Z
336 PRINT ' И ПОВТОРИТЬ ВЕСЬ РАСЧЕТ'
340 GOTO 360
345 PRINT 'СИСТЕМА СПИД ПРИ ВЫБРАННЫХ ПАРАМЕТРАХ РЕЗЦА И T НЕ ОБЕСПЕЧИВАЕТ'
346 PRINT ' ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ'
350 PRINT 'НАДО ПРИНЯТЬ НЕОБХОДИМЫЕ МЕРЫ И ПОВТОРИТЬ ВЕСЬ РАСЧЕТ'
355 END
360 PRINT '3. РАСЧЕТ СКОРОСТНОЙ СТЫЛЕНИ'
363 PRINT 'ВВЕДИТЕ НАМЕНЬШУЮ И НАИБОЛЬШУЮ ЧАСТОТУ ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ СТАНКА'
364 INPUT 'N0, K(10)' N0,K(10)
365 INPUT 'ВВЕДИТЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ СТЕПЕНИ K5,X5,Y5,M' K5,X5,Y5,M
370 PRINT 'ВВЕДИТЕ ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ'
372 INPUT 'K(51),K(52),K(53),K(54),K(55)' K(51),K(52),K(53),K(54),K(55)
375 PRINT 'ВВЕДИТЕ ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ'
377 INPUT 'K(56),K(57),K(58),K(59)' K(56),K(57),K(58),K(59)
380 LET C5=K5*K(51)*K(52)*K(53)*K(54)*K(55)*K(56)*K(57)*K(58)*K(59)
385 INPUT 'ВВЕДИТЕ ЗАДАННУЮ ШТОРЖКОСТЬ РЕЗЦА T5' T5
390 LET N(5)=1000*C5/(T5^5*M*T^4*X5*S1^4*Y5*3.14*D2)
393 PRINT 'РАСЧЕТНАЯ ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ СТАНКА N(5)='N(5)
395 IF N(5)<N(10) THEN GOTO 405
396 LET N=N(10)
397 PRINT 'N='N
398 GOTO 405

```

```

405 PRINT 'ВВЕДИТЕ БЛИЖАЙШУЮ К N(5) МЕНЬШУЮ И БОЛЬШУЮ СКОРОСТНУЮ СТУПЕНЬ СТАНКА'
406 INPUT 'N(40);N(60)';N(40);N(60)
410 LETS(41)=S1*N(40)
415 LETS6=S1*(N(5)/N(60))^(1/Y5)
420 PRINT 'РАСЧЕТНАЯ ПОДАЧА ПРИ N(60) РАВНА S6=' S6
425 PRINT 'ПОДБЕРИТЕ ИЗ ИМЕЮЩИХСЯ НА СТАНКЕ ПОДАЧ БЛИЖАЙШУЮ МЕНЬШУЮ К S6--S(60)'
430 INPUT 'ВВЕДИТЕ ВЫБРАННУЮ ПОДАЧУ S(60)=' S(60)
435 LETS(61)=S(60)*N(60)
440 IF S(61)>S(41) THEN 470
445 PRINT 'НАИВЫГОДНЕЙШЕЙ ПОДАЧЕЙ БУДЕТ S1=' S1
450 LETS=S1
455 PRINT 'НАИВЫГОДНЕЙШЕЙ СКОРОСТНОЙ СТУПЕНЬЮ СТАНКА БУДЕТ N(40)=' N(40)
460 LETN=N(40)
465 GOTO 465
470 PRINT 'НАИВЫГОДНЕЙШЕЙ ПОДАЧЕЙ БУДЕТ S(60)=' S(60)
475 LETS=S(60)
480 PRINT 'НАИВЫГОДНЕЙШЕЙ СКОРОСТНОЙ СТУПЕНЬЮ СТАНКА БУДЕТ N(60)=' N(60)
483 LETN=N(60)
485 PRINT 'УПРОСТИМ ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ И ПРИМЕМ ДАЛЕЕ'
490 PRINT ' ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ T=' T
495 PRINT ' ПОДАЧА S=' S
500 PRINT 'ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ N=' N
505 PRINT '4. ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫБРАННОГО РЕЖИМА РЕЗАНИЯ'
510 INPUT 'ВВЕДИТЕ ВЕЛИЧИНУ МОМЕНТА(M0) НА ШПИНДЕЛЕ СТАНКА ПРИ ВЫБРАННОМ N' M0
515 LETU=3.14*D2*N/1000
520 LETP1=C1*T^X1*S^Y1*U^Z1
525 LETM=0.0005*D2*P1
526 PRINT 'ПРИ ВЫБРАННЫХ T, S, И N M=' M
530 IF M<M0 THEN 530
535 PRINT 'ВЫБРАННЫЙ РЕЖИМ РЕЗАНИЯ НА ДАННОМ СТАНКЕ ВЫПОЛНИМ'
540 PRINT 'В ЭТОМ СЛУЧАЕ ЗА ПОМОЩЬ ОБРАТИТЕСЬ К УЧЕБНОМУ ПОСОБИЮ'
545 END
550 PRINT 'ВЫБРАННЫЙ РЕЖИМ РЕЗАНИЯ ВЫПОЛНИМ'
555 PRINT '5. ОПРЕДЕЛИМ МАШИННОЕ (ОСНОВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ) ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ T0'
560 INPUT 'ВВЕДИТЕ ДЛИНУ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ L(31)' L(31)
565 LETT0=(T/(D*(F)+L(31))+1+0.15*T)/(S*N)
570 PRINT '6. ОПРЕДЕЛИМ КОЭФФ. ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТА K'
575 LETK=S*N/(S1*N(5))
577 PRINT '7. ОПРЕДЕЛИМ КОЭФФ. ЗАГРУЗКИ СТАНКА ПО МОЩНОСТИ (МОМЕНТУ)'
580 LETK0=M/M0
585 PRINT 'В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА ПОЛУЧИМ '
590 PRINT ' ГЛУБИНА РЕЗАНИЯ(T ИЛИ T2) T=' T
595 PRINT ' ПОДАЧА (ДЛЯ T ИЛИ T2) S=' S
600 PRINT ' ЧАСТОТА ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ N=' N
605 PRINT ' МАШИННОЕ ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ T0=' T0
610 PRINT ' КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТА K=' K
615 PRINT ' КОЭФФИЦИЕНТ ЗАГРУЗКИ СТАНКА ПО МОЩНОСТИ K0=' K0
617 PRINT#0
620 PRINT 'ПРОИЗВЕДЕН РАСЧЕТ ДЛЯ ОДНОПЕРЕХОДНОЙ ОБРАБОТКИ (КОГДА T=U3)'
625 PRINT 'ИЛИ ДЛЯ ВТОРОГО ПЕРЕХОДА (КОГДА T2) ДВУХПЕРЕХОДНОЙ ОБРАБОТКИ'
630 PRINT 'ЕСЛИ ОБРАБОТКА ДВУХПЕРЕХОДНАЯ ТО ДЛЯ ПЕРВОГО ПЕРЕХОДА С T1'
635 PRINT 'РАСЧЕТ ПОВТОРИТЬ, ВВЕДЯ В СТРОКУ 25 СООТВЕТСТВУЮЩИЕ D И D3, А ТАКЖЕ'
640 PRINT 'ДРУГИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ЧЕРНОВОЙ ОБРАБОТКИ'
645 PRINT 'ОСОБОЕ ВНИМАНИЕ ОБРАТИТЕ НА ПРАВИЛЬНЫЙ ВЫБОР U И R3'
650 END

```

Для реализации программы необходимо выбрать численные значения всех величин, входящих в зависимости. Рекомендуется выбирать их в той последовательности, в которой они встречаются в программе (или в методике), используя для этого исходные, справочные и нормативные данные из задания и прил. I-7/[I2] и рекомендаций, изложенных в методике [II]. По мере выбора величин они заносятся в табл. I, после заполнения которой можно было бы приступить к работе на машине.

Однако исходные, справочные и нормативные величины в табл. I расположены по группам, а не в порядке реализации программы, поэтому поиск их во время ввода в ЭВМ требует определенной затраты времени, снижает эффективность использования машины и не исключает возможных ошибок. В связи со сказанным целесообразно составить таблицу вводных в ЭВМ величин в той последовательности, в какой они предусмотрены программой. Для этого необходимо из всех строк программы с оператором "INPUT" выписать номер строки и символы вводимых в машину величин, а из табл. I выписать численные значения величин в той же последовательности, в какой написаны их символы в строке. Например так, как показано в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Величины, вводимые в ЭВМ во время реализации программы

Номер строки программы	Вводимые величины	Численные значения вводимых величин
25	<i>D1, D2</i>	56, 60
---	---	---
---	---	---
I05	<i>KI, XI, YI, ZI</i>	3400; 0,95; 0,75; -0,1
II2	<i>K(I1), K(I2), K(I3), K(I4), K(I5), K(I6)</i>	0,9; I,05; I,09; I, I, I
---	---	---

Если Вы выполняете домашнее задание и при оформлении пояснительной записки будете описывать процедуру вычисления на ЭВМ, используя для этой цели программу, то в табл. 3 нет необходимости, ее полностью заменяет описание процедуры, которое в форме, рекомендуемой ниже, составляется на этапе подготовки к работе на ЭВМ.

5.2. Пример расчета наиболее выгодного режима резания с использованием ЭВМ "Электроника ДЭ-28"

Пусть, например, необходимо произвести расчет наиболее выгодного режима резания для условий, приведенных в примере аналитического расчета. Выполняя задание, рекомендуется придерживаться следующего плана.

1. Все исходные данные заносятся в бланк табл. I (бланк выдается).

2. Производится выбор типа реза, его основных размеров и геометрии точно так же, как это сделано в примере аналитического расчета (повторять здесь этот выбор не будем). Выбранные параметры заносятся в бланк табл. I.

3. На основе исходных данных, прил. I-7 [I2] и рекомендаций методики [II] выбираются все остальные величины, предусмотренные табл. I и заносятся в нее.

4. Составляется таблица (табл. 3) величин, вводимых в ЭВМ во время реализации программы, или делается описание процедуры расчета на основе программы, как это указано ниже.

5. Запускается машина. Перед включением ЭВМ необходимо убедиться в том, что все устройства и заземление не имеют повреждений. Включается вилка в сеть переменного тока, а сетевой выключатель, расположенный на задней стенке корпуса - в положении "ВКЛ". На индикаторном табло должны загореться при этом нули. Включается дисплей кнопкой "Сеть", расположенной на передней панели. На экране дисплея должно появиться "96000000000000000000". Далее вводятся в машину версии алгоритмического языка "Бейсик". Для этого необходимо в лентопротяжное устройство установить кассету, установить режим "P", нажать клавишу "C" и "СЛ". После того как лентопротяжный механизм выключится, надо проверить, произошла ли загрузка нажатием клавиши "КП" (контроль программы). При этом в случае успешной загрузки в нижнем регистре табло ЭВМ должно высветиться число 157107000000 (контрольная сумма кодов). Если число на табло не совпадает с указанным или мигает нижний регистр, необходимо нажать клавишу "C" (сброс) и повторить загрузку. В случае успешной загрузки нажимается клавиша "S" (старт), и на экране дисплея должен появиться комментарий "Бейсик, вариант 3А". После этого кассета с версиями языка "Бейсик" снимается и нажимается клавиша "ПС" (перевод строки) на пульте дисплея. Машина готова к работе.

6. Вводится в ЭВМ программа. Кассета с лентой, на которой записана программа, устанавливается в лентопротяжное устройство и на клавиатуре дисплея набирается команда "LOAD," с указанием (вместо точек) номера начальной строки и номера конечной строки программы, далее нажимается клавиша "ПС". При этом программа будет введена в запоминающее устройство, можно начинать работать. Если потребуются, например для проверки, вывести программу на экран дисплея, то на клавиатуре дисплея набирается команда "LIST" и нажимается клавиша "ПС".

7. Вычисляется наиболее выгодный режим резания. На клавиатуре дисплея набирается команда "RUN" и нажимается клавиша "ПС", после чего начинается реализация программы. При этом по запросу ЭВМ с помощью клавиатуры дисплея вводятся необходимые величины из табл. 3 (или из описания процедуры расчета) и нажимается клавиша "ПС".

8. С экрана дисплея списываются необходимые результаты расчетов. Для нашего примера:

В результате расчета получим

Глубина резания (T или $T2$) - $T = 2.000000000$

Подача (для T или $T2$) - $S = 2.600000000E - 01$

Частота вращения шпинделя - $N = 3.150000000E 02$

Машинное время обработки - $T\phi = 4.88763851E$

Коэффициент использования режущих свойств инструмента - $K = 9.216017507E - 01$

Коэффициент загрузки станка по мощности - $K\phi = 1.926582714E - 01$

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ БЕЗ ПРОГРАММЫ

Если не имеется программы, записанной на ленте, или она почему либо не реализуется машиной, выполняются первые пять пунктов плана процедуры расчета, как это показано выше. После этого выполняются вычисления в соответствии с методикой [II] по зависимостям табл.2. При этом каждый этап методики реализуется по элементарным программам, набираемым с помощью клавиатуры дисплея по образцу, показанному ниже.

10 "DATA" (вместо точек - численные значения всех величин, входящих в зависимость) "ПС"

15 "READ" (вместо точек - символы всех величин, входящих в зависимость) "ПС"

20 "LET....." (вместо точек - вычисляемая зависимость) "ПС"

30 "PRINT....." (вместо точек - символ вычисляемой величины)
"RUN" "PC"

Считывается с экрана дисплея и записывается результат. Например, (см. табл. 2), для зависимости (9)

"DATA" "PC"

"READ Q, CI, T, XI, V ϕ , ZI, YI" "PC"

"LET S(I) = (Q/(0,45 * CI * T - XI * V ϕ - ZI) - (I/YI))" "PC"

"RUN" "PC"

Наконец, возможна и работа на ЭВМ в режиме калькулятора. При этом в последовательности, предусмотренной методикой с помощью клавиатуры дисплея, вводятся в ЭВМ зависимости табл. 2 с заменой символов величин их численным значением по табл. 3. Например, вычисляется та же зависимость (9)

10 S (I) = "PC"

15 "PRINT" (вместо точек - символ вычисляемой величины) "PC"

RUN "PC"

С экрана дисплея считывается и записывается результат вычисления.

6. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ОФОРМЛЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

Домашнее задание оформляется в виде пояснительной записки формата А4, на титульном листе которой должно быть написано

МВССО РСФСР

Куйбышевский авиационный институт

Кафедра "Резание, станки и инструменты"

Домашнее задание

Расчет наилучшего режима резания при точении

Эскиз Вариант

Выполнил студент гр.

Проверил преподаватель

1987 г.

Пояснительная записка должна содержать:

1. Чертеж (эскиз) детали и табличку исходных данных, как это показано в примере аналитического расчета (можно на отдельном листе формата А4).

геометрии по примеру аналитического расчета описывается процедура расчета на ЭВМ. В качестве основы для такого описания может быть использована табл. 1 (бланк выдается) и программа. При этом в описании (по сравнению с программой) операторы всех строк и не использованные для Вашего расчета строки рекомендуется исключить, а слова "введите" в комментариях заменить на "вводим". После apostрофов, в которые заключены комментарии и символы величин, вместо символов величин указать их численные значения, написав красным или каким-либо иным цветом, отличным от цвета текста. Нумерацию строк рекомендуется сохранить. Если выбран такой способ описания процедуры расчета, то его следует выполнить в период подготовки к работе на ЭВМ, и в этом случае отпадает необходимость в составлении табл. 2 и табл. 3.

4. В конце записки должно быть краткое заключение.

Библиографический список

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках.- Ч. I.-Изд. 2. - М.: Машиностроение, 1974.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на токарных станках. - М.: Машгиз, 1959.
3. Гуревич Я.Л. и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. - М.: Машиностроение, 1976.
4. ГОСТ 18868-73 - ГОСТ 18874-73. Резцы токарные из быстрорежущей стали.
5. ГОСТ 2379-67. Пластинки к резцам из быстрорежущей стали.
6. ГОСТ 18877-73 - ГОСТ 18884-73. Резцы токарные с пластинками из твердого сплава.
7. ГОСТ 2209-69. Твердые сплавы металлокерамические.
8. Великанов К.М., Новожилов В.И. Экономические режимы резания металлов. - М.: Машиностроение, 1972.
9. Тишин С.Д., Тишин С.С. Таблицы возведения в степень. - М.: Госстатиздат, 1963.
10. Горанский К.Г. Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин. - Минск: 1963.

11. Лепилин В.И., Зайцев В.М. Режимы резания авиационных материалов при точении (Методика расчета). - Куйбышев: КуАИ, 1988.

12. Лепилин В.И., Зайцев В.М. Режимы резания авиационных материалов при точении (исходные и нормативные материалы). - Куйбышев: КуАИ, 1988.

Приложение I

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ НЕКОТОРЫХ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

Станок I Д 6 3

Высота центров, мм	315
Расстояние между центрами, мм	I400
Наибольший диаметр обточка, мм	
прутка	65
над суппортом	340
над станиной	630
Наибольшая длина обточка, мм	I260
Наибольшие размеры державки резца ВхН	<u>40x40</u>
Мощность двигателя, кВт	I4
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	
продольной	I9600
поперечной	9800

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
9,6	248I	37	I45I	I49	363
II,8	248I	46,6	II57	I98	286
I5,5	2452	6I	873	246	2I9
I9,2	2442	78	686	3I0	I75
24,4	2206	9I	5I0	387	I39
30,4	I775	I28	44I	486	III

Продольные подачи, мм/об

0,09	0,II	0,12	0,13	0,15	0,17	0,18	0,2I
0,23	0,26	0,29	0,33	0,37	0,4I	0,46	0,52
0,58	0,65	0,73	0,82	0,9I	I,03	I,15	I,29
I,45	I,63	I,82	2,05	2,28	2,55	2,86	3,20

Поперечная подача равна 0,5 продольной

2. Станок I 6 3

Высота центров, мм	315
Расстояние между центрами, мм	1400
Наибольший диаметр обточки, мм	
прутка	65
над суппортом	340
над станиной	630
Наибольшая длина обточки, мм	1260
Наибольшие размеры державки резца ВхН	40x40
Мощность двигателя, кВт	14
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подач, Н	
продольной	19600
поперечной	9800

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей
наибольший допустимый крутящий момент

n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, Н·м	n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, Н·м	n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, 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	3236	200	504	1000	102
40	2569	250	405	1250	81
50	2020				

Продольная подача, 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 равна 0,5 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 ВхН	25х25
Мощность двигателя, кВт	4,5
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	3530

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей
наибольший допустимый крутящий момент

n_1 , об/мин	$M_{шп1}$, Н·м	n_2 , об/мин	$M_{шп2}$, Н·м	n_3 , об/мин	$M_{шп3}$, 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

Продольная подача, мм/об

0,08	0,098	0,10	0,11	0,11	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	0,75	0,80	0,91
0,96	1,06	1,11	1,21	1,28	1,46	1,59

Поперечная подача равна 1/3 продольной

4. С т а н о к I A 6 2

Высота центров, мм	202
Расстояние между центрами, мм	750
Наибольший диаметр обточка, мм	
прутка	36
над суппортом	210
над станиной	400
Наибольшая длина обточка, мм	650
Наибольшие размеры державки резца ВхН	25х25
Мощность двигателя, кВт	7,0
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	3530

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей
наибольший допустимый крутящий момент

n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, Н·м	n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, Н·м	n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, 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

Продольная подача, 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	1,21	1,28	1,46	1,59

Поперечная подача равна 1/3 продольной

5. Станок ИК62

Высота центров, мм	215
Расстояние между центрами, мм	710, 1000, 1400
Наибольший диаметр обточки, мм	
прутка	36
над суппортом	220
над станиной	400
Наибольшая длина обточки, мм	640, 930, 1330
Наибольшие размеры державки резца ВхН	25х25
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		

Продольная подача, 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	0,61	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	2,8	3,12	3,48	3,8	4,16

Поперечная подача равна 0,5 продольной

6. С т а н о к I 6 2 0

Высота центров, мм	205
Расстояние между центрами, мм	750, 1000
Наибольший диаметр обточки, мм	
прутка	36
над суппортом	210
над станиной	400
Наибольшая длина обточки, мм	650, 900
Наибольшие размеры державки	
резца, ВхН	25х25
Мощность двигателя, кВт	13
Наибольшее усилие, допускаемое	
механизмом подачи, Н	3630

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей
наибольший крутящий момент

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

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	$\frac{372650}{n^{1,2}}$		
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		

7. Станок I 6 K 2 0 (I6K20П, I6K20Г, I6K25)

Высота центров, мм	215 (для I6K25 - 250)
Расстояние между центрами, мм	710 (1000, 1400, 2000)
Наибольший диаметр обточка, мм	
прутка	50
над суппортом	220 (для I6K25 - 290)
над станиной	400 (для I6K25 - 500)
Наибольшая длина обточка, мм	645 (935, 1335, 1935)
Наибольшие размеры державки	
резца ВхН	25x25
Мощность двигателя, кВт	10
Наибольшее усилие, допускаемое	
механизмом подач, Н	
продольной	5890
поперечной	3530

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
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

Поперечная подача равна 0,5 продольной

8. Станок I 6 I 6

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 ВхН	20х20
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_{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	785	173	186	723	46
63	539	248	125	958	34
91	363	350	98	1380	23
120	275	503	68	1980	14

Продольные и поперечные 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

9. Станок I A 6 I 6

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 ВхН	20x25
Мощность двигателя, кВт	4
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	3140

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
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 и поперечные 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

Ю. С т а н о к I A 6 I 6 П

Высота центров, мм	165
Расстояние между центрами, мм	710
Наибольший диаметр обточка, мм	
прутка	34
над суппортом	180
над станиной	320
Наибольшая длина обточка, мм	660
Наибольшие размеры державки резца ВхН	25x25
Мощность двигателя, кВт	4
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	3140

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
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 и поперечные подачи, мм/об

0,034	0,037	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			

II. С т а н о к I B 6 I 6 (класс точности А)

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 ВхН	16x20
Мощность двигателя, кВт	4

Частота вращения шпинделя, об/мин

10	40	80	160	315	630	1250
16	50	100	200	400	800	1600
25	63	125	250	500	1000	2000

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 0,5 продольной

I 2. С т а н о к I 6 I 5 M

Высота центров, мм	155
Расстояние между центрами, мм	750
Наибольший диаметр обточка, мм	
прутка	34
над суппортом	150
над станиной	320
Наибольшая длина обточки, мм	700
Наибольшие размеры державки резца ВхН	25х20
Мощность двигателя, кВт	2,2
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	3140

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
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 0,5 продольной

13. С т а н о к I П 6 I

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 ВхН	22х35
Мощность двигателя, кВт	2,2
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	2940

Частота вращения шпинделя и соответствующий ей
наибольший допустимый крутящий момент

n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, Н·м	n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, Н·м	n , об/мин	$M_{\text{шт}}$, 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

Продольная подача, 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 0,5 продольной

СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Способы решения задачи о наилучшем режиме резания	3
2. Пример аналитического расчета наилучшего режима резания	5
2.1. Выбор типа реза, его основных параметров и геометрии	5
2.2. Выбор глубины резания	6
2.3. Выбор подачи	6
2.4. Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)	9
2.5. Проверка выбранного режима резания по крутящему моменту (мощности) на шпинделе станка	10
2.6. Определение машинного времени обработки	10
2.7. Определение коэффициента использования режущих свойств инструмента	10
2.8. Определение коэффициента загрузки станка по мощности (крутящему моменту)	10
3. Табличный (нормативный) способ расчета режима резания	11
4. Пример табличного расчета режима резания	12
4.1. Выбор типа реза, его основных параметров и геометрии	12
4.2. Выбор глубины резания	12
4.3. Выбор подачи	12
4.4. Выбор скорости резания (скоростной ступени станка)	13
4.5. Проверка выбранного режима резания по возможностям станка	14

5. Расчет наиболее выгоднейшего режима резания на ЭВМ	14
5.1. Подготовка к расчету на ЭВМ	14
5.2. Пример расчета наиболее выгоднейшего режима резания с использованием ЭВМ "Электроника ДЗ-28"	26
6. Требования, предъявляемые к оформлению домашнего задания	28
Библиографический список.....	30
П р и л о ж е н и е	32

Авторы-составители: Василий Иванович Лепилин,
Владимир Михайлович Зайцев

**РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ТОЧЕНИИ**

(Способы и примеры расчета)

Редактор Л.Б а л ь к о в а
Техн.редактор Н.К а л е н ю к
Корректор Н. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 1.02.88 г. Формат 60x84^I/₁₆
Бумага оберточная. Оперативная печать.
Усл.п.л. 2,7. Уч.-изд.л. 2,3. Т. 1000 экз.
Заказ № 3590. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип.им.В.П.Мяги, Куйбышевского полиграфического объединения.
443099, г. Куйбышев, ул.Венцека, 60.

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ТОЧЕНИИ

(Исходные и нормативные материалы)

У т в е р ж д е н о
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

Куйбышев 1988

УДК 621.901

Приводятся паспортные характеристики наиболее распространенных токарно-винторезных станков, рекомендации по выбору марок быстрорежущей стали и твердых сплавов, сведения об основных размерах и оптимальной геометрии токарных резцов общего назначения, а также нормативные материалы по режимам резания авиационных материалов.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих курсы "Резание, станки и инструменты" и выполняющих домашнее задание или курсовую работу, и могут быть полезны при выполнении дипломных проектов по технологии механической обработки.

Рецензенты: проф. доктор экон. наук М. М. Бухалков,
доц., канд. техн. наук А. В. Тарасов

Авторы-составители: Василий Иванович Д е п и л и н а,
Владимир Михайлович Б а й ц е в

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПРИ ТОЧЕНИИ

(исходные и нормативные материалы)

Редактор Л. М. Б а л ы к о в а
Техн. редактор Н. М. К а л е н ю к
Корректор Н. С. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 13.01.88. Формат 60x84 1/16.
Бумага оберточная белая. Печать оперативная.
Усл. п. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 1000 экз.
Заказ № 3391. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. им. В. П. Мяги, Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099, г. Куйбышев, ул. Венцева, 60.

ПАСПОРТНЫЕ ДАННЫЕ
НЕКОТОРЫХ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫХ СТАНКОВ

14. Станок 1Е61М

Высота центров, мм	170
Расстояние между центрами, мм	710
Наибольший диаметр обточки, мм	
прутка	32
над суппортом	188
над станиной	320
Наибольшая длина обточки, мм	640
Наибольшие размеры державки резца ВхН	12х20
Мощность двигателя, кВт	4,5
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	2940

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	n , об/мин	$M_{шп}$, 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 0,5 продольной

15. Станок ИБ11П

Высота центров, мм	130
Расстояние между центрами, мм	500
Наибольший диаметр обточки, мм	
прутка	24
над суппортом	125
над станиной	250
Наибольшая длина обточки, мм	500
Наибольшие размеры державки резца ВхН	16х16
Мощность двигателя, кВт	3
Наибольшее усилие, допускаемое механизмом подачи, Н	2940

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
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 0,5 продольной

**ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ
И ГЕОМЕТРИЯ РЕЗЦОВ**

I. Инструментальные материалы для токарных резцов

I. Быстрорежущие стали

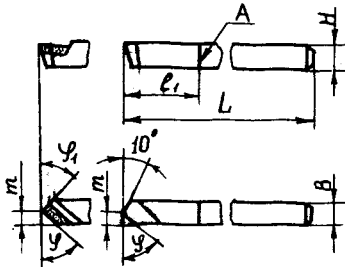
Марка	Примерное назначение и сравнительная характеристика
P9	Обработка мягких и средней твердости сталей, легких сплавов и других легкообрабатываемых материалов
P18	Обработка мягких и средней твердости сталей и чугунов. Обладает несколько большей износостойкостью по сравнению с P9. В связи с высоким содержанием вольфрама целесообразно заменять 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 I-III группы
P9K5 P9K10	Обработка высокопрочных коррозионно-стойких и жаро-стойких 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 стали, жаропрочные сплавы и др.). Обладает более высокой твердостью, износостойкостью и теплопроводностью

Марка	Примерное назначение и сравнительная характеристика
Р18К5Ф2 Р10К5Ф5	Обработка твердых, высокопрочных и труднообрабатываемых материалов (коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы, титановые сплавы и др.). Это стали высокой производительности
2. Т в е р д ы е с п л а в ы	
ВК3М	Получистовая и чистовая обработка с малым сечением среза цементированных и закаленных сталей, весьма твердых чугунов, коррозионно-стойких, жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов
ВК4	Получистовое и чистовое точение при неравномерном сечении среза и непрерывном резании; растачивание, отрезка чугуна, цветных металлов и их сплавов и титановых сплавов
ВК6	Черновое точение и растачивание при непрерывном резании; чистовое и получистовое точение при прерывистом резании чугуна и цветных сплавов
ВК6М	Чистовая и получистовая обработка жаропрочных и коррозионно-стойких сталей и сплавов, твердых чугунов, цветных сплавов и титановых сплавов
ВК60М	Чистовая и получистовая обработка коррозионно-стойких, жаростойких, жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов
ВК8	Черновая обработка при неравномерном сечении среза и прерывистом резании чугуна, цветных сплавов, труднообрабатываемых специальных сплавов
ВК8В	Грубая (тяжелая) обработка коррозионных и жаропрочных сталей и сплавов, а также стального литья
ВК10М ВК100М	Черновая и получистовая обработка коррозионно-стойких, жаростойких, жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов

Марка	Примерное назначение и сравнительная характеристика
Т30К4	Чистовая обработка с малым сечением среза (типа алмазной обработки) закаленных и незакаленных углеродистых и легированных сталей
Т15К6	Получистовая и чистовая обработка при непрерывном резании; чистовая обработка при прерывистом резании углеродистых и легированных сталей
Т5К10	Черновая обработка при неравномерном сечении среза и прерывистом резании углеродистых и легированных сталей, преимущественно в виде поковок, штамповок и отливок по корке и окалине
Т17К12	Грубая обработка при тяжелых режимах резания углеродистых и легированных сталей
ТТ10К8Б	Черновая и получистовая обработка с большим сечением среза углеродистых и легированных сталей, а также некоторых коррозионно-стойких и жаропрочных сталей

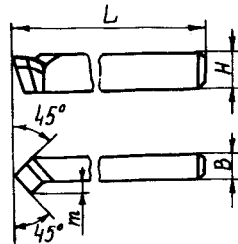
II. Основные размеры токарных резцов

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



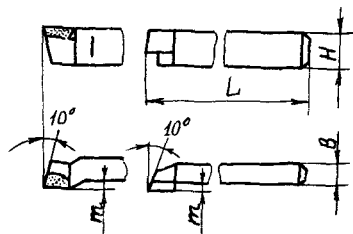
Быстрорежущие резцы изготавливаются сваркой встык, либо оснащаются пластинкой формы 44 или 45, твердосплавные - 01 или 10

2. Проходные отогнутые резцы



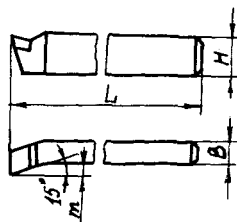
Для быстрорежущих резцов рекомендуется пластинка формы 41, для твердосплавных - 01

3. Проходные упорные отогнутые
резцы с $\varphi = 90^\circ$



Быстрорежущие резцы изготов-
ляются напайкой пластины форм-
ы 4Г на боковую поверхность,
твердосплавные - напайкой
пластины формы 07 сверху

4. Подрезные отогнутые резцы

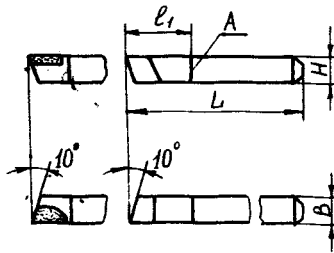


Быстрорежущие резцы осна-
щаются пластинками формы
4З, твердосплавные - 07

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

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

5. Проходные упорные прямые резцы с $\varphi = 90^\circ$

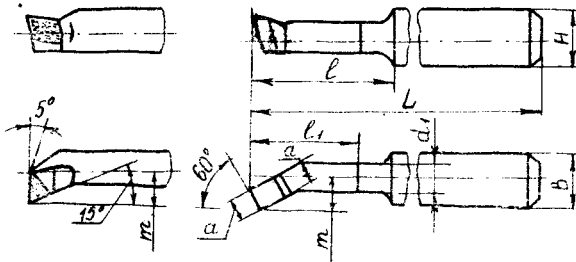


H	B	L
16	16	80
20	20	100
20	12	100
25	16	120
32	20	140

Быстрорежущие резцы изготавливаются сваркой встык $l_1 = 40-50$, либо оснащаются пластинками формы 42, твердосплавные - 07.

6. Расточные резцы для сквозных и глухих отверстий

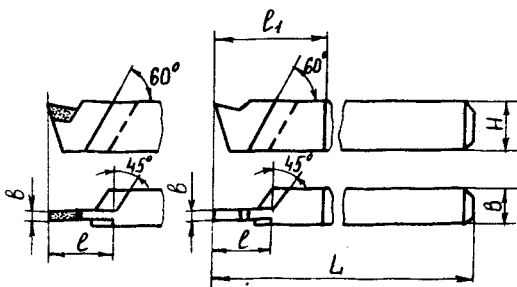
Быстрорежущие резцы свариваются встык на $l_1 = 35$ мм. Твердосплавные резцы оснащаются пластинками формы 02 или 06.



HxB	L	ℓ	d ₁	d	m	D _{мин}
16x16	I20	25	9,5	8	3,5	I4
	I40	35				
	I70	60	12,0	10	4,5	I8
20x20	I40	40	15,0	12	5,5	2I
	I70	70	17,0	14	6,0	27
		50				
I200	80					
25x25	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 I3.

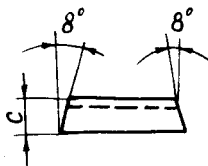
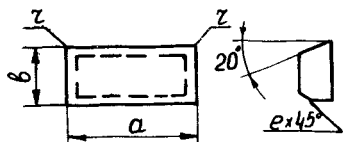
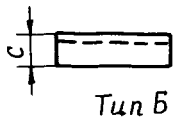
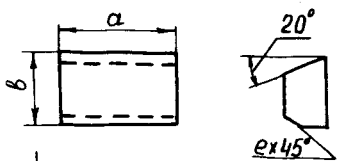


HxB	L	ℓ	ℓ
16x10	I00	20	3
20x12	I20	20	4
		25	
25x16	I40	20	5
		35	
32x20	I70	25	6
		40	
40x25	200	45	8

III. Форма и размеры пластинок для оснащения резцов

I. Твердосплавные пластинки Форма 01 и 02

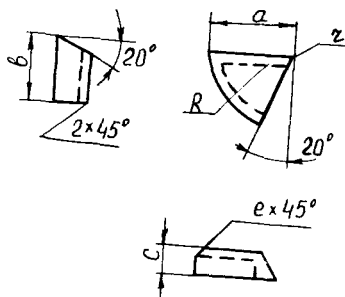
Тип А.



Номер пластин- ки	Размеры, мм				
	a	b	c	z	ℓ
0103	8	6	3,0	0,5	I
0105	10	6	3,5	0,5	I
0107	12	8	4,5	0,5	I
0109	14	10	5,5	0,5	I,5
0111	16	10	5,5	0,5	I,5
0113	18	12	7,0	1,0	I,5
0115	20	12	7,0	1,0	I,5
0117	22	15	8,5	1,0	I,5
0119	25	15	8,5	1,0	I,5
0201	8	7	2,5	0,5	-
0203	10	8	3,0	0,5	I,0
0205	12	10	4,0	0,5	I,0
0223	14	12	4,5	0,5	I,0
0225	14	12	6,0	0,5	I,5
0227	18	16	6,0	0,5	I,5
0229	18	16	8,0	1,5	I,5

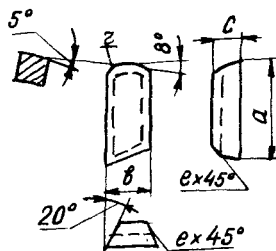
Форма 06

Номер плас- тинки	Размер, мм					
	a	b	c	R	z	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



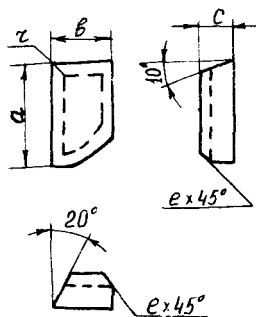
Форма 07

Номер плас- тинки	Размер, мм					
	a	b	c	R	z	l
0701	10	6	2,5	6	I	-
0703	12	7	3,0	7	I	1,0
0725	15	9	5,0	9	I	1,0
0729	20	11	6,0	11	I	1,5
0733	25	14	8,0	14	I	1,5

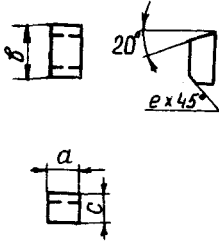


Форма 10

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



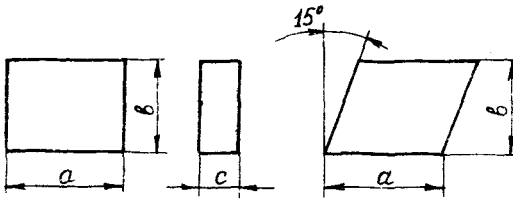
Форма 13



Номер плас- тинки	Размеры, мм			
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>e</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

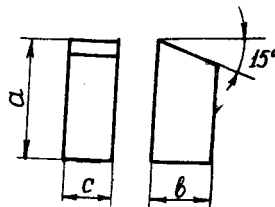
Формы 41 и 43



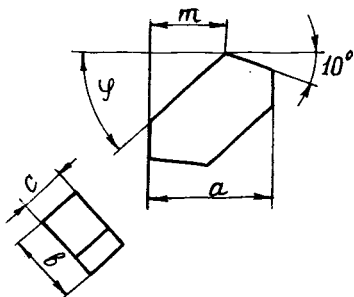
Номер пластинки	Номер пластинки	Размеры, мм		
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
4101	4301	10	10	5
4102	4302	12	10	5
4103	4303	16	12	6
4104	4304	20	16	8

Форма 42

Номер плас- тинки	Размеры, 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 $\varphi = 60^\circ$)

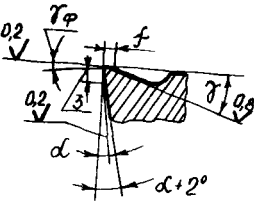
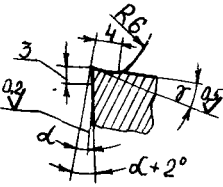
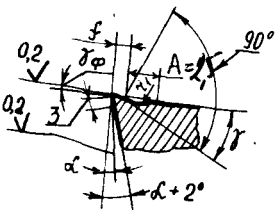


Номер плас- тинки	Номер плас- тинки	Размеры, мм			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>m</i>
4401	4501	10	10	5	5
4402	4502	12	10	5	7
4403	4503	16	12	6	9
4404	4504	20	16	8	12

IV. Геометрия резцов

I. Форма передней поверхности

Обозначение и форма передней поверхности	Эскиз	Область применения
1. Плоская с по- ложительным пе- редним углом		Обработка стали с $\sigma_b \leq 800$ МПа, чугуна $HB \leq 200$, бронзы и других хрупких материа- лов

Обозначение и форма передней поверхности	Эскиз	Область применения
II. Плоская с фаской		Обработка стали с $\sigma_B > 800$ МПа, чугуна $HB > 200$, бронзы и других хрупких материалов
III. Криволинейная		Обработка стали с $\sigma_B \leq 800$ МПа, вязких цветных материалов и легких сплавов при необходимости завивания стружки (для твердосплавных резцов не рекомендуется)
IV. 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 отрицательными передними углами $\alpha = -(10-15)^\circ$.

2. Глав н ы й у г о л в п л а н е

φ , град	Условия работы
30	Обточка с малыми глубинами резания в условиях особо жесткой системы СПИД
45	Обточка и расточка сквозных отверстий в условиях жесткой системы СПИД
60-75	Обточка и расточка сквозных отверстий при недостаточно жесткой системе СПИД
90	Обточка в условиях нежесткой системы СПИД, 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

φ , град	Условия работы
I-2	Отрезка и прорезка пазов
5-10	Чистовая обточка и расточка в условиях особо жесткой системы СПИД
10-15	Обточка, расточка и подрезка 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

r , мм	Область применения
0,025 (H+B)	Проходные и подрезные резцы
0,04 (H+B)	Расточные резцы
0,05 δ	Отрезные и прорезные резцы

5. Передний и задний углы

Обрабатываемый материал	γ , град		α , град	
	Резцы		Вид обработки	
	твердосплавные	быстрорежущие	черновая	чистовая
Сталь и стальное литье $\sigma_f \leq 800$ МПа $\sigma_f > 800$ МПа $\sigma_f > 1000$ МПа а также при работе с ударами	12-15 10 5-10	20-25 15-20 5-10	8 8 8	12 12 12
Коррозионно-стойкие, жаропрочные, жаростойкие и титановые стали и сплавы	7-10	15-20	8	10
Чугун серый —>— ковкий	0-5 8	0-5 5-10	8 8	10 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
Проходные, подрезные, расточные	$\alpha_1 = \alpha$
Отрезные, прорезные	$1 \div 2$

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 , мм; γ , град
II. Плоская с фаской	Подрезные	$f = 0,015(H+B)$
	Проходные, расточные	$f = 0,01(H+B)$
IV. Криволинейная с фаской	Отрезные и прорезные при $\delta < 3$ мм	$f = 0,15$
	$\delta = 3-8$ мм	$f = 0,2$
	$\delta > 8$ мм	$f = 0,025$
	Все быстрорежущие	$\gamma_p = 0 \div 5$
	Все твердосплавные	$\gamma_p = -(5 \div 10)$

9. Параметры криволинейной передней поверхности

Обозначение и форма передней поверхности	Типы резцов	Параметры, мм
IV. Криволинейная с фаской	Все быстрорежущие $(H+B) < 32$ мм $(H+B) > 32$ мм	$A = 2,5$ $A = [30 \lg(H+B) - 1,37]; z_1 = A^{0,15}$
	Все твердосплавные	$A = 2 - 2,5$ $z_1 = 2 - 6$ $h = 0,1 - 0,15$

10. Средние величины допустимого износа резцов по задней поверхности

Типы резцов	Материал резца	Обрабатываемый материал	Характер обработки	Допустимый износ h_z , мм
Проходные	Быстрорежущая сталь	Углеродистые, легированные, коррозионно-стойкие, жаропрочные и титановые стали и сплавы	Черновая	1,5-2,0
			Чистовая	1,0
Подрезные	Твердый сплав	Углеродистые и легированные стали	Черновая	1,0-1,4
			Чистовая	0,4-0,6
Расточные	Твердый сплав	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.

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 обработки		Для быстрорежущих резцов	
		вид обработки	HВ, МПа	вид обработки	σ_B , МПа	K_{2p}	n_2
I	2	3	4	5	6	7	8
Углеродистая обыкновенного качества ($\rho \leq 0,6$)	Ст. 0	Г	380	в МПа		1,0	1,0
	Ст. 1	Г	400				
	Ст. 2	Г	340-420				1,75
	Ст. 3	Г	420-520				
	Ст. 4	Г	500-620				
Углеродистая качественная ($\rho \leq 0,6$)	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		
	25	Г	1700	Н	460	1,0	1,75
	30	Г	1790	Н	500		
	35	Г	1870	Н	540		
	40	Г(ГО)	2170(1870)	Н	580		
	45	Г(ГО)	2410(1970)	Н	610		
	50	Г(ГО)	2410(2070)	Н	640		
	55	Г(ГО)	2550(2170)	Н	660		
	60	Г(ГО)	2550(2290)	Н	990		
Автолитная	A12	Г(X)	1600(2170)			1,2	1,75
	A20	Г(X)	1680(2170)				
	A30	Г(X)	1850(2230)				
	A40Г	Г	2070				
Низколегированная	40Х					1,0	1,75
	45Н						
	50Н						
Хромистелевые	20ХН	ОП	1970	30	800	0,9	1,5
	40ХН	ОП	2170	30	1000		
	45ХН	ОП	2070	30	1050		
	50ХН	ОП	2070	30	1100		
	13Н2ХА	ОП	2070	30	600		
	12УН2	ОП	2070	30	800		
	12ХНЗА	ОП	2170	30	950		
	12Х2Н4А	ОП	2690	30	1150		
	20ХНЗА	ОП	2410	30	950		

Продолжение табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
	20X2H4A 30XH3A	ОП ОП	2690 2410	30 30	1300 1000		
Хромистая	15X 15XA 15XP 15XPA 20X 30X 30XPA 35X 35XPA 38XA 40X 40XP 45X 45XII 50X	ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП	1790 1790 1870 1870 1790 1870 2410 1970 2170 2070 2170 2290 2290 2170 2290	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	700 600 750 750 -800 900 1600 950 950 950 1000 1000 850 850 900	-0,8	1,75
Марганцовистая	10Г2 35Г2 40Г2 50Г2 15Г 20Г 25Г 30Г 35Г 40Г 45Г 60Г 65Г 70Г	ОП ОП ОП ОП Г Г Г Г(ГО) Г(ГО) Г(ГО) Г(ГО) Г(ГО) Г(ГО) Г(ГО)	1970 2070 2170 2290 1630 1970 2070 2170(1870) 2290(1970) 2290(2070) 2410(2170) 2690(2290) 2850(2290) 2850(2290)	3 3 3 3 H H H H H H H H H H	430 630 670 750 420 460 500 550 570 600 630 710 750 800	0,8	1,75
Хромоникелево- фремовая, хромоникеле- молибденовая	30XHBA 38XHBA 40XHBA 30X2HBA 30XH3BA 18X2H4BA 25X2H4BA 40XHMA	ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП ОП	2410 2690 2690 2690 2690 2690 2690 2690	30 30 30 30 30 30 30 30	1000 1100 1000- 1100 1000- 1200 1100 1150 1100 1000- 1100	0,8	1,75
	15XM 30XM 30XMA 35XM 38XBA	ОП ОП ОП ОП ОП	1790 2290 2290 2410 2290	30 30 30 30 30	450 950 950 1000 1000		

I	2	3	4	5	6	7	8
Хромолидленовая, хро- мовольфрамовая, хромо- ванадиевая, никелемо- либденовая, хромонике- левольфрамованадиевая, хромоникелемолибдено- ванадиевая, хромоалю- миниевая	15ХФ	ОП	1870	30	750	0,8	1,25
	20ХФ	ОП	1970	30	800		
	40ХФА	ОП	2410	30	900		
	25НМ	ОП	1970	30	850		
	20ХМ	ОП					
	30ХН2ВФА	ОП	2690	30	900		
	30ХН2ВФА	ОП	2690	30	1050		
	38ХН3ВФА	ОП	2690	30	1200		
	20ХН4ФА	ОП	2690	30	900		
	38Н3МФА	ОП			1200		
	38ХЮ	ОП	2290	30	900		
	38МФА	ОП	2290	30	1000		
	38ХВЮЮ, 38ХВЮА	ОП ОП	2290 2290	30 30	1000 1000		
Хромоарганцевая, хромокремнистая, кремнеарганце- вая, хромокремнеарганцевая, хромоарганцевоникеле- вая, хромокремнисткелевая	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		
	27ГГ	ОП	2170	30	1000		
	35ГГ	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		
	30ХГСА	ОП	2550	30	1650		
	35ХГСА	ОП	2410	30	1650		
	15ХГНТ	ОП	2690	30	950		
	15ХГНТА	ОП	2690	30	950		
	15ХГН2Т	ОП	2690	30	1000		
	15ХГН2ТА	ОП	2690	30	1000		
	15ХГН2ТРА	ОП	2690	30	1050		
	18ХГН	ОП	2250	30	850		
	20ХГНР	ОП			1300		
	25ХГНТА	ОП	2690	30	1500		
30ХГНА	ОП	2290	30	1100			
30ХГН	ОП	2290	30	900			
30ХГН2	ОП	2550	30	1500			
16ХСН	ОП	1970					
18ХСНРА	ОП	1970	30	1300			

Условные обозначения: Х - холоднокатаная, Г - горячекатаная,
ГО - горячекатаная отожженная, Н - нормализованная, З - закаленная,
ЗО - закаленная и отпущенная, ОП - отожженная или отпущенная.

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

Механические свойства, не указанные в таблице, можно определить из соотношений: для углеродистых конструкционных сталей - $\sigma_f = -0,4HB-220$; для легированных сталей - $\sigma_f = 0,35HB$.

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

Касательная сила резания				Радиальная сила резания				Осевая сила резания			
C'_{pz}	x_{pz}	U_{pz}	Z_{pz}	C'_{py}	x_{py}	U_{py}	Z_{py}	C'_{px}	x_{px}	U_{px}	Z_{px}
3000	1,0	0,75	Точение твердосплавными резцами -0,1	2430	0,9	0,6	-0,15	3250	1,0	0,35	-0,2
2000	1,0	0,75	Точение быстрорежущими резцами 0	1250	0,9	0,75	0	670	1,2	0,65	0
4080	0,72	0,8	Отрезка твердосплавными резцами 0	1730	0,7	0,7	0				
2470	1,0	1,0	Отрезка быстрорежущими резцами 0	1700	0,7	0,85	0				

III. Поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий работы

	φ , град	30	45	60	75	90
I. Главный угол в плане		Для твердосплавных резцов				
	$K_{урz}$	1,08	1,0	0,94	0,92	0,89
	$K_{урy}$	1,3	1,0	0,77	0,62	0,5
	$K_{урx}$	0,78	1,0	1,11	0,13	1,17
		Для быстрорежущих резцов				
	$K_{урz}$	1,08	1,0	0,98	1,03	1,08
	$K_{урy}$	1,63	1,0	0,71	0,54	0,44
	$K_{урx}$	0,7	1,0	0,27	1,51	1,82
2. Передний угол		Для твердосплавных резцов				
	$K_{дрz}$	0,83	0,9	0,95	1,0	1,1
	$K_{дрy}$	0,55	0,7	0,85	1,0	1,4
	$K_{дрx}$	0,44	0,7	0,85	1,0	1,4

Продолжение табл.

2. Передний угол	γ , град	25	20	15	10	0	-10	
	Для быстрорежущих резцов в зависимости от σ_B обрабатываемого материала							
\Rightarrow	$K_{дрз}$	≤ 800	1,0	1,06	1,15			
		> 800	0,94	1,0	1,1			
	$K_{дрч}$	≤ 800	1,0	1,25	1,77			
		> 800	1,8	1,0	1,42			
	$K_{дрх}$	≤ 800	1,0	1,28	1,9			
		> 800	1,78	1,0	1,48			
3. Угол наклона режущей кромки	-10	-5	0	5	10	15		
	—	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
	—	0,75	1,0	1,25	1,5	1,7		
	—	1,07	1,0	0,85	0,75	0,65		
4. Радиус при вершине резца	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0		
	0,87	0,93	1,0	1,04	—	1,10		
	0,66	0,82	1,0	1,14	—	1,33		
	—	—	1,0	—	—	—		
5. Механические свойства и группа обрабатываемого материала	Материал резца	Формула		Значение n_p для				
	Твердый сплав	$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{n_p}$	$\sqrt{\quad}$	P_z	P_y	P_x		
				0,35	1,35	1,0		
				при $\sigma_B \leq 800$ 0,35 при $\sigma_B > 800$ 0,75	2,0	1,5		
Быстрорежущая сталь				0,75				
ЦМ332								

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

Вид обработки	Условия обработки		C'_{ν}	x_{ν}	y_{ν}	m
	Материал реза	S , мм/об				
Точение	Твердый сплав	$\leq 0,03$	273	0,15	0,2	0,2
		$\leq 0,75$	227			
		$> 0,75$	221			
Точение	Быстрорежущая сталь	$\leq 0,25$	87,5	0,25	0,33	0,125
		$> 0,25$	56			
			0,66			
Точение	Минералокерамика ПМ332	$\leq 0,3$	530	0,19	0,37	Для углеродистой ст.-0,4
		$t \leq 2$	750			
Точение	Минералокерамика ПМ332	$t > 2$	700	0,08	0,08	Для легированной ст.-0,3
		$S = 0,3+0,7$, при $t \leq 7$				
Отрезка	Твердый сплав		47	0	0,8	0,2
		Быстрорежущая сталь				

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

I. Главный угол в плане	Материал реза	Твердый сплав					Быстрорежущая сталь				
		φ , град	30	45	60	75	90	30	45	60	75
	$K_{\varphi \nu}$	1,13	1,0	0,92	0,86	0,81	1,26	1,0	0,84	0,74	0,66
2. Вспомогательный угол в плане	Материал реза	Твердый сплав					Быстрорежущая сталь				
		φ_1 , град	10	15	20	25	10	15	20	25	30
	$K_{\varphi_1 \nu}$	1,0	0,95	0,92	0,9	1,0	0,97	0,94	0,92	0,91	0,87
3. Форма передней поверхности	Материал реза	Твердый сплав				Быстрорежущая сталь					
		Форма	с отрицательной фаской		плоская отрицательная	с фаской		без фаски			
			1,0	1,05		1,0	0,95				
	$K_{\varphi_2 \nu}$	1,0		1,05	1,0		0,95				

Окончание табл.

4. Радиус при вершине	$Z, \text{мм}$	0,5	1,0	1,5	2	3	5	
	K_{zv}	0,87	0,94	0,98	1,0	1,08	1,13	
5. Сеченные державки	$B \times H$	12x12 10x16	16x16 12x20	16x25 20x20	20x30 25x25	25x40 30x30	35x45 40x40	
	K_{qv}	0,9	0,93	0,97	1,0	1,04	1,08	
6. Марка материала реза	Материал реза	Твердый сплав				Быстрорежущая сталь		
		T5K10	TI4K8	TI5K6	T3OK4	P9	PI8	PJK5
	K_{lv}	1,0	1,23	1,54	2,15	0,95	1,0	1,2
7. Состояние стали	Состояние	Поставка		Термообработка				
		прокат горячекатаный	прокат холодно-тянутый	нормализация	отжиг	улучшение		
	K_{sv}	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_{kv}	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			
	$K_{mv} = \frac{750}{\sigma_f}$				$K_{mv} = K_{zp} \left(\frac{750}{\sigma_f} \right)^{1,2}$ K_{zp} и K_v			
10. Наличие охлаждения	Материал реза	Твердый сплав			Быстрорежущая сталь			
	Охлаждение	без охлаждения	с охлаждением	с охлаждением	без охлаждения	с охлаждением		
	K_{ov}	1,0	1,1	1,1	0,8	1,0		

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

I. Механические свойства труднообрабатываемых материалов

Группа сталей (сплавов)	Марка	Термообработка	σ_B , МПа	K_{MP}	K_{M2}	K_S
Тепло-стойкие	34ХНЭМ	0	600	0,85	I,8	0,5
	34ХНЭМФ	30	>900	0,85	I,2	
	20Х3МВФ (ЭИ414, ЭИ579)	30	≥ 900	I, I	I,2	
	Х6СМ (ЭХ6М)	0	≥ 650		I,8	
Коррозионно-стойкие, нержавеющие	I2ХI3 (IXI3)	30	≥ 600	0,96	I,4	0,9
	25ХI3Н2 (ЭИ474)	0	700-1000	0	I,4	
	IXI2H2BMФ (ЭИ96I)	30	900	I, I	I,3	
	IXI2BHM4 (ЭИ802, ЭИ952)	30	750			
	20ХI3 (2ХI3)	30	> 700	I,09	I,3	
	20ХI3 (3ХI3)	30	≥ 850		I,2	
	40ХI3 (4ХI3)	Н0	≥ 950		I,0	
	I4ХI7H2 (IXI7H2, ЭИ268)	30	II00	I,26	I,0	
	09ХI6H4Б (ЭП56)	30	I000-1300	I, I2-I,4	I, I-0,6	
	20ХI5H3МА (ДМI)					
	07ХI6H6 (XI6H6, ЭП288)	Н0	> II00		I,0	
23ХI3HBMΦA (ЭП65)	0,30	>850 >I550	I, I-I,8	I,2-0,5		
ЭП3II (BHC-6)	30	I750		0,3		
Коррозионно-стойкие, жаростойкие	IXI8H9T (XI8H9T, ЭИIT)					0,6
	I2ХI8H10T (XI8H10T)	3	> 550	I,0	I,0	
	20Х23H18 (X23H18, ЭИ4I7)	3		I,48	I,0	
	XI5H5Д2T (ЭП4I0, ЭП225, BHC-2)	3	I000	I, I2		
	I2Х2IH5T (IX2IH5T, ЭИ8II)	3	> 700	I, I2	0,85	
	XI5H9Ю (ЭИ904)	3	850-II00	I, I4	0,9	
	XI7H5M3 (ЭИ925, CH3)	H	> I000	I, I7	0,9	
Жаростойкие, жаропрочные	45ХI4HI4B2M (4ХI4HI4B2M, ЭИ69)	3С	> 700	I,06	0,80	0,6
	I3ХI4HВPА (ЭИ736)			I,22		
	08ХI5H24B4TP (ЭП64)	С		I,06	0,6	
	ЭИ395	3С	> 800		0,6	

Продолжение табл.

Группа сталей (сплавов)	Марка	Тер-мооб-ра-ботка	σ_B , МПа	K_{MP}	K_{M2}	K_S
Жаростойкие, жаропрочные	07X21Г7АН5 (ЭП222)	З	1000	1,28	0,60	0,7
	12X25Н16Г7АР (ЭИ835)	ЗС	> 800		0,60	
	37X12Н8Г8МФБ (4X12Н8Г8МФБ, ЭИ481)	ЗС	> 900	1,51	0,60	
	10X11Н20ТЗР (ЭИ696, X12Н20ТЗР, ЭИ696Н)	ЗС	> 900	1,63	0,4	
	10X11Н23ТЗР (ЭИ696М, ЭП33)		> 900	1,28	0,45	
	15X18Н12С4Т0 (ЭИ654)	З	700-750	1,08	0,45	
	0X14Н28В3Т3ОР (ЭИ786)	З0	900	1,2	0,40	
Сплавы на никелевой основе	36НХТЮ (ЭИ702)	ЗС	1200	1,36	1,1	0,8- 1,0
	ХН60В (ВЖ98, ЭИ868)	З	800			
	ХН77ТЮ (ЭИ437А)					
	ХН77ТЮР (ЭИ37Б)	ЗС	1000	1,0	1,0	
	ХН35ВТЮ (ЭИ787)	ЗС	> 950	0,92	1,0	
	ЭП99	З	1150-1300	1,36	0,75	
	ХН56ВМТЮ (ЭП199)	З	900	1,0	0,63	
	ХН67ВМТЮ (ЭП201)	ЗС	> 1000	1,12	0,62	
	ХН75МВЮ (ЭИ827)	ЗС	> 1000	1,15	0,61	
	ХН72МВКЮ (ЭИ867)	ЗС	1250	1,59	0,47	
	ХН60МВТЮ (ЭИ487)	ЗС	1150	1,6	0,55	
	ЭИ698ВД	ЗС	1150	1,6	0,55	
ХН82ТЮМБ (ЭП460)	ЗС	1350	1,65	0,5		
Литейные сплавы	ВЖ36-Л2	ЗС	800	1,08	0,36	0,5
	АНВ-300	ЗС	850			
	ВЖЛ4	ЗС	810-850		0,2	
	ЖС6К	ЗС	1000		0,31	
	ЖСЗДК	ЗС	1000		0,2	
	ХН67ВМТЮЛ (ЭП202Л)	ЗС	750		0,53	

Условные обозначения: О - отжиг, З0 - закалка и отпуск, Н - нормализация, НО - нормализация и отпуск, С - старение, ЗС-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'_{pz}	x_{pz}	Y_{pz}	Z_{pz}	C'_{py}	x_{py}	Y_{py}	Z_{py}	C'_{px}	x_{px}	Y_{px}	Z_{px}
Точение	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	2600	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

1. Главный угол в плане	φ , град	30	45	60	90
	$K_{\varphi pz}$	1,08	1,0	0,95	0,9
	$K_{\varphi py}$	1,3	1,0	0,8	0,5
	$K_{\varphi px}$	0,9	1,0	1,1	1,15
2. Радиус при вершине резца	r , мм	0,5	1,0	2,0	3,0
	$K_{rz pz}$	1,0	1,05	1,13	1,2
	$K_{rz py}$	1,0	1,11	1,2	1,25
	$K_{rz px}$	1,0	-	-	-
3. Износ резца	h_z , мм	0,15	0,3	0,4	0,5
	$K_{hz pz}$	1,0	1,03	1,09	1,15
	$K_{hz py}$	1,0	1,2	1,35	1,5
	$K_{hz px}$	1,0	1,3	1,4	1,6
4. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала	K_{mpz} K_{mpy} K_{mpx}	$K_{mpz} = K_{mpy} = K_{mpx} = K_{mp}$ (см. с. 27 - 28)			

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

Вид обработки	Марка материала	Условия обработки		v_{20}	x_{20}	y_{20}	m
		твердый сплав*	$S, \text{ мм/об}$				
Точение	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
		ВК6М	$\leq 0,2$	240	0,15	0,15	0,25
			$> 0,2$	150	0,15	0,45	0,25
Сплавы групп V, VI		$\leq 0,2$	76	0,15	0,15	0,25	
		$> 0,2$	47	0,15	0,45	0,25	
Отрезка	Стали	ВК6М при $\delta = 4-8 \text{ мм}$	0,07-0,15	115	0,35	0,42	0,30
	Сплавы			54	0,40	0,30	0,22

* Для быстрорежущих резцов считать так же, как для твердосплавных резцов ВК6М с учетом поправочных коэффициентов K_{20} , приведенных в п. V.

V. Поправочные коэффициенты на скорость резания
для измененных условий работы

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	15	25	30	
	K_{φ_1}	1,0	0,97	0,94	0,9	1,0	0,96	0,9	0,85	
3. Марка материала резца	Материал резца	Твердый сплав					Быстрорежущая сталь			
	Марка	T5K10	ВК60М	ВК6М	ВК3	ВК8В	P9	P18	P9K5	
	$K_{мр}$	0,6	для сталей 1,25 1,0 для сплавов 1,25 1,0		0,8	0,6	0,32	0,35	0,40	
	-				0,8	0,6	0,22	0,25	0,28	

Окончание табл.

4. Состояние поверхности заготовки	Поверхность	Без корки и ударов	С коркой	Удары с плавным выходом	Удары с резким выходом
	$K_{пв}$	1,0 —	0,7	0,9	0,2 Применять быстрорежущие резцы
5. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала	$K_{мв}$	(см. с. 27 - 28)			
6. Охлаждение	Жидкость	Без охлаждения	5% эмульсия	5% эмульсия с 2% сульфореола	
	$K_{оз}$	0,9	1,0	1,07	

Приложение 5

НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ
ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

I. Механические свойства титановых сплавов
в отожженном состоянии

Марка сплава	σ_f , МПа	Поправочные коэффициенты для различных способов обработки		
		отрезка и точение	точение	отрезка
		$K_{мп}$	$K_{мв}$	$K_{мр}$
BT1	450-600	0,92	2,00	1,34
BT2		1,09	1,26	1,12
BT3	950-1150	1,01	0,96	0,94
BT3-1	950-1200	1,00	1,0	1,0
BT4	700-950	1,10	1,86	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	900-1100	0,8	1,06	1,18

Окончание табл.

Марка сплава	σ_B , МПа	Поправочные коэффициенты для различных способов обработки		
		отрезка и точение	точение	отрезка
		K_{MP}	$K_{M\sigma}$	$K_{M\tau}$
BT15 BT20 BT22	II20-I200	I,1 0,7 I,3	I,2 2,04 I,06	I,0 I,44 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'_{PZ}	x_{PZ}	y_{PZ}	z_{PZ}	C'_{Py}	x_{Py}	y_{Py}	z_{Py}	C'_{Pz}	x_{Pz}	y_{Pz}	z_{Pz}
Точение	1950	0,9	0,75	-0,08	780	0,9	0,5	-0,08	380	0,9	0,25	-0,1
Отрезка	2570	I,2	0,85	-0,15	2600	I,1	0,95	-0,1	-	-	-	-

III. Поправочные коэффициенты на силы резания для измененных условий работы

I. Главный угол в плане	ρ , град	30	45	60	90
	K_{yPz}	I,08	I,0	0,95	0,9
	K_{yPy}	I,3	I,0	0,8	0,5
2. Радиус при вершине резца	r , мм	0,5	I,0	2,0	3,0
	K_{zPz}	I,0	I,05	I,13	I,2
	K_{zPy}	I,0	I,11	I,2	I,25
3. Износ резца	h_z	0,15	0,3	0,4	0,5
	K_{hPz}	I,0	I,03	I,09	I,15
	K_{hPy}	I,0	I,2	I,35	I,5
	K_{hPz}	I,0	I,3	I,4	I,6

4. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала	K_{MPZ} K_{MPY} K_{MPX}	$K_{MPZ} = K_{MPY} = K_{MPX} = K_{MP}$ (см. с. 31 и 32)
--	-------------------------------------	--

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

Вид обработки	Условия обработки (твердый сплав)	σ'_{2r}	α_{2r}	γ_{2r}	η
Точение	$t \leq 4$ мм $S < 0,5$ мм/об	49	0,28	0,65	0,32
Отрезка	$\delta = t = 4 + 7$ мм $S = 0,07 - 0,15$ 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 реза	Твердый сплав			
	φ , град	30	45	60	90
	$K_{\varphi 2r}$	1,3	1,0	0,9	0,75
2. Марка материала реза	Марка материала реза	BK60M		BK6M	BK8
	$K_{M 2r}$	1,25		1,0	0,94
3. Состояние заготовки	Состояние	Закаленное	Отожженное		Закаленное и состаренное
	$K_{0 2r}$	1,2	1,0		0,8
4. Состояние поверхности заготовки	Состояние поверхности	Без корки	По корке и сварному шву		Прерывистая поверхность с коркой
	$K_{1 2r}$	1,0	0,7		0,5
5. Механические свойства (марка) обрабатываемого материала	$K_{M 2r}$ (см. с. 31 и 32)				

Окончание табл.

6. Наличие охлаждения	Охлаждение	5% эмульсия в смеси с 2% сульфопрезол	10% эмульсия под давлением	Без охлаждения
	<i>K₀₂</i>	1,0	1,25	0,9

Приложение 6

НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО РЕЖИМАМ РЕЗАНИЯ МЕДНЫХ, АЛЮМИНИЕВЫХ И ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ

I. Механические свойства медных сплавов

Группа сплавов	Марка	<i>HВ*</i> , 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
	ЛМцОС58-2-2-2	900-1000
Гомогенные	Бр. КМц3-1	700-900
		1700-1900
	Бр. А5	550-650
		1900-2100
	Бр. А7	650-750
		2000-2200

Окончание табл.

Группа сплавов	Марка	НВ [*] , МПа
Гомогенные	Бр. ОФ6,5-0,4	$\frac{700-900}{1600-2000}$
	Бр. ОЦ4-3	$\frac{500-700}{1500-1700}$
	Бр. КН1-3	$\frac{800-1000}{1500-2000}$
С содержанием свинца < 10% при гомогенной структуре	Бр. ОЦС6-6-3	600-750
	Бр. ОЦС4-4-2,5	$\frac{500-700}{1500-1700}$
Медь	М3, 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, в знаменателе - для твердого состояния.

Модуль упругости $E = 80000-90000$ 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	0	230
	АМц	ЗС	< 170
	АД1	0	110
Высокопрочные алюминиевые	АМг6	0	325
	Д18Т		300
	Д18М		160
	В65		400
	В95		520
	ВД17		440

Окончание табл.

Группа сплавов	Марка	Состояние	Предел прочности	
			$\sigma_{\text{т}}$	МПа
Высокопрочные алюминиевые	ДП9	3 Нагартован	440	
	Д20		540	
	Д21		400	
			320	
Литейные алюминиевые	АЛ2	Для различных способов литья и термообработ- ки	150-160	
	АЛ4		150-240	
	АЛ5		160-200	
	АЛ8		280	
	АЛ9		160-200	
	ВИ-II-3		180-250	
	АЛ9		300-340	
Магниевые	МА1	Г	230	
	МА8	Г	280	
	ВМ65-1	ГС	320	
Магниевые литейные	МЛ5	0	150-230	
	МЛ-7-1	0	160	
	МЛ-11	0	120	
Цинковые сплавы	ЦАМ4-1	литые	250-320	

Условные обозначения: З - закаленные и естественно состаренные, ЗС - закаленные и искусственно состаренные, 0 - 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 обработ- ки	Обрабатывае- мый мате- риал	Силы резания											
		касательная				радиальная				осевая			
		C'_{pz}	x_{pz}	y_{pz}	z_{pz}	C'_{py}	x_{py}	y_{py}	z_{py}	C'_{px}	x_{px}	y_{px}	z_{px}
Точение	Мелкие сплавы	550	0,1	0,66	0	430	0,9	0,75	0	180	1,1	0,4	0
	Алюми- ниевые сплавы	750	0,85	0,8	-0,1	700	0,85	0,6	-0,3	600	0,8	0,4	-0,3

Вид обработки	Обработываемый материал	Силы резания											
		касательная				радиальная				осевая			
		C'_{pz}	X_{pz}	Y_{pz}	Z_{pz}	C'_{py}	X_{py}	Y_{py}	Z_{py}	C'_{px}	X_{px}	Y_{px}	Z_{px}
Точение	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	1,0	-	-	-	-	-
	Цинковые и алюминиевые сплавы	840	1,0	1,0	0	500	1,0	1,0	-	-	-	-	-

VI. Поправочные коэффициенты на силы резания
для измененных условий работы

1. Главный угол в плане		φ , град	30	45	60	75	90	
		$K_{урz}$	-	1,08	1,0	0,97	1,04	
		$K_{урy}$	-	1,12	1,0	0,85	0,70	
		$K_{урx}$	-	0,91	1,0	1,10	1,19	
2. Радиус при вершине реза		r , мм	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	
		K_{rpz}	0,91	0,95	1,0	1,03	1,05	
		K_{rpy}	0,76	0,87	1,0	1,08	1,16	
		K_{rpx}	-	-	-	-	-	
3. 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	Медь	С содержанием свинца 15%
	K_{ipy}	1,0						
	K_{ipx}	1,0						
Алюминиевые сплавы	σ_B	< 250		250-300		350-500		
		K_{mpz}	0,66				0,82	
K_{mpy}								
K_{mpx}								

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

Вид обработки	Обрабатываемый материал	C_v	x_v	y_v	m
Наружное продольное точение	Медные сплавы	238	0,12	0,25	0,23
	$s < 0,2$	161	0,12	0,5	0,23
	$s > 0,2$				
	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

У1. Поправочные коэффициенты на скорость резания
для измененных условий работы

1. Главный угол в плане	φ , град	45	60	75	90	
	$K_{\varphi v}$	1,13	1,0	0,9	0,83	
2. Вспомогательный угол в плане	φ_1	10	20	30	45	
	$K_{\varphi 1 v}$	1,0	0,94	0,91	0,87	
3. Радиус при вершине	r , мм	1	2	3	5	
	$K_{r v}$	0,94	0,1	1,03	1,13	
4. Сечение державки реза	ВхН	12х20 16х16	16х25 20х20	20х30 25х25	25х40 30х30	35х45 40х40
	$K_{q v}$	0,97	0,98	1,0	1,02	1,04
5. Марка материала реза	Марка	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав			
		P9, P18	BK4, BK6			
	$K_{m v}$	1,0	2,5			
6. Состояние поверхности заготовки	Состояние поверхности	Без корки	С литейной коркой			
			медные и алюминиевые сплавы	цинковые сплавы		
$K_{n v}$	1,0	0,9	0,3			

Окончание табл.

7. Механические свойства и группа обрабатываемого материала	Медные сплавы							
	Группа сплавов	Гетерогенные		Свинцовистые при основной гетерогенной структуре	Гомогенные	С содержанием свинца 10% при основной или черновой структуре	Мель	С содержанием свинца 15%
		Высокой твердости	Средней твердости					
	K_{M2}	0,7	1,0	1,7	2,0	4,0	8,0	12,0
	Алюминиевые сплавы							
	σ_B , МПа			≤250	250÷350	350÷500		
	K_{M2}			1,5	1,26	1,0		
	Цинковые сплавы							
	σ_B , МПа			≤250	250÷350	350÷500		
	K_{M2}			1,25	1,0	0,7		

Приложение 7

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 контролir.	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
		ПФКЧ50-3	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 $\sigma_{в}$, кгс/мм². В марке ковкого чугуна первое число - предел прочности при растяжении $\sigma_{в}$, кгс/мм², второе - относительное удлинение σ , %.

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

Вид обработки	Обрабатываемый материал	Материал реза	Силы резания								
			касательная			радиальная			осевая		
			C'_{pZ}	x_{pZ}	Y_{pZ}	C'_{py}	x_{py}	Y_{py}	C'_{pz}	x_{pz}	Y_{pz}
Точение	Чугун серый	Твердый сплав	920	1,0	0,75	540	0,9	0,75	460	1,0	0,4
		ИМ332	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	γ , град	30	45	60	75	90		
		$K_{\gamma pz}$	1,08	1,0	0,94	0,92	0,89		
		$K_{\gamma py}$	1,3	1,0	0,77	0,62	0,5		
	Быстро-режущие резцы	γ , град	30	45	60	75	90		
		$K_{\gamma pz}$	1,05	1,0	0,96	0,94	0,92		
		$K_{\gamma py}$	1,23	1,0	0,87	0,77	0,70		
2. Передний угол резца	Твердосплавные резцы	β , град	+20	+10	0	-10	-20		
			$K_{\beta pz}$	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	
			$K_{\beta py}$	0,7	1,0	1,4	1,8	2,2	
		$K_{\beta px}$	0,7	1,0	1,4	1,8	2,2		
		Быстро-режущие резцы при обработке чугуна с HB	<1500	β , град	+20	+10	0	-10	-20
					$K_{\beta pz}$	1,0	1,1	—	—
	$K_{\beta py}$				1,0	1,4	—	—	—
	1500-2000		β , град	+20	+10	0	-10	-20	
				$K_{\beta pz}$	0,91	1,0	1,10	—	—
				$K_{\beta py}$	0,70	1,0	1,25	—	—
	2000-2600	β , град	+20	+10	0	-10	-20		
			$K_{\beta pz}$	—	0,94	1,0	—	—	
			$K_{\beta py}$	—	0,82	1,0	—	—	
	3. Угол наклона режущей кромки	λ , град	-5	0	+15	+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 , мм	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
K_{rpz}				0,91	0,95	1,0	1,03	1,05	1,07
K_{rpy}	0,76			0,87	1,0	1,08	1,16	1,20	
K_{rpx}	—		—	—	—	—	—		

Окончание табл.

5. Механические свойства и группа обрабатываемого материала	Обрабатываемый материал	Материал реза	Формула	Значения n_p для		
				P_x	P_y	P_z
Чугун серый	Твердый сплав Быстрорежущая сталь ЦМ332		$K_{MP} = \left(\frac{HB}{1900}\right)^{0,7}$	0,4	1,0	0,8
				0,55	1,25	1,1
Чугун ковкий	Твердый сплав Быстрорежущая сталь		$K_{MP} = \left(\frac{HB}{1900}\right)^{0,7}$	0,4	1,0	0,8
				0,55	1,25	1,1

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

Вид обра-ботки	Обрабатываемый материал	Материал реза	Условия обработки	C'_{v_2}	x_{v_2}	y_{v_2}	m
Точение	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	0,3	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
			Быстрорежущая сталь	22,5	0	0,4	0,15
	Чугун ковкий	Твердый сплав		47	0	0,5	0,25
			Быстрорежущая сталь	13,4	0	0,5	0,25

У. 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
	K_{φ}	1,15	1,0	0,9	0,85	0,8	1,23	1,0	0,85	0,76	0,7
2. Вспомогательный угол в плане	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
3. Форма передней поверхности реза	Материал	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	r , мм	0,5		1,0	1,5		2	3		5	
	K_{r}	0,87		0,94	0,98		1,0	1,08		1,13	
5. Сечение державки реза	ВхН	12x12		16x16	16x25		20x30	25x40		35x45	
		10x16		12x20	20x20		25x25	30x30		40x40	
	K_{φ}	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	РК5		
	K_{φ}	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				
	Состояние поверхности	без корки		с коркой	с загрязненной коркой		без корки		с коркой		
	K_{φ}	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	$K_{M\sigma} = \left(\frac{1900}{HB}\right)^{1,25}$	$K_{M\sigma} = \left(\frac{1900}{HB}\right)^{1,7}$
	Чугун ковкий	$K_{M\sigma} = \left(\frac{1500}{HB}\right)^{1,25}$	$K_{M\sigma} = \left(\frac{1500}{HB}\right)^{1,7}$
9. Наличие охлаждения	Чугун серый	Без охлаждения $K_{O\sigma} = 1,0$	
	Чугун ковкий	Твердый сплав без охлаждения $K_{O\sigma} = 1,0$	
		Быстрорежущая сталь с охлаждением $K_{O\sigma} = 1,6$	

Библиографический список

1. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. I, изд. 2. - М.: Машиностроение, 1974.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания и времени для технического нормирования работ на токарных станках. - М.: Машгиз, 1959.
3. Гуревич Я.Д. и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. - М.: Машиностроение, 1976.
4. ГОСТ 18868-73 - ГОСТ 18874-73. Резцы токарные из быстрорежущей стали.
5. ГОСТ 2379-67. Пластины к резцам из быстрорежущей стали.
6. ГОСТ 18877-73 - ГОСТ 18884-73. Резцы токарные с пластинками из твердого сплава.
7. ГОСТ 2209-69. Твердые сплавы металлокерамические.
8. Великанов К.М., Новожилов В.И. Экономические режимы резания металлов. - М.: Машиностроение, 1972.
9. Тишин С.Д., Тишин С.С. Таблицы возведения в степень. - М.: Госстатиздат, 1963.
10. Горанский К.Г. Расчет режимов резания при помощи электронно-вычислительных машин. - Минск: 1963.
11. Лепилин В.И., Зайцев В.М. Режимы резания авиационных материалов при точении (методика расчета). - Куйбышев: КуАИ, 1988.
12. Лепилин В.И., Зайцев В.М. Режимы резания авиационных материалов при точении (способы и примеры расчета). - Куйбышев: КуАИ, 1988.