

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

А.І.Грабченко, М.Д.Узунян, Н.В.Зубкова,  
С.М.Лавриненко, Я.М.Гаращенко

РОЗРАХУНОК НАЙВИГІДНІШИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ  
ПРИ ТОЧІННІ

Навчальний посібник

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 2 від 01.12.2010 року

Харків  
НТУ «ХПІ»  
2014

УДК 621.91 (075)  
ББК 30.61 я7  
Г 25

Рецензенти: *О.Є. Проволоцький*, д-р техн. наук, проф., Національна металургійна академія України,  
*В.А. Фадєєв*, д-р техн. наук, проф., ДП ХМЗ «ФЕД»

Авторський колектив: А.І. Грабченко, д-р техн. наук, проф.,  
М.Д. Узунян, д-р техн. наук, проф.,  
Н.В. Зубкова, канд. техн. наук, доц.,  
С.М. Лавриненко, д-р техн. наук, проф.,  
Я.М. Гаращенко, канд. техн. наук, доц.

Г 25 Грабченко А.І.  
Розрахунок найвигідніших режимів різання при точінні: навч. посіб. / А. І. Грабченко, М. Д. Узунян, Н. В. Зубкова та ін. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – 88 с.

ISBN

Навчальний посібник містить теоретичний матеріал щодо виконання курсової роботи за розділом «Обробка точінням» дисципліни «Теорія різання», а також зразок виконання завдань курсової роботи та варіанти індивідуальних завдань.

Призначено для студентів машинобудівних спеціальностей.

Лл. 14. Бібліогр.: 15 назв.

УДК 621.91 (075)  
ББК 30.61я7

ISBN

© , 2014 р.  
© А.І.Грабченко, 2014 р.

## ВСТУП

Обробка різанням є основним технологічним процесом при виготовленні деталей машин і механізмів. Його трудомісткість у більшості галузей машинобудування значно перевищує трудомісткість ливарних, кувальних і штампувальних процесів, узятих разом.

Обробка різанням відрізняється досить високою продуктивністю, точністю, універсальністю й гнучкістю. У цьому полягають її переваги перед іншими методами формоутворення.

Розрахунок режимів різання і вибір раціонального – ключові ланки при розробці технологічних процесів формування заданих конфігурацій деталей, що багато в чому визначає якість (а відповідно й працездатність) виробу, трудові й грошові витрати на його виготовлення. При розрахунку режимів різання необхідно враховувати вплив багатьох факторів. До них, наприклад, відносяться мікро й макро- структура матеріалу заготовки, його фізико-механічні властивості; стан оброблюваної поверхні; матеріал і геометричні параметри різального інструменту; механічні характеристики устаткування і т.д.

Призначення режиму різання полягає у виборі глибини різання, подачі й швидкості різання (при певній найвигіднішій стійкості інструмента).

Найвигіднішим режимом різання називається такий режим, при якому забезпечується найбільша продуктивність і найменша собівартість обробки деталі.

При призначенні елементів режиму різання необхідно найбільш повно використовувати ріжучі властивості інструмента, а також кінематичні й динамічні характеристики верстата. При цьому необхідно забезпечити задану якість оброблюваної деталі.

Існує кілька методів розрахунку найвигіднішого режиму різання: аналітичний, табличний, графічний. Необхідно відзначити, що розрахунок може здійснюватися за допомогою спеціальних обчислювальних приладів і електронно-обчислювальних машин.

Вибір методу розрахунку диктується конкретними умовами. Найбільш точних результатів можна досягти при аналітичних розрахунках режиму різання. Цей метод необхідно застосовувати тоді, коли за розрахованими режимами різання буде оброблятися велика кількість деталей протягом тривалого часу, тобто в таких випадках, де невелика погрішність розрахунку може призвести в підсумку до значних втрат.

Отже, такий метод розрахунку може бути рекомендований для масового й крупносерійного виробництва. Студенти повинні добре опанувати аналітичний метод, щоб більш глибоко зрозуміти сутність розрахунку найвигіднішого режиму.

Табличний метод є найбільш простим, призначення режиму за таблицями може бути здійснено дуже швидко, однак цей метод менш точний. Табличним методом доцільно користуватися для дрібносерійного, індивідуального виробництва, у майстернях і та ін.

Номограми розроблюються для конкретних умов роботи, тобто для певного верстата, певного оброблюваного матеріалу й обраного інструментального матеріалу. Ними звичайно користуються робітники безпосередньо на робочому місці.

Крім того, номограми використовуються замість таблиць у деяких довідниках з режимів різання.

Для призначення режиму різання необхідно мати паспортні дані верстата, знати властивості матеріалу і геометричні параметри інструмента, матеріал і розміри деталі, а також запропоновані до неї технічні вимоги – все це представлено у відповідних таблицях посібника.

Пропонований методичний посібник розроблено на основі методичних вказівок за розрахунками режимів різання професорів кафедри М.Ф. Семка й М.К. Беззубенка, які узагальнили підходи й результати розрахунків режимів у різних організаціях і вузах.

# 1 ПОВНИЙ МЕТОД РОЗРАХУНКУ НАЙВИГІДНІШОГО РЕЖИМУ РІЗАННЯ

## 1.1 Глибина різання

Глибина різання дуже мало впливає на стійкість інструмента (а отже, і на швидкість різання, що допускається). Тому бажано призначати можливо більшу глибину, тобто зрізати припуск за найменше число проходів.

Однак при більших глибинах знижується точність обробки за рахунок більших сил різання, погіршується чистота й, крім того, виникають вібрації. Тому при заданій шорсткості  $Rz\ 40\dots Rz\ 10$  мкм припуск понад 2 мм зрізують у два проходи: чорновий прохід  $2/3\dots 3/4$  припуску і чистовий прохід  $1/3\dots 1/4$  припуску.

При шорсткості обробки  $Ra\ 2,5\dots Ra\ 0,63$  мкм рекомендується остаточний прохід (другий, а іноді третій) виконувати із глибиною різання 0,4...0,1 мм.

Якщо до шорсткості й точності обробки особливих вимог не ставиться (наприклад,  $Rz\ 200\dots Rz\ 40$  мкм), то припуск зрізують за один прохід.

Кількість проходів залежить також від жорсткості системи «верстат–інструмент–деталь». Якщо система не має високої жорсткості або деталь має велику довжину та малий діаметр, то бажано працювати з меншою глибиною різання.

## 1.2 Подача

Подача більше глибини впливає на стійкість різця, і менше ніж швидкість різання, тому після вибору глибини різання призначають подачу. Зі збільшенням подачі збільшується продуктивність, тому варто призначати можливо більшу подачу, але в припустимих межах, тому що подача може бути обмежена:

- 1) міцністю державки різця;
- 2) жорсткістю різця;
- 3) міцністю ріжучої пластинки;
- 4) міцністю механізму подачі верстата;
- 5) стабільністю (жорсткістю) виробу;
- 6) необхідною шорсткістю поверхні деталі;

- 7) потужністю верстата;
- 8) стійкістю різця.

Із цих умов виконується розрахунок найбільшої допустимої технологічної подачі.

1.2.1. Подача, яку допускає міцність державки різця,  $S_{m.p}$ , мм/об.

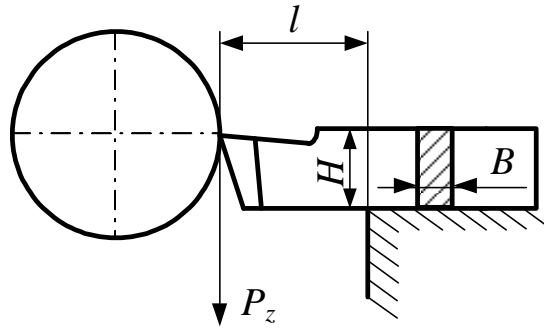


Рисунок 1.1 – Схема кріплення різця в державці

Сила  $P_z$  згинає різець із моментом  $M_{\text{виг}}$ , Н·мм (рис. 1.1):

$$M_{\text{виг}} = P_z \cdot l,$$

де  $l$  – довжина вільоту різця, мм;  
 $P_z$  – тангенціальна сила, Н.

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l,$$

де  $t$  – глибина різання, мм;  
 $C_{P_z}$  – коефіцієнт, що залежить від виду обробки;  
 $x_{P_z}$ ;  $y_{P_z}$  – показники ступенів;  
 $K_{P_z}$  – поправковий коефіцієнт, що відображує вплив окремих факторів на силу різання:

$$K_{P_z} = K_{m_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\nu_p} \cdot K_{h_p} \cdot K_{r_p},$$

де  $K_{m_p}$  – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;  
 $K_{\varphi_p}$  – коефіцієнт, що враховує головний кут різця у плані;  
 $K_{\gamma_p}$  – коефіцієнт, що враховує передній кут різця;

$K_{v_p}$  – коефіцієнт, що враховує швидкість різання;

$K_{h_p}$  – коефіцієнт, що враховує зношування по задній грані різця;

$K_{r_p}$  – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

З іншого боку,

$$M_{\text{виг}} \leq \sigma_{\text{виг}} \cdot W,$$

де  $\sigma_{\text{виг}}$  – допустиме напруження на вигин, МПа;

$W$  – момент опору державки різця,  $\text{мм}^3$ .

$$W = \frac{B \cdot H^2}{6},$$

де  $B$  – ширина державки різця, мм;

$H$  – висота державки різця, мм.

$$P_z \cdot l = \frac{B \cdot H^2}{6} \cdot \sigma_{\text{виг}}, \text{ або } 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l = \frac{B \cdot H^2}{6} \sigma_{\text{виг}},$$

$$S_{\text{м.р}} = y_{P_z} \sqrt{\frac{B \cdot H^2 \cdot \sigma_{\text{виг}}}{60 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l}}.$$

Для незагартованої вуглецевої сталі  $\sigma_{\text{виг}} = 200$  МПа, для державок, підданих термічній обробці,  $\sigma_{\text{виг}} = 300 \dots 400$  МПа.

1.2.2. Подача, яку допускає жорсткість різця,  $S_{\text{ж.р}}$ , мм/об.

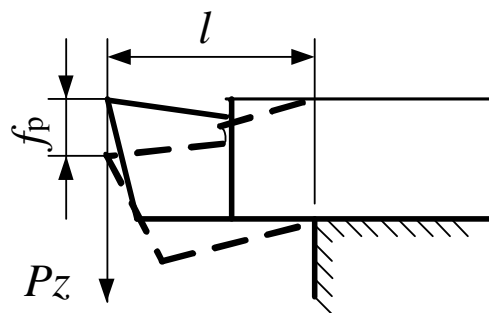


Рисунок 1.2 – Вигин різця під дією сили  $P_z$

Під дією сили  $P_z$  (рис. 1.2) різець вигинається на величину  $f_p$ , що може бути визначена за формулою

$$f_p = \frac{P_z \cdot l^3}{3E \cdot I},$$

де  $E$  – модуль пружності, МПа;

$$I – \text{момент інерції, мм}^4: I = \frac{B \cdot H^3}{12},$$

або

$$f_p = \frac{10C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l^3}{3E \cdot I}.$$

Звідки

$$S_{ж.р} = y_{P_z} \sqrt[4]{\frac{f_p \cdot E \cdot B \cdot H^3}{40C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l^3}}.$$

Допустима величина прогину різця: при попередньому (грубому) точінні  $f_p = 0,1$  мм, при чистовому  $f_p = 0,05$  мм.

Модуль пружності державки різця  $E = 20 \cdot 10^4 \dots 22 \cdot 10^4$  МПа (для вуглецевої конструкційної сталі).

1.2.3. Подача, яку допускає міцність твёрдосплавної пластинки,  $S_{т.п}$ , мм/об.

Пластинка витримує максимальне навантаження, що може бути визначено за такою емпіричною формулою:

$$P_z = 340 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \cdot \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

або 
$$10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} = 340 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \cdot \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8}.$$

Отже

$$S_{т.п} = y_{P_z} \sqrt[4]{\frac{34 \cdot C^{1,35} \cdot \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8}}{C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z} - 0,77} \cdot K_{P_z}}},$$

де  $C$  – товщина пластинки, мм;



$\varphi$  – головний кут у плані, град.

1.2.4. Подача, яку допускає міцність механізму подач верстата,

$S_{м.п}$ , мм/об.

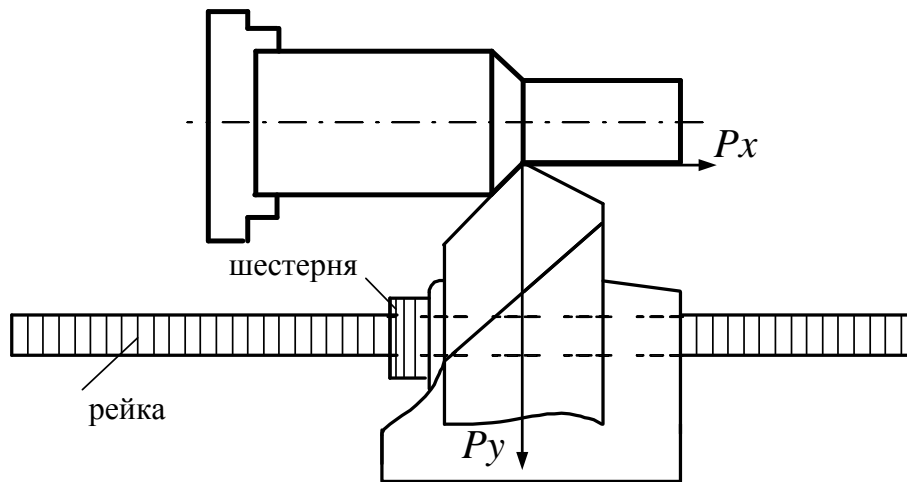


Рисунок 1.3 – Дія сил різання на механізм подач верстата

Механізм подач повинен переборювати силу  $Q$ , що складається із сили  $P_x$  плюс сила тертя супорта об напрямні:

$$Q = P_x + f(P_z + P_y),$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя ( $f \approx 0,1$ ).

В окремому випадку при  $\varphi = 45^\circ$  можна прийняти

$$P_x = 0,25P_z, \quad P_y = 0,4P_z.$$

Звідки

$$Q = 0,25P_z + 0,1(P_z + 0,4P_z) = 0,39P_z.$$

Заокруглено:  $Q = 0,4P_z$ .

У загальному випадку

$$Q = K \cdot P_z,$$

де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від співвідношення сил  $P_z : P_y : P_x$  і від коефіцієнта тертя  $f$  (можна прийняти  $K \approx 0,4$ ).

Сила, що допускається міцністю механізму подач  $\cong P_{\text{м.п}}$ , повинна бути більше  $Q$ :

$$P_{\text{м.п}} \geq Q \text{ або } P_{\text{м.п}} \geq K \cdot P_z.$$

$$10 \cdot K \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} = P_{\text{м.п}},$$

$$S_{\text{м.п}} = y_{P_z} \sqrt[10]{\frac{P_{\text{м.п}}}{K \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z}}}.$$

Значення сили  $P_{\text{м.п}}$  наводиться в паспорті верстата.

1.2.5. Подача, яку допускає стабільність (твердість) деталі,  $S_{\text{с.д}}$ , мм/об.

Під дією сили різання  $R_1$  заготовка вигинається, в результаті чого знижується точність форми (рис. 1.4).

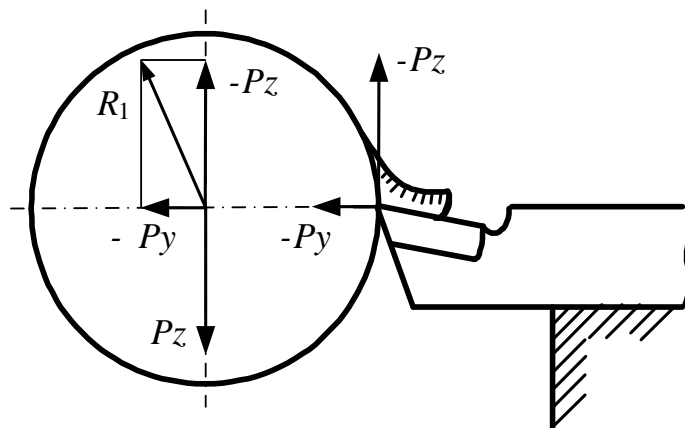


Рисунок 1.4 – Вигин заготовки під дією сил різання

При консольному закріпленні деталь виходить конусною; при закріпленні в центрах – бочкоподібною.

У зв'язку із цим, залежно від необхідної точності, допускається певна величина прогину деталі: при попередньому точінні  $f_d = 0,2 - 0,4$  мм; при точінні під шліфування  $f_d = 0,1$  мм; при точних чистових роботах  $f_d = 0,2\delta$ , де  $\delta$  – допуск на виготовлення деталі, мм.

Величина прогину залежить від сили різання, довжини й діаметра деталі, її матеріалу й методу закріплення:

$$f_d = \frac{R_1 \cdot L^3}{\mu \cdot E \cdot I},$$

де  $R_1 = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}$ ; при  $P_y = (0,4 - 0,5)P_z$ ,  $R_1 \approx 1,1P_z$ ;

$L$  – довжина деталі, мм;

$E$  – модуль пружності ( $E = 20 \cdot 10^4 \dots 22 \cdot 10^4$  МПа для сталі;  $E = 9 \cdot 10^4 \dots 10 \cdot 10^4$  МПа для чавуну,  $E = 9 \cdot 10^4$  МПа для бронзи;  $E = 8 \cdot 10^4$  МПа для латуні,  $E = 7 \cdot 10^4$  МПа для алюмінію);

$I$  – момент інерції, мм<sup>4</sup>;  $I = 0,05D^4$  ( $D$  – діаметр деталі, мм);

$\mu$  – коефіцієнт, що залежить від методу закріплення ( $\mu = 2,4$  для деталі, консольно закріпленої в патроні (рис. 1.5);  $\mu = 100$  для деталі, установленної в центрах (рис. 1.6);  $\mu = 140$  для деталі, закріпленої в патроні й підтиснутої центром пінолі задньої бабки (рис. 1.7)).

$$f_d = \frac{11 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot L^3}{\mu \cdot E \cdot I},$$

звідки

$$S_{с.д} = y_{P_z} \sqrt[3]{\frac{f_d \cdot \mu \cdot E \cdot I}{11 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot L^3}}.$$

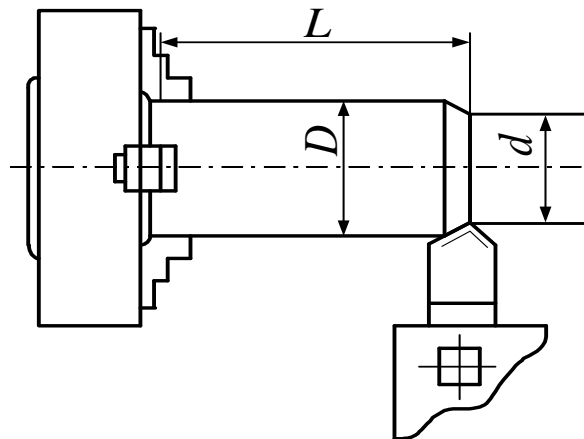


Рисунок 1.5 – Закріплення деталі в патроні

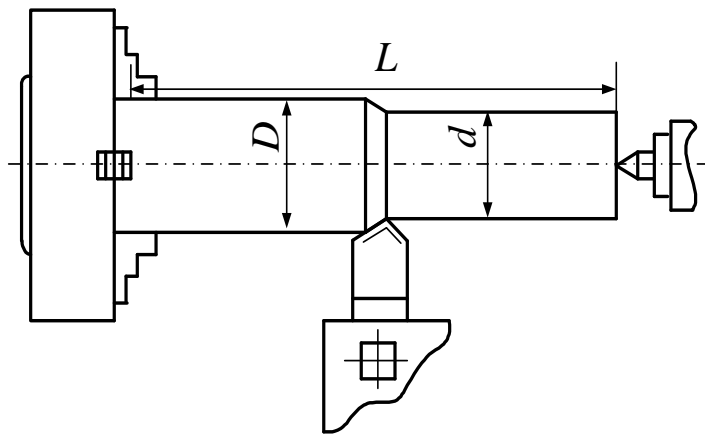


Рисунок 1.6 – Установка детали в патрон с підтисненням центром пінолі задньої бабки

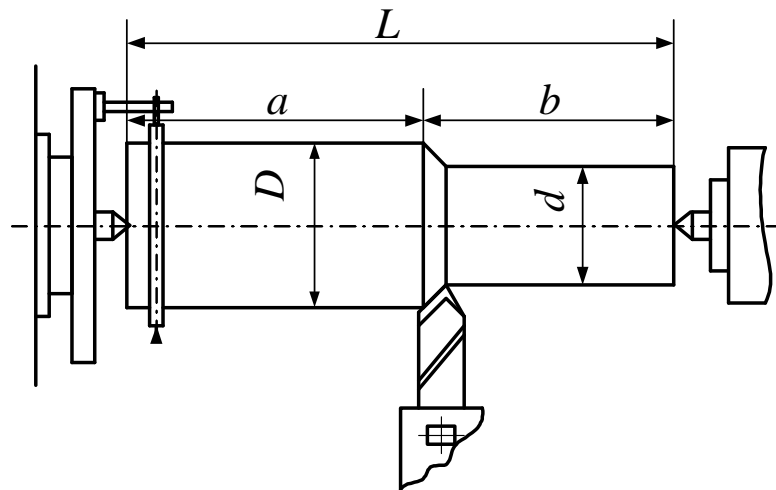


Рисунок 1.7 – Установка детали в центрах

1.2.6. Подача, яку допускає шорсткість обробленої поверхні,  $S_{ш.п}$  мм/об.

Для вибору подачі залежно від необхідної шорсткості поверхні краще користуватися спеціальними таблицями, складеними на підставі узагальнення результатів практики (додаток А, табл. А.1).

Обрана подача  $S_{табл}$  коректується поправковими коефіцієнтами за границю міцності оброблюваного матеріалу  $K_{МС}$  й радіусу при вершині

$$\text{різця } K_{r_s} = \left( \frac{r}{1,5} \right)^{0,7} :$$

$$S_{ш.п} = S_{табл} \cdot K_{МС} \cdot K_{r_s} .$$

1.2.7. Подача, яку допускає потужність (або крутний момент) верстата,  $S_{м.в}$ , мм/об.

Потужність, затрачувана на різання  $N_{різ}$ , кВт:

$$N_{різ} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020},$$

повинна бути менше потужності на шпинделі верстата:

$$N_{різ} \leq N_{вер} \cdot \eta_{вер},$$

де  $N_{вер}$  – потужність верстата, кВт;

$\eta$  – к.п.д. верстата ( $\eta = 0,75 \dots 0,8$ );

$v$  – швидкість різання, м/хв:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

де  $D$  – діаметр заготовки, мм;

$n$  – частота обертання шпинделю верстата, об/хв.

Оскільки  $P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z}$ :

$$\frac{10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot \pi D n}{60 \cdot 1000 \cdot 1020} = N_{вер} \cdot \eta_{вер},$$

звідки

$$S_{м.в} = \sqrt[y_{P_z}]{\frac{N_{вер} \cdot \eta_{вер} \cdot 60 \cdot 1000 \cdot 1020}{10 C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot \pi \cdot D \cdot n}}.$$

Звичайно в паспорті верстата наводиться значення крутного моменту, що розвиває на шпинделі верстата  $\cong M_{кр}$ , який повинен бути більше

моменту різання  $M_{різ} = \frac{P_z \cdot D}{2}$ .

Тому допустиму подачу краще розраховувати, користуючись формулою, наведеною нижче.

Оскільки

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

ГО

$$10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot D \leq 2M_{\text{кр}} .$$

Звідки

$$S_{\text{м.в}} = y_{P_z} \sqrt{\frac{2M_{\text{кр}}}{10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot D}} ,$$

де  $M_{\text{кр}}$  – крутний момент на шпинделі верстата, Н·мм. Іноді в паспорті верстата наводиться значення подвійного моменту  $2M_{\text{кр}}$ , що ще зручніше для розрахунку.

*Примітка.* Ця подача розраховується для кожного ступеня чисел обертів.

1.2.8. Подача, яку допускає стійкість різця,  $S_{\text{с.р}}$ , мм/об.

Швидкість різання, що допускається властивостями інструменту, розраховують за формулою

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v ,$$

де  $T$  – найвигідніша (або задана) стійкість інструмента (рекомендовані значення див. додаток А, табл. А.5);

$C_v$  – коефіцієнт, що залежить від виду обробки;

$m$ ;  $x_{P_z}$ ;  $y_{P_z}$  – показники ступенів;

$K_v$  – поправковий коефіцієнт, що відображує вплив окремих факторів на швидкість різання:

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{CM_v} \cdot K_{K_v} \cdot K_{Mn_v} \cdot K_{\Phi_v} \cdot K_{\Phi_{1v}} \cdot K_{r_v} \cdot K_{f_v} ,$$

де  $K_{M_v}$  – коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

$K_{CM_v}$  – коефіцієнт, що враховує стан матеріалу заготовки;

$K_{K_v}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{Mn_v}$  – коефіцієнт, що враховує марку інструментального матеріалу;

$K_{\Phi_v}$  – коефіцієнт, що враховує головний кут різця у плані;

$K_{\Phi_{1v}}$  – коефіцієнт, що враховує допоміжний кут різця у плані;

$K_{r_v}$  – коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця.

$K_{f_v}$  – коефіцієнт, що враховує форму передньої грані різця.

Дорівнюємо формули розрахунку швидкості різання та отримуємо:

$$\frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v,$$

звідки визначимо подачу, що допускається стійкістю різця:

$$S_{c.p} = y_v \sqrt{\frac{1000 \cdot C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot \pi \cdot D \cdot n}}.$$

*Примітка.* Ця подача розраховується для кожного ступеня чисел обертів.

Результати розрахунку максимально допустимих подач зводяться до табл.1.

Як технологічну подачу (тобто максимальну, що допускається умовами обробки) на кожному ступені чисел обертів обираємо найменшу з розрахункових. Вона коректується за паспортом верстата: береться найближча менша або найближча більша, якщо вона не перевершує розрахункову більш ніж на 10 %, після чого порівнюється продуктивність на кожному ступені по добутку  $S \cdot n$ .

Як найвигідніший ступінь вважається той, де добуток  $S \cdot n$  найбільший, тобто той, на якому можна досягти максимальної продуктивності.

Після вибору ступеню чисел обертів визначають дійсну швидкість різання:

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

Режим різання записується у такому порядку:

$t =$  мм;  $S =$  мм/об;  $n =$  об/хв;  $v =$  м/хв.

Таблиця 1 – Максимально допустимі подачі. Призначення найвигіднішого режиму різання

№ ступеню	Число обертів $n$ , об/хв	Крутний момент на шпинделі верстата $M_{кр}$ , Н. мм	Подача що допускається, мм/об								Технологічна розрахункова подача $S_{техн}$ , мм/об	Фактична подача, наявна на верстаті $S_{т.ф}$ , мм/об	$n \cdot S_{т.ф}$	Примітка
			міцність державки різця $S_{м.р}$	твердість різця $S_{т.р}$	міцність пластинки $S_{т.п}$	стабільність (твердість) деталі $S_{с.д}$	міцність механізму подач $S_{м.п}$	шорсткість поверхні $S_{ш.п}$	потужність (моментом) верстата $S_{м.в}$	стіткість різця $S_{с.р}$				
1	$n$	$M_1$	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	$S_{м.в1}$	$S_{с.р1}$	$S_{техн1}$	$S_{т.ф1}$	$n_1 \cdot S_{т.ф1}$	найвигідніший ступінь
2	$n_2$	$M_2$	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	$S_{м.в2}$	$S_{с.р2}$	$S_{техн2}$	$S_{т.ф2}$	$n_2 \cdot S_{т.ф2}$	
•	•	•	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	•	•	•	•	•	
•	•	•	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	•	•	•	•	•	
•	•	•	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	•	•	•	•	•	
•	•	•	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	•	•	•	•	•	
$k$	$n_k$	$M_k$	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	$S_{м.вk}$	$S_{с.рк}$	$S_{технк}$	$S_{т.фк}$	$(n_k \cdot S_{т.фк})_{max}$	
•	•	•	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	•	•	•	•	•	
$n$	$n_n$	$M_n$	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	Постійна для всіх ступенів	$S_{м.вn}$	$S_{с.рn}$	$S_{технn}$	$S_{т.фn}$	$n_n \cdot S_{т.фn}$	



## 2 ТАБЛИЧНИЙ МЕТОД

Призначення елементів режиму різання найбільш просто може бути здійснене за допомогою спеціальних таблиць. Методика призначення елементів режиму різання, що наводиться нижче, розглядається стосовно до довідника «Режими резания черных металлов инструментом, оснащенным твердым сплавом: М.: Машгиз, 1958 р. (Библ. 621.91/Р-34 ХПИ).

### 2.1. Глибина різання

Призначається так само, як і при повному методі розрахунку найвищого режиму різання (підрозділ 1.1).

### 2.2. Подача

Подача вибирається залежно від шорсткості обробленої поверхні (див. п. 1.2.6). Обрана подача повинна бути уточнена шляхом множення на поправкові коефіцієнти для змінених умов роботи: на оброблюваний матеріал  $K_{m_s}$  і радіус при вершині  $K_{r_s} = \left(\frac{r}{1,5}\right)^{0,7}$  :

$$S_{ш.п} = S_{табл} \cdot K_{m_s} \cdot K_{r_s}.$$

Обрану подачу необхідно перевірити щодо міцності механізму подачі, перерахувавши її за формулою (приблизно прийнявши  $K = 0,4$ ), мм/об:

$$S_{м.п} = y_{P_z} \sqrt[4]{\frac{P_{м.п}}{10 \cdot K \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z}}}.$$

Якщо виявиться, що  $S_{м.п}$  менше обраної, то для подальших розрахунків приймається подача, що допускається механізмом подач, скоректована за паспортом верстата (береться найближча менша або найближча більша (але не більше ніж на 10 %)).

### 2.3. Швидкість різання

За обраними глибиною й подачею вибирається швидкість різання (додаток А, табл. А.7-А.10).

Швидкість різання уточнюється залежно від умов обробки шляхом множення на поправкові коефіцієнти, м/хв:

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_v,$$

де 
$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{SM_v} \cdot K_{K_v} \cdot K_{MI_v} \cdot K_{\phi_v} \cdot K_{\phi_{1v}} \cdot K_{r_v} \cdot K_{f_v}.$$

Деякі коефіцієнти наведено в карті. При цьому необхідно враховувати, що деякі поправкові коефіцієнти будуть відрізнятися від тих, які були обрані при розрахунку за повним методом, тому що вихідні дані таблиці й розрахункова формула можуть не збігатися.

Крім того, необхідно призначити поправкові коефіцієнти на глибину різання і на подачу, тому що в таблиці може не бути точних їхніх значень:

$$K_{t_v} = \left( \frac{t_{\text{табл}}}{t} \right)^{x_v}; \quad K_{S_v} = \left( \frac{S_{\text{табл}}}{S} \right)^{y_v}.$$

За значенням обраної швидкості різання визначається число обертів:  $n = \frac{1000v}{\pi \cdot D}$ , що коректується по верстату: береться найближче менше (або найближче більше, якщо воно не перевершує розрахункове більш ніж на 5 %).

#### 2.4. Потужність і сила різання

Залежно від призначених елементів режиму різання встановлюється потужність і сила різання (додаток А, табл. А.11-А.14), які також коректуються залежно від умов обробки.

Поправкові коефіцієнти наводяться в нижній частині таблиць.

Необхідно, щоб потужність різання була б менше, ніж потужність на шпинделі.

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{вер}} \cdot \eta_{\text{вер}} \quad (\eta = 0,7 \div 0,8).$$

Якщо виявиться, що потужності верстата не вистачає, необхідно або вибрати більш потужний верстат, або, якщо верстат заданий, перейти на нижчий ступінь чисел обертів, відповідно перерахувавши швидкість різання.

Режим різання записується у такому порядку:

$$t = \quad \text{мм}; \quad S = \quad \text{мм/об}; \quad n = \quad \text{об/хв}; \quad v = \quad \text{м/хв}.$$

### 3 РОЗРАХУНОК НАЙВИГІДНІШОГО РЕЖИМУ РІЗАННЯ НА ЕОМ

Розрахунок найвигіднішого режиму різання виконується за програмою, розробленою на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування.

Папка з програмою знаходиться на сайті кафедри «Інтегровані технології машинобудування» ім. М.Ф.Семка:

<http://sites.kpi.kharkov.ua/cutting/> (Учебно-методическое обеспечение) або <http://sites.kpi.kharkov.ua/cutting/%D0%B5du%D1%81/educ.html>.

Папку "C\_app" необхідно скопіювати у комп'ютер на диск С.

Програма запускається через ярлик "cut\_mode.lnk", розташований у цій папці. Екранну форму програми подано на рис. 3.1.

Расчет режимов резания при точении

**Деталь**

Диаметр d, мм  Длина L, мм

Прогиб, мм  Коэф. m1

**Оборудование**

Модель токарного станка  Пасп. данные

**Режим резания**

Глубина резания t, мм  Подача s, мм/об

**Инструмент**

Период стойкости T, мин  Показатель степеней, m

Державка В x Н  x  Толщина пластинки

Вылет инструмента, мм  Допустимый прогиб, мм

Угол в плане  E = 20\*10^4 МПа  $\sigma_{изг.} = 200$  МПа

**Коэффициенты для расчета силы и скорости резания**

Krz  Kpz  Xpz  Ypz

Cv  Kv  Xv  Yv

Приложение для расчета  
наивыгоднейших режимов резания  
при точении по курсу "Теория  
резания".  
Разработана на кафедре  
"Интегрированные технологии  
машиностроения" им. М.Ф. Семко НТУ  
"ХПИ".  
Тел.: (057) 707-61-43.  
E-mail: grabchenko@kpi.kharkov.ua.

Расчет Помощь

Печать ... Сохранить ...

Рисунок 3.1 - Програма для розрахунку найвигіднішого режиму різання

Введіть необхідні дані. Натисніть «Расчет». Текстове поле у правій частині екранної форми призначено для виводу довідки, результатів розрахунку і даних найвигіднішого режиму різання. Результат розрахунку можна скопіювати у буфер обміну для подальшого використання або, натиснувши «Сохранить», зберегти у файл, або «Печать», щоб надрукувати.

Для ознайомлення з програмою і одержання необхідної інформації для роботи достатньо натиснути «Помощь» або стати курсором у поле необхідного параметру (рис.3.2).

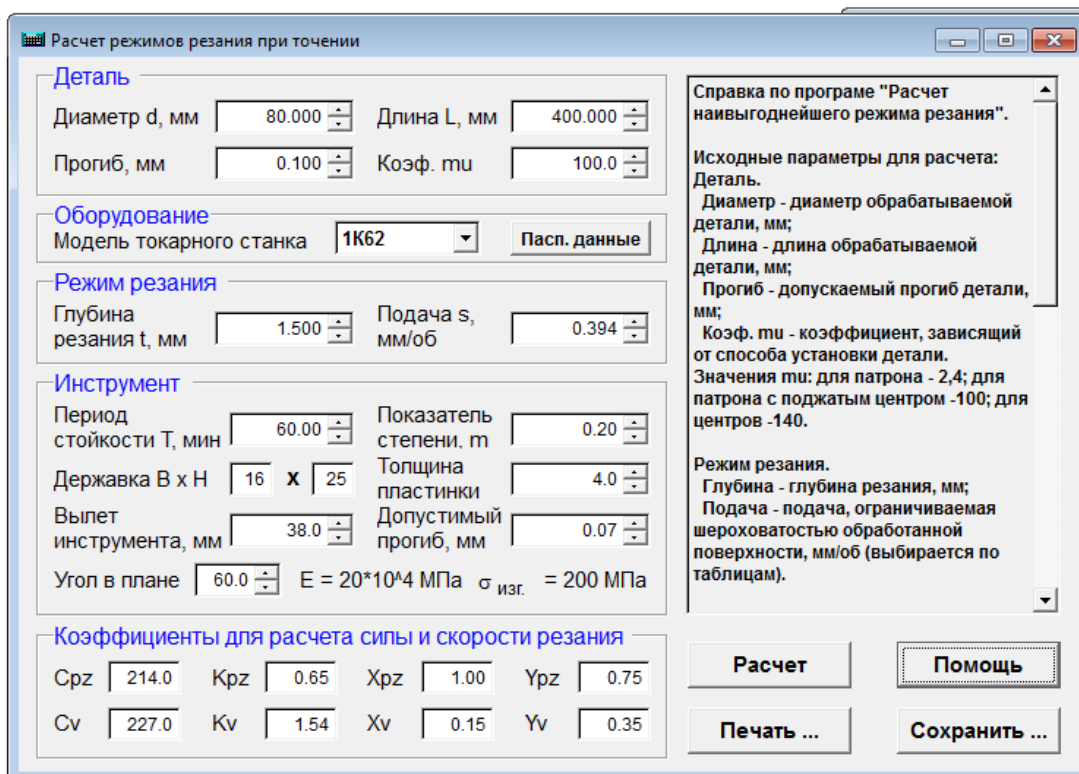


Рисунок 3.2 – Допомога за програмою розрахунку режиму різання

Паспортні дані щодо вибраної моделі станка можна отримати, натиснувши «Пасп.данние» (рис.3.3).

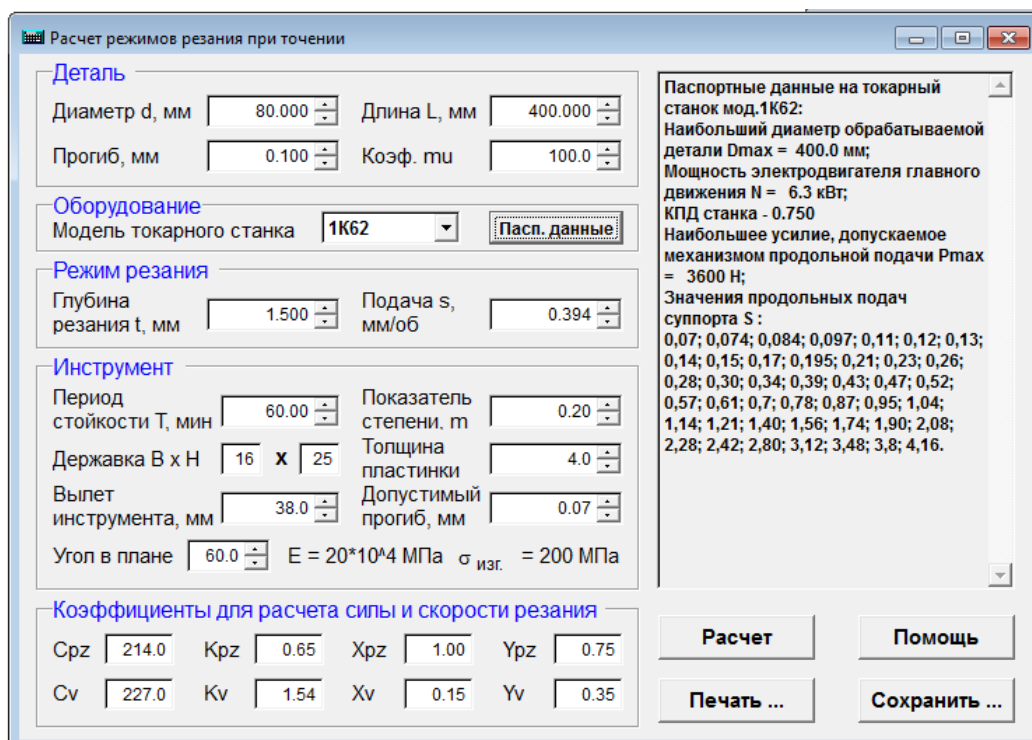


Рисунок 3.3 – Вивід на екран паспортних даних верстата

## 4 ПОБУДОВА НОМОГРАМ

Формули, що використовуються для розрахунку режиму різання, можуть бути виражені графічно, у вигляді номограм, що в ряді випадків значно спрощує розрахунок (рис. 4.1). Номограми можуть бути побудовані окремо для кожної залежності або у формі комбінованих графіків. Досить зручно користуватися комбінованим графіком, де подаються в залежності  $P_z$  від  $S$  і  $t$ ,  $\nu$  від  $S$  і  $t$ ,  $\nu$  від  $D$  і  $n$ ,  $P_z$  від  $D$  і  $M_{кр}$ .

### 4.1. Побудова першого квадранта номограми

У першому квадранті будується номограма для залежності  $P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z}$ .

При постійному значенні глибини різання ( $10C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} = A$ ) залежність між силою й подачею набуває вигляду:

$$P_z = A \cdot S^{y_{P_z}}.$$

Логарифмуючи цей вираз, одержимо рівняння прямої (у логарифмічних координатах), нахиленої до осі абсцис під кутом, тангенс якого дорівнює  $y_{P_z}$ :

$$\lg P_z = \lg A + y_{P_z} \lg S.$$

Отже, якщо додати  $t$  різні значення, то буде отриманий ряд прямих паралельних ліній, що виражають необхідну залежність. Номограма будується в логарифмічних координатах. По осі ординат відкладають логарифми сили  $P_z$ , по осі абсцис – логарифми подачі  $S$ . Для зручності побудови цієї номограми знаходять ряд значень  $P_z$  для різних значень  $t$  при певній величині  $s$  і через відповідні точки проводять паралельні лінії.

Наприклад, прийнявши  $S = 1$  мм/об, що зручно для розрахунків, отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z}.$$

Задаючись різними значеннями глибини, будемо мати різні значення сили  $P_z$ :

$t_1 =$	мм	$S_1 = 1$ мм/об	$P_{z_1} =$	Н
$t_2 =$	мм	$S_2 = 1$ мм/об	$P_{z_2} =$	Н
.		.	.	
.		.	.	
$t_n =$	мм	$S_n = 1$ мм/об	$P_{z_n} =$	Н

Відклавши на осі абсцис  $S = 1$  мм/об, проведемо вертикальну лінію й на ній покажемо точки, що відповідають  $P_{z_1}, P_{z_2} \dots P_{z_n}$ ; через ці точки проведемо лінії під кутом  $\alpha_1$  ( $\operatorname{tg}\alpha = y_{P_z}$ ).

*Примітка.* Доцільно задаватися наступними величинами  $t_1 = 0,5$  мм;  $t_2 = 1$  мм;  $t_3 = 2$  мм;  $t_4 = 3$  мм і т.д.  $t_n = 8$  мм.

На осі абсцис показують весь діапазон подач, наявних на верстаті від  $S_{\min}$  до  $S_{\max}$ . На осі ординат показують сили від  $P_{z_{\min}}$  до  $P_{z_{\max}}$ ;  $P_{z_{\min}}$  можна прийняти з умов  $t_{\min} = 0,3 \dots 0,5$  мм й  $S_{\min}$  – за паспортом верстата:

$$P_{z_{\min}} = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t_{\min}^{x_{P_z}} \cdot S_{\min}^{y_{P_z}} K_{P_z}, \text{ Н.}$$

$P_{z_{\max}}$  – беруть за умови міцності верстата  $P_{z_{\max}} = \frac{P_{\text{м.п}}}{0,4}$  (де  $P_{\text{м.п}}$  – сила, що допускається міцністю механізму подачі, за паспортом верстата). Масштаб по осях абсцис й ординат повинен бути однаковий (користуватися однієї й тією же шкалою логарифмічної лінійки).

## 4.2. Побудова другого квадранта номограми

У другому квадранті будується номограма для залежності:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v.$$

Номограма будується в логарифмічних координатах. За віссю ординат відкладається швидкість різання  $v$ . За віссю абсцис - подача (так само, як й у першому квадранті).

При постійному значенні глибини

$$\left( \frac{C_v K_v}{T^m t^{x_v}} = B \right),$$

маємо

$$v = \frac{B}{S^{y_v}}.$$

Після логарифмування отримуємо рівняння прямої лінії, нахиленої до осі абсцис під кутом  $\alpha_2$  ( $\operatorname{tg}\alpha_2 = y_v$ ):

$$\lg v = \lg B - y_v \lg S.$$

Для різних  $t$  одержимо ряд прямих ліній. При побудові номограми зручно прийняти  $s = 1$  мм/об (або інше яке-небудь значення, наприклад,  $S = 0,5$  мм/об, тоді

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v}} K_v.$$

Задаючись різними значеннями глибини, одержимо різні значення  $v$ :

$t_1 =$	мм	$S_1 =$	1 мм/об	$v_1 =$	мм/хв
$t_2 =$	мм	$S_2 =$	1 мм/об	$v_2 =$	мм/хв
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
$t_n =$	мм	$S_n =$	1 мм/об	$v_n =$	мм/хв

Відклавши на осі абсцис  $S = 1$  мм/об, проводимо вертикальну лінію і на ній наносимо точки, що відповідають  $v_1, v_2 \dots v_n \dots$  Через них проводимо прямі лінії під кутом  $\alpha_2$  ( $\operatorname{tg}\alpha_2 = y_v$ ).

*Примітка.* Діапазон подач на осі абсцис прийняти таким же, як й у першому квадранті. Діапазон швидкостей прийняти з умов матеріалу різця й оброблюваного матеріалу з довідника для розрахунку режиму різання. Користуючись картою довідника для вибору швидкості різання, легко знайти найменше й найбільше значення швидкостей для даного виду роботи.

### 4.3. Побудова третього квадранта номограми

У третьому квадранті будується номограма для залежності

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

Номограма будується в логарифмічних координатах. За віссю ординат відкладається швидкість різання (так само, як і в другому квадранті), по осі абсцис - діаметр деталі.

Прийнявши  $\frac{\pi n}{1000} = C$ , одержимо:  $v = C \cdot D$  або  $v = C \cdot D^1$ .

Після логарифмування  $\lg v = \lg C + 1 \cdot \lg D$  маємо рівняння прямої, нахиленої до осі абсцис під кутом  $45^\circ$  ( $\text{tg}45^\circ = 1$ ). Для різних значень  $n$  одержимо ряд прямих ліній.

При побудові номограми зручно прийняти  $D = 100$  мм, тоді  $v = \frac{\pi n}{10}$ .

Підставляючи у формулу різні значення чисел обертів (по верстату), одержимо відповідні значення  $v$ :

$n_1 =$	об/хв	$D_1 = 100$ мм	$v_1 =$	мм/хв
$n_2 =$	об/хв	$D_2 = 100$ мм	$v_2 =$	мм/хв
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
$n_n =$	об/хв	$D_n = 100$ мм	$v_n =$	мм/хв

Відклавши на осі абсцис  $D = 100$  мм, проведемо вертикальну лінію, на якій покажемо точки, що відповідають знайденим значенням швидкостей ( $v_1, v_2, \dots, v_n$ )... Через ці точки проводимо лінії під кутом  $45^\circ$  до осі абсцис.

*Примітка.* Діапазон швидкостей на осі ординат ( $v_{\min} - v_{\max}$ ) прийняти таким же, як і для другого квадранта. Діапазон діаметрів ( $D_{\min} - D_{\max}$ ) на осі абсцис повинен бути обраний так, щоб розрахунок можна було зробити для всіх діаметрів деталей, оброблюваних на верстаті.

$D_{\min}$  - найменший можливий діаметр обробки, звичайно  $D_{\min} \approx 10 - 30$  мм,

$D_{\max}$  - найбільший можливий діаметр обробки на даному верстаті (за паспортом верстата).

#### 4.4. Побудова четвертого квадранта номограми

У четвертому квадранті будемо номограму для залежності:

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

де  $P_z$  - сила, що допускається крутним моментом верстата, Н;

$M_{\text{кр}}$  - крутний момент на шпинделі, Н·мм.



Номограма будується в логарифмічних координатах. За віссю ординат відкладається сила різання  $P_z$  (так само, як і у першому квадранті), а за віссю абсцис – діаметр обробки.

Логарифмуючи наведений вище вираз, одержимо:

$$\lg P_z = \lg(2 \cdot M_{кр}) + 1 \cdot \lg D.$$

Це рівняння прямої лінії, проведеної під кутом  $45^\circ$  до осі абсцис. Для різних значень крутних моментів одержимо ряд прямих ліній. При побудові номограми приймаємо  $D = 100$  мм, тоді

$$P_z = \frac{2 \cdot M_{кр}}{100}.$$

Підставляючи у формулу різні значення крутних моментів (для різних ступенів чисел обертів), одержимо відповідні допустимі значення  $P_z$ :

$M_{кр_1} =$	Н·мм	$D_1 =$	100 мм	$P_{z_1} =$	Н
$M_{кр_2} =$	Н·мм	$D_2 =$	100 мм	$P_{z_2} =$	Н
.		.		.	
.		.		.	
.		.		.	
$M_{кр_n} =$	Н·мм	$D_n =$	100 мм	$P_{z_n} =$	Н

Відклавши на осі абсцис  $D = 100$  мм, проведемо вертикальну лінію, на якій покажемо точки, що відповідають знайденим значенням  $P_z$  ( $P_{z_1}, P_{z_2} \dots P_{z_n}$ ). Через ці точки проводимо лінії під кутом  $45^\circ$  до осі абсцис.

*Примітка.* Діапазон сил різання ( $P_{z_{\min}} - P_{z_{\max}}$ ) взяти таким же, як і для першого квадранта. Діапазон діаметрів ( $D_{\min} - D_{\max}$ ) взяти таким же, як для третього квадранта.

Користуючись такою номограмою, розрахунок режиму різання можна зробити у такий спосіб.

По призначеній глибині різання й технологічно припустимій подачі в другому квадранті знаходять швидкість різання, що допускає різцем, у третьому квадранті – число обертів для одержання цієї швидкості різання при заданому діаметрі. У першому квадранті визначається сила різання (при обраних  $t$  і  $S$ ), а в четвертому – сила, що допускається крутним моментом верстата, яка повинна бути більше сили різання.

Можливі й інші варіанти користування номограмою.

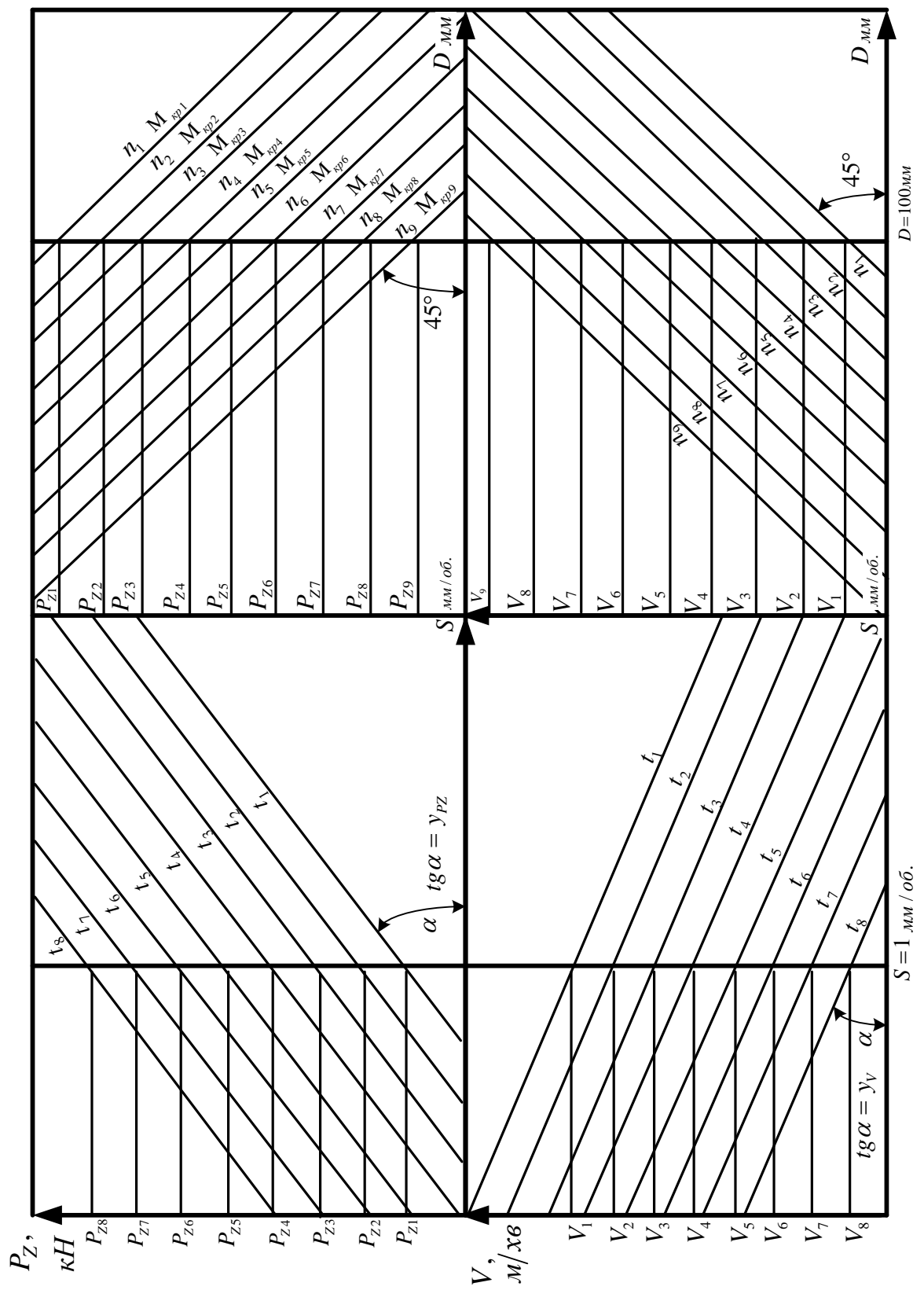


Рисунок 4.1 – Побудова номограми режимів різання

## 5 ОСОБЛИВОСТІ ПРИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ РОБОТІ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ

Вибір режимів різання для верстатів з ЧПУ, незважаючи на гадану простоту питання, дотепер не знайшов свого повного рішення. При обробці деталей на верстатах з ЧПУ в основному зберігається методика, розроблена для звичайних верстатів, але разом з тим є особливості. Об'єм металу, що знімається в одиницях часу,

$$V = t \cdot S \cdot v,$$

де  $v$  – швидкість різання;  $S$  – подача;  $t$  – глибина різання.

Як видно, збільшувати продуктивність можна за рахунок кожного з елементів, але, як відомо, вони по-різному впливають на інтенсивність зношування і стійкість інструмента. Найбільше інтенсивно впливає швидкість різання, слабкіше – подача й найменш – глибина різання. Загальним є відоме положення про те, що зношування залежить від температури різання: чим вона вище, тим швидше зношується інструмент.

При збільшенні швидкості площа контакту між інструментом і стружкою змінюється незначно, а робота різання зростає пропорційно швидкості різання, тому вона має більший вплив.

Як відомо, традиційний порядок призначення режимів різання такий: 1) глибина різання; 2) подача; 3) швидкість різання.

Оскільки емпірична формула для визначення тангенціальної складової сили різання має вигляд  $P_z = 10 C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z}$ , де  $C_{P_z}$  - експериментальний коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу, варто враховувати: якщо обрано глибину, то вибір подачі визначає площа перетину зрізу, отже, головну силу різання. Тому при чорновій обробці вибір подачі буде обмежуватися міцносними характеристиками верстата, інструмента, деталі, а також потужністю приводу, припустимою пружною деформацією і вібростійкістю елементів СПД.

При чистовій обробці подача обмежується припустимою шорсткістю поверхні, параметр якої прямо пропорційний подачі й обернено пропорційний радіусу закруглення вершини різця. При обраних глибині й подачі

задають таку швидкість різання, щоб вона забезпечувала оптимальну стійкість інструмента.

У відомій залежності  $v = \frac{C_v}{T^m}$  показник відносної стійкості  $m$  характеризує ступінь зміни стійкості різця зі зміною швидкості різання або чутливість інструментального матеріалу до зміни швидкості різання. Формула дозволяє вибрати швидкість при заданій стійкості. Тому найбільш важливим питанням стає правильний вибір стійкості.

Дуже висока й дуже низька стійкості небажані. За високою стійкістю знижується швидкість, що зменшує продуктивність обробки. За низькою стійкістю доводиться часто робити заміну інструмента, що вимагає витрат часу, що також знижує продуктивність.

Максимальна продуктивність буде досягнута при оптимальній стійкості. Ця стійкість обирається й залежить від часу зміни інструмента й називається стійкістю максимальної продуктивності:

$$T = (1/m - 1)t_{cm}$$

Якщо прийняти, що при токарній обробці стали твердосплавним інструментом  $m = 0,2$ , а  $t_{cm} = 15$  хв, то період стійкості  $T = 60$  хв. Така стійкість вважається оптимальною при обробці деталей на верстатах з ручним управлінням. Якщо взяти більш складний інструмент, то для нього збільшується  $t_{cm}$  і зростає значення стійкості, (тобто потрібно знижувати  $v$ ).

Однак при призначенні режимів різання необхідно враховувати не тільки продуктивність обробки, але і її собівартість. Потрібно враховувати не тільки витрати живої праці, але й витрати праці, упередметненої в устаткуванні, інструменті, матеріалах, паливі, енергії та ін.

Тому формула стійкості має потребу в уточненні:

$$T_E = (1/m - 1)[t_{cm} - (Q_t + Q_H)/E],$$

де  $Q_t$  – витрати, пов'язані з роботою інструмента протягом одного періоду стійкості, коп.;

$Q_H$  – витрати, пов'язані з підготовкою інструмента;

$E$  – вартість роботи однієї станко-хвилини верстата, включаючи заробітну плату робітника з нарахуваннями.

Стійкість, отримана за цією формулою, називається економічною стійкістю. Період економічної стійкості при роботі на верстаті з ЧПУ може бути знижений. Зростає вартість верстата (відповідно величина  $E$  збільшується), знижується вартість інструмента (державка використовується багаторазово, зменшується  $Q_t$ ), знижується  $Q_H$  і термін заміни інструмента  $t_{cm}$  за рахунок того, що заздалегідь підготовлено інструменти-дублери, а в різців з багатогранними пластинами не потрібно переточування (досить повернути багатогранну пластину).

У деяких джерелах економічна стійкість  $T_E$  може становити 15–20 хв.

Розглядаючи особливості призначення режимів різання для верстатів з ЧПУ, варто брати до уваги крихке руйнування твердосплавного інструмента, можливу зміну економічної стійкості і стабільності режимів різання. Як відомо, класична теорія вибору режимів різання крихке руйнування не розглядає; робітник безупинно спостерігає за процесом різання і при викришуванні інструмента процес обробки припиняється, що запобігає небажаним наслідкам крихкого руйнування, сталісного зношування.

Верстат з ЧПУ працює по напівавтоматичному циклу, а зона обробки закрита кожухом, тому викришування різця може вести до браку деталі й поломки верстата.

Практика показує, що до 30-50 % різців виходять із ладу внаслідок крихкого руйнування, оскільки процес викришування носить імовірнісний характер, то передбачити час викришування й конкретну ситуацію не уявляється можливим. Можна лише враховувати фактори, що підвищують імовірність викришування, їх можна розділити на три групи:

- 1) якість твердосплавного інструмента;
- 2) величина й характер навантаження пластини;
- 3) стабільність процесу обробки.

З іншого боку, інтенсифікація режимів різання підвищує ймовірність крихкого руйнування, а усунення наслідків викришувань інструмента, навіть незначних, вимагає більших витрат часу, що викликає зниження продуктивності. Тому, якщо ймовірність викришування інструмента є високою, то не має сенсу знижувати економічну стійкість його і інтенсифікація режимів різання неприпустима. Наприклад, Т30К4 дозволяє призначати

більш високі режими різання при звичайній обробці, а при роботі на верстатах з ЧПУ - навпаки треба знижувати режими й підвищувати економічну стійкість.

Будь-які дестабілізуючі фактори підвищують імовірність викришування. До них можна віднести нерівномірний припуск, дефекти поверхні (включення), вібрації системи ВПД.

Можна відзначити два основних види руйнування. Перший вид – крихке руйнування під дією сили різання від випадкових збурювань, другий вид – сталісне руйнування під дією сил різання, що циклічно змінюються.

Фактори фізико-хімічної взаємодії, наприклад, адгезія інструментального й оброблюваного матеріалів, сприяють утомному зношуванню і т.д.

Величина навантаження залежить в основному від подачі (товщини зрізу), а характер навантаження – від геометрії інструмента. Як відомо, навантаження на стиск є менш небезпечним для крихкого руйнування інструмента, тому особливого значення набуває величина і знак переднього кута  $\gamma$  – негативне його значення (або негативний передній кут фаски) сприяє перерозподілу сил, що діють на передній поверхні, навантаженню пластини на стиск.

Стабільність процесу обробки – третій фактор, що підвищує ймовірність викрашування.

Оскільки інструмент за один прохід може обробляти різні елементи контуру деталі з різними припусками й умовами різання, то робити вибір режимів треба для найбільш складних ділянок контуру деталі.

Режими різання для верстатів з ЧПУ обирають у такій послідовності:

- 1) глибина різання,
- 2) подача;
- 3) період економічної стійкості;
- 4) швидкість різання.

Необхідно враховувати і загальний рівень технологічного забезпечення - правильний вибір і підвищення якості заготовок, дроблення стружки, забезпечення рівномірного припуску заготовок, високу якість і правильний вибір різального інструменту, раціональне обслуговування верстата та ін.

При виборі подачі, крім звичайних перевірок, вводять поправку на ймовірність викришування пластини:

$$S = S_H \cdot K_S,$$

де  $S_H$  – номінальна подача;  
 $K_S$  – коефіцієнт рівня технологічного забезпечення.

При високому рівні технологічного забезпечення  $K_S = 1$ , при його зниженні  $K_S < 1$ ; зменшення подачі сприяє зниженню навантаження на ріжучу кромку і ймовірність викришування.

Економічна стійкість

$$T'_E = T_E \cdot K_T,$$

де  $T_E$  – номінальна економічна стійкість,  
 $K_T$  – коефіцієнт рівня технологічного забезпечення.

При високому рівні забезпечення  $K_T = 0,25 \div 0,3$ , а  $T'_E = 15 \div 20$  хв.

При недоліках у технологічному забезпеченні  $K_T$  зростає й може бути більше одиниці. Це змушує зменшити режими, але підвищує ймовірність безвідмовної роботи, тобто досягається максимальна продуктивність обробки.

Після цього вибирають швидкість різання, що забезпечує економічну стійкість.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Аршинов В.А. Резание металлов и режущий инструмент. Изд. 3-е, перераб. и доп. : учебник для машиностр. техникумов. / В.А. Аршинов, Г.А. Алексеев. – М.: Машиностроение, 1975. – 440 с.
2. Баранчиков В.И. Справочник конструктора-инструментальщика. / В.И. Баранчиков. – М.: Машиностроение, 1994. – 384 с.
3. Определение режимов резания для работы на токарных станках. / И.Ф. Бугрименко. – М.: Машгиз, 1964.
4. ГОСТ 25761–83 «Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий». Введен с 01.07.84.
5. ГОСТ 25762–83 «Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий». Введен с 01.07.84.
6. Грановский Г.И. Резание металлов : учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов. / Г.И. Грановский., В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с., ил.
7. Маталин А.А. Технология машиностроения : учебник для машиностроительных вузов по специальности: «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». / А.А. Маталин. – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с., ил.
8. Режимы резания металлов инструментами, оснащенными твердым сплавом : Сборник номограмм. - Харьков, 1959.
9. Режимы резания черных металлов инструментом, оснащенным твердым сплавом. – М.: Машгиз, 1958.
10. Резников Н. И. Учение о резании металлов / Резников Н. И. – М.: Машиностроение, 1947.– 586с;
11. Семко М.Ф. Расчет наиболее выгодных режимов резания при точении : метод. указания / М.Ф. Семко, Н.К. Беззубенко ; Харьковский политехнический институт. – Х. : ХПИ, 1967. – 60 с. : ил., вкл. л.
12. Справочник инструментальщика / И.А.Ординарцев, Г.В.Филиппов, А.Н.Шевченко и др.; под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846с.
13. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х томах / под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с., ил.
14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : Справочник: в 2-х т. / А.Д. Локтев, И.Ф. Гущин, В.А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с., ил.

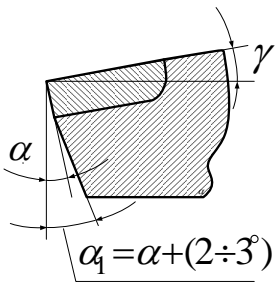
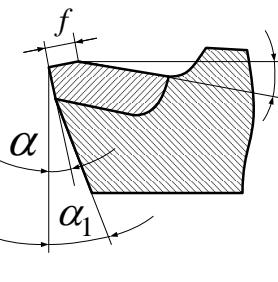
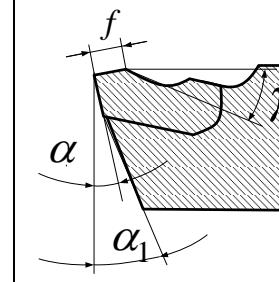


## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

### Табличні дані для розрахунку режиму різання

Таблиця А.1 – Геометричні параметри різців з пластинами із твердого сплаву

Позначення	I. Плоска	II. Плоска з фаскою	III. Радіусна з фаскою	
Ескіз передньої поверхні				
Область використання	Обробка сталі $\sigma_{\text{ч}} > 800$ МПа при достатній жорсткості та вібростійкості заготовки. Необхідно використовувати стружколом	Обробка сірого та ковкого чавуну, сталі $\sigma_{\text{ч}} > 800$ МПа при достатній жорсткості та вібростійкості заготовки. Необхідно використовувати стружколом	Обробка сталі $\sigma_{\text{ч}} < 800$ МПа при $t = 1 - 5$ мм, $S \geq 0,3$ мм/об. Стружколомання забезпечується лункою	
Передні й задні кути для твердосплавних різців				
Оброблюваний матеріал	$\alpha$		$\gamma$	
	величина подачі $S$ , мм/об		форма передньої поверхні	
	$< 0,3$	$\geq 0,3$	I, II	III
Сталь конструкційна вуглецева й легована $\sigma_{\text{ч}} \leq 1100$ МПа $\sigma_{\text{ч}} > 1100$ МПа	12 12	8 –	10-15 –	–5 –10
Чавун сірий HB $\leq 220$ HB $> 220$	10 10	6 6	12 8	– –
Чавун ковкий HB = 140 ÷ 150	12	8	15	–

Таблиця А.2 – Подача залежно від заданої шорсткості поверхні

Тип різця	Шорсткість, мкм	Оброблюваний матеріал	Допоміжний кут у плані $\varphi_1^\circ$	Діапазон швидкостей різання $v$ , м/хв	Радіус при вершині різця $r$ , мм	
					1,5	2,0
					Подача $S$ , мм/об	
Різці з допоміжним кутом у плані	$Rz = 80 - 40$	Сталь і чавун	5	Увесь діапазон швидкостей	1,3–1,5	
			10		1,0–1,1	
		15	0,9–1,0			
	$Rz = 40 - 20$	5	0,7–0,85			
			10–15		0,6–0,7	
	$Rz = 20 - 10$	Сталь	5	<50	0,25–0,4	0,3–0,45
				50 – 100	0,35–0,55	0,4–0,55
			>100	0,5–0,6	0,5–0,6	
			10–15	<50	0,25–0,4	0,3–0,4
		50–100		0,35–0,55	0,35–0,5	
		>100	0,45–0,5	0,5–0,55		
	Чавун	5	10–15	Увесь діапазон швидкостей	0,35–0,55	0,45–0,65
0,3–0,5					0,4–0,6	
$Ra = 2,5 - 1,25$	Сталь	$\geq 5$	30–50	0,13–0,18	0,14–0,22	
			50–80	0,16–0,22	0,17–0,25	
			80–100	0,21–0,33	0,23–0,35	
			100–130	0,23–0,37	0,25–0,39	
	>130		0,33–0,37	0,35–0,39		
	Чавун		$\geq 5$	Увесь діапазон швидкостей	0,15–0,3	0,2–0,35
$Ra = 1,25 - 0,63$	Сталь	$\geq 5$	40–110	0,13–0,16	0,14–0,17	
			110–130	0,15–0,21	0,17–0,23	
			>130	0,2–0,25	0,21–0,21	
Різці з додатковою ріжучою кромкою	$Rz = 80 - 10$	Сталь і чавун	0	Увесь діапазон швидкостей	до 5,0	
	$Ra = 2,5 - 0,63$	Сталь	0	$\geq 100$	2,0 – 3,5	
	$Ra = 2,5 - 1,25$	Чавун	0	Увесь діапазон швидкостей	до 4,0	

Поправкові коефіцієнти на табличні подачі залежно від границі міцності оброблюваного матеріалу (для різців с)  $\varphi_1 > 0^\circ$ .

Границя міцності оброблюваного матеріалу $\sigma_{\text{ч}}$ , МПа	до 500	500–700	700–900	до 1000
Поправковий коефіцієнт $K_{\text{мс}}$	0,7	0,75	1,0	1,25

Таблиця А.3 - Значення коефіцієнтів і показників ступенів у формулах для сил різання

Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини	Вид обробки	Середні значення коефіцієнтів і показників ступенів у формулах для складової осьової $P_x$											
			тангенціальної $P_z$						радіальної $P_y$					
			$C_{P_z}$	$x_{P_z}$	$y_{P_z}$	$C_{P_y}$	$x_{P_y}$	$y_{P_y}$	$C_{P_x}$	$x_{P_x}$	$y_{P_x}$	$C_{P_x}$	$x_{P_x}$	$y_{P_x}$
Сталь конструкційна вуглецева й легована, незагартована, гарячекатана, $\sigma_4 = 750$ МПа	Твердий сплав	Зовнішнє гостріння і розточування	214	1,0	0,75	123	0,90	0,75	80	1,0	0,65	—	—	—
		Прорізування і відрізка	264	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Швидкорізальна сталь	Зовнішнє точіння і розточування	225	1,0	0,75	195	0,90	0,75	111	1,0	0,65	—	—	—
		Прорізування і відрізка	264	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Фасонне точіння	222	1,0	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Зовнішнє точіння і розточування	95	1,0	0,75	46	0,90	0,75	19	1,0	0,65	—	—	—
Чавун сірий 190 HB	Твердий сплав	Прорізування і відрізка	134	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Зовнішнє точіння і розточування	98	1,0	0,75	77	0,90	0,75	38	1,0	0,65	—	—	
	Швидкорізальна сталь	Прорізування і відрізка	135	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	
Чавун ковкий 150 HB	Твердий сплав	Зовнішнє точіння і розточування	84	1,0	0,75	34	0,90	0,75	15	1,0	0,65	—	—	
		Прорізування і відрізка	136	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Швидкорізальна сталь	Зовнішнє точіння і розточування	103	1,0	0,75	99	0,90	0,75	45	1,0	0,65	—	—	
		Прорізування і відрізка	136	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	

Таблиця А.4 - Поправкові коефіцієнти для визначення сили різання

$K_{P_z} = K_{M_P} \cdot K_{\varphi_P} \cdot K_{\gamma_P} \cdot K_{v_P} \cdot K_{h_P} \cdot K_{r_P}$							
1. Оброблюваний матеріал $K_{M_P}$		Сталь		Чавун сірий		Чавун ковкий	
		$K_{M_P} = \left( \frac{\sigma_{\text{ч}}}{750} \right)^{0,35}$		$K_{M_P} = \left( \frac{HB}{190} \right)^{0,4}$		$K_{M_P} = \left( \frac{HB}{150} \right)^{0,4}$	
2. Головний кут різця у плані $K_{\varphi_P}$	$\varphi^\circ$	30	45	60	70	90	
	для сталі та чавуну	1,08	1	0,94	0,95	0,9	
3. Передній кут різця $K_{\gamma_P}$	$\gamma^\circ$	+20	(+10) – (+15)	0	-10	-20	
	для сталі та чавуну	0,9	1	1,1	1,2	1,3	
4. Швидкість різання $K_{v_P}$	$v$ , м/хв	50–100	150–250	300–400	500		
	сталь	1–0,89	0,83–0,76	0,73–0,7	0,7		
	чавун	1–0,98	0,9–0,83	0,8	–		
5. Зношення по задній грані різця $K_{h_P}$	$h_3$ , мм	0,8–1,2			1,5–2		
	сталь і чавун	1,05					
6. Радіус при вершині різця $K_{r_P}$	$r$ , мм	0,5	1	1,5	2	3	5
	сталь	0,87	0,93	0,97	1	1,04	1,1
	чавун	0,91	0,95	0,98	1	1,03	1,07

Примітка. У таблиці наведено значення переднього кута за фаскою. Вплив кута фаски ( $\gamma_f$ ) на сили незначний, ним можна знехтувати.

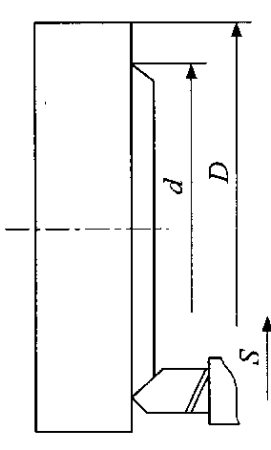
Таблиця А.5 – Значення коефіцієнтів і показників ступенів у формулах для визначення швидкості різання

Оброблюван ий матеріал	Вид обробки	Різальний інструмент			Коефіцієнти та показники ступенів у формулах				Період стійкості $T$ , хв	
		кут у плані		марка твердого сплаву	$C_v$	показники ступенів у формулах				
		$\varphi^\circ$	$\varphi_1^\circ$			$x_v$	$y_v$	$m$		
Сталь конструкторська, $\sigma_{\text{ч}} = 750 \text{ Мпа}$	Зовнішнє подовжнє точіння, розточування	$S \leq 0,3$			273		0,2		60	
		$S \leq 0,75$	45	10	227	0,15	0,35	0,2		
		$S > 0,75$			221		0,45			
	Відрізка	$t \leq S$	45	0	T15K6	292	0,3	0,15	0,18	45
		$t > S$					0,15	0,3		
			–	–	T5K10	47	0	0,8	0,2	60
Чавун сірий, 190 HB	Зовнішнє подовжнє точіння, розточування	$S \leq 0,4$	45	10	BK6	292	0,15	0,2	0,2	60
		$S > 0,4$				293		0,4		
		$t \leq S$	45	0	BK6	324	0,4	0,2	0,28	30
	Відрізка	$t > S$					0,2	0,4		
			–	–	BK6	68,5	0	0,4	0,2	60
			45	10	BK8	162	0,15	0,4	0,2	120
Чавун ковкий, 154 HB	Стругання	площин пазів			38,2	0				
		$t \leq 2$ , $S \leq 0,4$	45	10	BK8	317	0,15	0,2	0,2	60
		$t > 2$				215		0,45		
	Відрізка		–	–	BK8	86	0	0,40	0,20	86

Таблиця А.6 – Поправкові коефіцієнти для визначення швидкості різання

$K_v = K_{m_v} \cdot K_{cm_v} \cdot K_{k_v} \cdot K_{mn_v} \cdot K_{\phi_v} \cdot K_{\phi_{1v}} \cdot K_{r_v} \cdot K_{f_v}$									
1. Оброблюваний матеріал $K_{m_v}$		Сталь			Чавун сірий			Чавун ковкий	
		$K_{m_v} = \frac{750}{\sigma_{\text{ч}}}$			$K_{m_v} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25}$			$K_{m_v} = \left(\frac{150}{HB}\right)^{1,25}$	
2. Стан матеріалу $K_{cm_v}$		Прокат холодно-тягнутий	Прокат гаряче-катаний	Нормалізація	Відпал	Поліпшування			
		1,1	1	0,95	0,9	0,8			
3. Коринка на поверхні заготовки $K_{k_v}$		Без коринки	З коринкою						
			прокат	поковка	ливарна нормальна	ливарна забруднена			
		1	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6			
4. Марка інструментального матеріалу $K_{mn_v}$	сталь	T30K4	T14K8	T15K6	T15K6T	T5K10			
		2,15	1,23	1,54	1,77	1			
	чавун	BK2	BK3	BK6M	BK6	BK8			
		1,2	1,15	1,05	1	0,83			
5. Головний кут різця в плані $K_{\phi_v}$	$\phi^\circ$	10	20	30	45	60	75	90	
	сталь, ковкий чавун	1,55	1,3	1,13	1	0,92	0,86	0,81	
	сірий чавун			1,2	1	0,88	0,88	0,73	
6. Допоміжний кут різця в плані $K_{\phi_{1v}}$	$\phi_1^\circ$	10	15	20	30	45			
		1	0,97	0,94	0,91	0,87			
7. Радіус при вершині різця $K_{r_v}$	$r$ , мм	1	2	3	4				
		0,86	1	1,09	1,21				
8. Форма передньої грані різця $K_{f_v}$		Плоска позитивна			Плоска або радіусна з фаскою			Плоска негативна	
		0,87			1			1,05	

Таблиця А.7 – Швидкість різання при точінні. Сталь конструкційна вуглецева, хроміста, хромонікелева та сталіні виливки. Різці Т5К10

Границя міцності при розтягуванні $\sigma_v$ , МПа						
440 – 490	500 – 550	560 – 620	630 – 700	710 – 790	800 – 890	900 – 1000
Твердість за Бринелем НВ						
126 – 140	141 – 158	159 – 177	178 – 200	201 – 226	227 – 255	256 – 286
Глибина різання $t$ , мм, до:						
2	–	–	–	–	–	–
4	2	–	–	–	–	–
8	4	2	–	–	–	–
20	8	4	2	–	–	–
–	20	8	4	2	–	–
–	–	20	8	4	2	–
–	–	–	20	8	4	2
–	–	–	–	20	8	4
–	–	–	–	–	20	8
–	–	–	–	–	–	20
Характер обробки		Стан оброблюваної поверхні		Відношення $d:D$		Головний кут у плані $\varphi^\circ$
Зовнішнє подовжнє точіння		Без корки		–		45
						60
						90
		З коркою (відливка* або поковка)		–		45
						60
						90
Поперечнє точіння 		Без корки		0 – 0,4		45
						60
						90
				0,5 – 0,7		45
						60
						90
		0,8 – 1,0		45		
				60		
				90		
		З коркою (відливка* або поковка)		0 – 0,4		45
						60
						90
0,5 – 0,7				45		
				60		
				90		
0,8 – 1,0		45				
		60				
		90				

\* При обробці заготовок з погряженою коркою, що містить неметаличні вклучення, та після автогенної різки табличні швидкості різання помножити на коефіцієнт  $K=0,6 - 0,7$ .



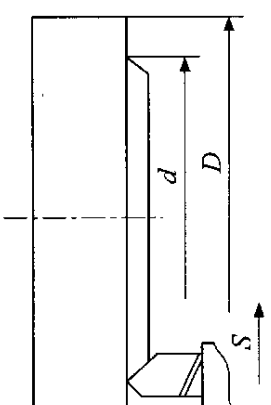
Продовження табл. А.7

Подача $S$ , мм/об, до:															
0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–	–	–	–	–	–	–
–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–	–	–	–	–	–
–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–	–	–	–	–
–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–	–	–	–
–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–	–	–
–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–	–
–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8	–
–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	2,8
–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15
–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65
Швидкість різання $v$ , м/хв															
260	230	205	182	162	144	128	114	101	90	80	71	63	56	50	44
240	215	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	46	41
215	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	46	41	36
220	196	174	154	137	120	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37
200	181	160	143	127	113	100	89	79	70	63	56	49	44	39	35
179	159	141	125	111	99	88	78	70	62	55	49	43	39	34	30
323	287	255	227	201	188	159	141	126	111	99	88	78	70	62	55
299	265	236	209	186	165	147	130	116	103	92	82	73	64	57	51
263	233	207	184	164	145	129	115	102	91	81	72	64	57	50	45
310	280	245	220	194	172	159	136	121	107	96	85	75	67	60	53
285	260	230	200	179	159	144	125	111	99	88	78	70	62	55	49
250	225	199	177	157	140	124	110	98	87	78	69	61	54	48	43
275	245	215	192	170	151	134	119	106	95	84	75	66	59	52	47
250	225	199	177	157	140	124	110	98	87	78	69	61	54	48	43
220	195	174	154	137	120	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37
276	245	218	193	172	153	135	120	107	95	85	75	67	59	53	47
255	227	201	179	159	141	125	111	99	88	78	70	62	55	49	43
224	199	177	157	140	124	110	98	87	78	69	61	54	48	43	38
265	235	210	186	165	147	130	116	103	92	82	72	64	57	51	45
245	220	194	172	153	136	121	107	96	85	75	67	60	53	47	42
215	191	170	151	134	119	106	95	84	75	66	59	52	47	41	37
230	205	182	162	144	128	114	101	90	80	71	63	56	50	44	39
215	190	169	150	133	118	105	94	83	74	66	58	52	46	41	36
188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	46	41	36	32

Примітка. Поправкові коефіцієнти на швидкість різання залежно від періоду стійкості різця

Період стійкості $T$ в хв.	30	45	60	90	120	180
Коефіцієнт $K_T$	1,15	1,06	1,0	0,92	0,87	0,80

Таблиця А.8 – Швидкість різання при точінні. Сталь конструкційна вуглецева, хроміста, хромонікелева та сталіні виливки. Різці Т15К6

Границя міцності при розтягуванні $\sigma_u$ , МПа								
440 – 490	500 – 550	560 – 620	630 – 700	710 – 790	800 – 890	900 – 1000		
Твердість за Бринелем НВ								
126 – 140	141 – 158	159 – 177	178 – 200	201 – 226	227 – 255	256 – 286		
Глибина різання $t$ , мм, до:								
2	–	–	–	–	–	–		
4	2	–	–	–	–	–		
8	4	2	–	–	–	–		
20	8	4	2	–	–	–		
–	20	8	4	2	–	–		
–	–	20	8	4	2	–		
–	–	–	20	8	4	2		
–	–	–	–	20	8	4		
–	–	–	–	–	20	8		
–	–	–	–	–	–	20		
Характер обробки			Стан оброблюваної поверхні		Відношення $d:D$	Головний кут у плані $\varphi^\circ$		
Зовнішнє подовжнє точіння			Без корки		–	45		
						60		
						90		
			З коркою (відливка* або поковка)		–	45		
						60		
						90		
Поперечне точіння 			Без корки		0 – 0,4	45		
						60		
						90		
					0,5 – 0,7		–	45
								60
								90
			0,8 – 1,0		–	45		
						60		
						90		
			З коркою (відливка* або поковка)		0 – 0,4	–	45	
							60	
							90	
0,5 – 0,7		–			45			
					60			
					90			
0,8 – 1,0		–	45					
			60					
			90					

\*Різцями Т15К6 рекомендується обробляти заготовки з коркою тільки за умовами невеликої глибини різання

Продовження табл.А.8

Подача $S$ у мм/об до:															
0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–	–	–	–	–	–	–
–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–	–	–	–	–	–
–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–	–	–	–	–
–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–	–	–	–
–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–	–	–
–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–	–
–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–	–
–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15	–
–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65	2,15
–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,38	0,54	0,75	0,97	1,27	1,65
Швидкість різання $v$ , м/хв															
417	371	330	293	260	231	205	182	162	144	128	114	101	90	80	71
382	339	302	268	238	212	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65
336	299	265	236	209	186	165	146	130	116	103	92	82	72	64	57
336	314	279	248	220	195	174	154	137	122	108	96	86	76	68	60
326	290	258	229	203	181	160	143	127	113	100	89	79	70	63	56
287	255	227	201	179	159	141	125	111	99	88	78	70	62	55	49
518	460	409	364	323	287	255	227	201	188	159	141	126	111	99	88
479	426	378	336	299	265	236	209	186	165	147	130	116	103	92	82
422	375	332	296	263	233	207	184	164	145	129	115	102	91	81	72
499	443	394	350	311	276	245	218	194	172	153	136	121	108	96	86
461	409	364	323	287	255	227	201	179	159	141	125	111	99	88	78
405	360	320	284	253	224	199	177	157	140	124	110	98	87	78	69
439	390	346	308	273	243	216	192	170	151	134	119	106	95	84	75
401	357	317	281	250	222	197	175	156	138	123	109	97	87	77	68
353	314	279	248	220	195	174	154	137	122	108	96	86	76	67	60
438	390	346	307	273	243	216	192	170	151	134	119	106	95	84	75
405	360	320	284	252	224	199	177	157	140	124	110	98	88	78	69
356	317	281	250	222	197	175	165	138	123	109	97	84	77	68	61
426	378	336	299	265	236	209	186	165	147	130	116	103	92	82	72
390	346	308	273	213	216	192	170	151	134	119	106	95	84	75	66
343	305	271	240	214	190	169	150	133	118	105	94	83	74	66	58
371	330	293	260	231	205	182	162	144	128	114	101	90	80	71	63
339	302	268	238	212	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58
268	238	212	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	51	46

Примітка. Поправкові коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов роботи залежно від:

1) періода стійкості різця $T$ , хв	30	45	60	90	120	180	
Коефіцієнт – $K_t$	1,15	1,06	1,0	0,92	0,87	0,80	
2) марки твердого сплаву	Т14К8		Т15К6		Т15К6Т		Т30К4
Коефіцієнт – $K_{мт}$	0,8		1,0		1,15		1,4

Таблиця А.9 – Швидкості різання при точінні. Чавун сірий. Різці ВК6

Твердість за Бринелем НВ						Подача $S$ , мм/об, до:		
150 – 164	165 – 181	182 – 199	200 – 219	220 – 241	242 – 265			
Глибина різання $t$ , мм, до:								
0,8	–	–	–	–	–	0,23	0,42	0,56
1,8	0,8	–	–	–	–	–	0,23	0,42
4	1,8	0,8	–	–	–	–	–	0,23
9	4	1,8	0,8	–	–	–	–	–
20	9	4	1,8	0,8	–	–	–	–
–	20	9	4	1,8	0,8	–	–	–
–	–	20	9	4	1,8	–	–	–
–	–	–	20	9	4	–	–	–
–	–	–	–	20	9	–	–	–
–	–	–	–	–	20	–	–	–
Характер обробки	Стан оброблюваної поверхні	Відношення $d:D$	Голов-ний кут у плані $\varphi^\circ$	Швидкість різання $v$ , м/хв				
				250	222	197		
Зовнішнє подовжнє точіння	Без корки	–	45	250	222	197		
			60	220	195	174		
			90	182	162	144		
	З коркою*	–	45	214	190	169		
			60	186	165	147		
			90	156	138	123		
Поперечнє точіння	Без корки	0 – 0,4	45	314	279	248		
			60	275	245	217		
			90	227	201	179		
		0,5 – 0,7	45	302	268	238		
			60	265	236	209		
			90	220	195	174		
		0,8 – 1,0	45	265	236	209		
			60	231	205	182		
			90	192	170	151		
	З коркою*	0 – 0,4	45	268	238	211		
			60	234	208	184		
			90	191	170	151		
		0,5 – 0,7	45	255	227	201		
			60	224	199	177		
			90	186	165	147		
		0,8 – 1,0	45	224	199	177		
			60	195	174	154		
			90	164	145	129		

\* При обробці заготовок з погряженою коркою, що містить неметалічні включення, та після автогенної різки табличні швидкості різання помножати на коефіцієнт  $K = 0,6 - 0,7$ .

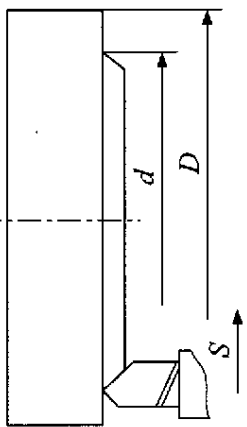
Продовження табл.А.9

Подача $S$ , мм/об, до:													
0,75	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3	–	–	–	–	–	–
0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3	–	–	–	–	–
–	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3	–	–	–	–
–	–	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3	–	–	–
–	–	–	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3	–	–
–	–	–	–	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3	–
–	–	–	–	–	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5	3,3
–	–	–	–	–	–	0,23	0,42	0,56	0,75	1,0	1,34	1,8	2,5
Швидкість різання $v$ , м/хв													
175	156	138	123	109	97	87	77	68	61	54	48	43	38
154	137	122	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37	33
128	114	101	90	80	71	63	56	50	44	39	35	31	28
150	133	118	105	94	83	74	66	58	52	46	41	36	32
130	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40	36	32	28
109	97	87	77	68	61	54	48	43	38	34	30	27	24
220	195	174	154	137	122	108	96	86	76	68	60	53	47
193	171	152	135	120	107	95	84	75	67	59	52	46	41
159	141	126	111	99	88	78	70	62	55	49	43	39	34
212	188	167	148	132	117	104	93	82	73	65	58	54	46
186	165	147	130	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40
154	137	122	108	96	86	76	64	57	53	47	40	35	31
186	165	147	130	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40
152	144	128	114	101	90	80	71	63	56	50	44	39	35
134	119	106	95	84	75	66	59	52	47	41	37	33	29
188	167	148	131	117	104	93	82	73	65	58	51	46	40
164	145	129	115	102	91	81	72	64	57	50	45	40	35
134	119	106	95	81	75	66	59	52	46	41	37	33	29
179	139	141	125	111	99	88	78	70	62	55	49	43	39
157	140	124	110	98	87	78	69	61	54	48	43	38	34
130	116	103	92	82	72	64	57	51	45	40	36	32	28
157	140	124	110	98	87	78	69	61	54	48	43	38	34
137	122	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37	33	30
115	102	91	81	72	64	57	50	45	40	35	31	28	25

Примітка. Поправкові коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов роботи залежно від

1) періода стійкості різця $T$ , хв	30	45	60	90	120	180
Коефіцієнт – $K_T$	1,15	1,06	1	0,92	0,87	0,8
2) марки твердого сплаву	ВК6	ВК8	ВК3	ВК2	ВК1	
Коефіцієнт – $K_{MТ}$	1,0	0,83	1,15	1,2 -1,25	1,4 - 1,5	

Таблиця А.10 – Швидкості різання при точінні. Чавун ковкий \*. Різці ВК8

Твердість за Бринелем НВ						Подача $S$ , мм/об, до:		
108 – 117	118 – 129	130 – 142	143 – 157	158 – 172	173 – 190			
Глибина різання $t$ , мм, до:								
1,5	–	–	–	–	–	0,21	0,27	0,35
3	1,5	–	–	–	–	–	0,21	0,27
7	3	1,5	–	–	–	–	–	0,21
15	7	3	1,5	–	–	–	–	–
–	15	7	3	1,5	–	–	–	–
–	–	15	7	3	1,5	–	–	–
–	–	–	15	7	3	–	–	–
–	–	–	–	15	7	–	–	–
–	–	–	–	–	15	–	–	–
Характер обробки	Стан оброблюваної поверхні	Відношення $d:D$	Головний кут у плані $\varphi^\circ$	Швидкість різання $v$ , м/хв				
				290	257	229		
Зовнішнє подовжнє точіння	Без корки	-	45	290	257	229		
			60	265	236	209		
			90	263	207	184		
	З коркою	-	45	245	218	193		
			60	227	201	179		
			90	199	177	157		
Поперечне точіння 	Без корки	0 – 0,4	45	364	323	287		
			60	33	296	263		
			90	293	260	231		
		0,5 – 0,7	45	350	310	276		
			60	320	284	252		
			90	281	250	222		
		0,8 – 1,0	45	304	270	240		
			60	278	248	220		
			90	245	218	193		
	З коркою	0 – 0,4	45	307	273	242		
			60	281	250	222		
			90	247	220	195		
		0,5 – 0,7	45	296	262	233		
			60	270	240	213		
			90	242	216	191		
		0,8 – 1,0	45	257	229	203		
			60	236	209	186		
			90	207	184	164		

\*При роботі з охолодженням табличні швидкості різання помножати на поправочний коефіцієнт 1,2

Продовження табл. А.10

Подача $S$ , мм/об, до:														
0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—	—	—	—	—	—	—
0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—	—	—	—	—	—
0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—	—	—	—	—
0,21	0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—	—	—	—
—	0,21	0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—	—	—
—	—	0,21	0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—	—
—	—	—	0,21	0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—	—
—	—	—	—	0,21	0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2	—
—	—	—	—	—	0,21	0,27	0,35	0,46	0,60	0,77	1,0	1,3	1,7	2,2
Швидкість різання $v$ , м/хв														
203	180	160	142	127	112	100	89	79	70	62	55	49	44	39
186	165	147	130	116	103	92	81	72	64	57	51	45	40	36
164	145	129	115	102	91	81	72	64	57	50	45	40	35	31
172	153	136	120	107	95	85	75	67	60	53	47	42	37	33
159	141	125	111	99	88	78	70	62	55	49	43	38	34	30
139	124	110	98	87	77	69	61	54	48	43	38	34	30	27
255	227	201	179	159	141	125	111	99	88	78	70	62	55	49
233	207	184	164	145	129	115	102	91	81	72	64	57	50	45
205	182	162	144	128	114	101	90	80	71	63	56	50	44	39
245	218	193	171	152	136	120	107	95	85	75	67	60	53	47
224	199	177	157	139	124	110	98	87	77	69	61	54	48	43
197	175	156	138	123	109	97	86	76	68	61	54	48	42	38
213	190	169	150	133	118	105	94	83	74	66	58	52	46	41
195	174	154	137	122	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37
172	153	136	120	107	95	85	75	67	60	53	47	42	37	33
216	191	170	151	134	119	106	95	84	75	66	59	52	46	41
197	175	156	138	123	109	97	86	76	68	61	54	48	42	38
174	154	137	122	108	96	86	76	68	60	53	47	42	37	33
207	184	164	145	129	115	102	91	81	72	64	57	50	45	40
290	169	150	133	118	105	94	83	74	66	58	52	46	41	37
170	151	134	119	106	95	84	75	66	59	52	46	41	37	33
180	160	142	127	112	100	89	79	70	62	55	49	44	39	35
165	147	130	116	103	92	81	72	64	57	51	45	40	36	32
145	129	115	102	91	81	72	64	57	50	45	40	35	31	28

*Примітка.* Поправкові коефіцієнти на швидкість різання в залежності від періода стійкості різця

Період стійкості $T$ в хв	30	45	60	90	120	180
Коефіцієнт $K_T$	1,15	1,06	1,0	0,92	0,87	0,8

Таблиця А.11 – Потужність, необхідна на різання. Сталь. (Точіння. Розточування.)

Границя міцності при розтягуванні $\sigma_v$ , МПа			Подача $S$ , мм/об, до:																						
580	580 – 970	970																							
Твердість за Бринелем НВ																									
165	165 – 227	227																							
Глибина різання $t$ , мм, до:			Потужність на різання $N$ , кВт																						
2,0	–	–																							
2,4	2,0	–																							
2,8	2,4	2,0																							
3,4	2,8	2,4																							
4,0	3,4	2,8																							
4,8	4,0	3,4																							
5,7	4,8	4,0																							
6,8	5,7	4,8																							
8,0	6,8	5,7																							
9,7	8,0	6,8																							
11,5	9,7	8,0																							
14,0	11,5	9,7																							
16,5	14,0	11,5																							
20	16,5	14,0																							
–	20	16,5																							
–	–	20																							
Швидкість різання $v$ , м/хв													16	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2		
													20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4
													24	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7
			30	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0										
			37	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9										
			46	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1										
			57	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9										
			70	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8										
			86	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0										
			106	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3										
			131	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10										
			162	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12										
			200	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14										
			245	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17										
			300	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20										
			370	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24										
460	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	–													
570	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	–	–													

Примітка. При одночасній роботі кількома різцями потужність, потрібну на різання, підсумовувати.



Продовження табл. А.11

Подача $S$ , мм/об, до:																
2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–
0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–	–
0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–	–
0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–	–
–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–	–
–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–	–
–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–	–
–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	–
–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1
Потужність на різання $N$ , кВт																
1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24
1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29
2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34
2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–
2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–
3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–
4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–
4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–
5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–
7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–
8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–
10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Примітка. Поправкові коефіцієнти на потужність залежно від переднього кута та головного кута в плані:

Кут різця в градусах	Передній кут $\gamma$	+10			–10	
	Кут в плані $\varphi$	45 – 90	20	30	15	90
Поправковий коефіцієнт $K_N$		1,0	1,1 – 1,5		1,2	

Таблиця А.12 – Потужність, необхідна на різання. Чавун. (Точіння. Розточування. Стругання.)

Чавун сірий НВ 160 – 245		Подача $S$ , мм/об або мм/подв.хід, до:													
Глибина різання $t$ , мм, до :															
2,8	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9		
3,4	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1		
4	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5		
4,8	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9		
5,7	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5		
6,8	–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2		
8	–	–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75	0,96		
9,7	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6	0,75		
11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47	0,6		
14,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37	0,47		
16,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,3	0,37		
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,25	0,3		
Чавун сірий		Потужність різання $N$ , кВт													
Швидкість різання $v$ , м/хв	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	
	17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	
	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	
	24	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	
	29	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	
	35	–	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	
	41	–	–	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	
	49	–	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	
	59	–	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	
	70	–	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	
	84	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	
	100	1,2	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	
	120	1,4	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	
	142	1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	
	170	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	
200	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20		
240	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24		
290	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29		

Примітка. При одночасній роботі кількома різцями потужність, потрібну на різання, підсумовувати.

Продовження табл. А.12

Подача $S$ , мм/об або мм/подв.хід, до:													Чавун ковкий НВ 120 – 190	
													Глибина різання $t$ , мм, до :	
5,0	6,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,2	
3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,8	
3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,6	
2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	–	–	–	–	5,4	
1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	–	–	–	6,5	
1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	–	–	7,8	
1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	–	9,3	
0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	–	11	
0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	–	13	
0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–	–	16	
0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3	–		
0,37	0,47	0,6	0,75	0,96	1,2	1,5	1,9	2,5	3,1	3,9	5,0	6,3		
Потужність різання $N$ , кВт													Чавун ковкий	
1,7	2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	14	Швидкість різання $v$ , м/хв
2,0	2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	17	
2,4	2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	20	
2,9	3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	24	
3,4	4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	29	
4,1	4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	35	
4,9	5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	41	
5,8	7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	49	
7,0	8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	59	
8,3	10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	70	
10	12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	84	
12	14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	100	
14	17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	120	
17	20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	142	
20	24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	170	
24	29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	200	
29	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	240	
34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	290	

Примітка. Поправкові коефіцієнти на потужність залежно від головного кута в плані

Кут в плані $\varphi^\circ$	45 – 90	20 – 30
Поправковий коефіцієнт $K_{\varphi}$	1,0	1,1 – 1,15

Таблиця А.13 – Сила подачі. Сталь. (Точіння. Розточування.)

Границя міцності при розтягуванні $\sigma_{\text{ч}}$ , МПа					Подача S, мм/об, до:								
460 – 560	570 – 670	680 – 810	820 – 970	980 – 1110									
Твердість за Бринелем НВ													
135 – 161	162 – 191	192 – 226	227 – 268	269 – 309									
Глибина різання t, мм, до :													
2,0	–	–	–	–	0,26	0,36	0,53	0,75	1,8	4,4	–	–	
2,4	2,0	–	–	–	–	0,26	0,36	0,53	0,75	1,8	4,4	–	
2,8	2,4	2,0	–	–	–	–	0,26	0,36	0,53	0,75	1,8	4,4	
3,4	2,8	2,4	2,0	–	–	–	–	0,26	0,36	0,53	0,75	1,8	
4,0	3,4	2,8	2,4	2,0	–	–	–	–	0,26	0,36	0,53	0,75	
4,8	4,0	3,4	2,8	2,4	–	–	–	–	–	0,26	0,36	0,53	
5,7	4,8	4,0	3,4	2,8	–	–	–	–	–	–	0,26	0,36	
6,8	5,7	4,8	4,0	3,4	–	–	–	–	–	–	–	0,26	
8,0	6,8	5,7	4,8	4,0	–	–	–	–	–	–	–	–	
9,7	8,0	6,8	5,7	4,8	–	–	–	–	–	–	–	–	
11,5	9,7	8,0	6,8	5,7	–	–	–	–	–	–	–	–	
14,0	11,5	9,7	8,0	6,8	–	–	–	–	–	–	–	–	
16,5	14,0	11,5	9,7	8,0	–	–	–	–	–	–	–	–	
20	16,5	14,0	11,5	9,7	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	20	16,5	14,0	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	20	16,5	14,0	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	20	16,5	–	–	–	–	–	–	–	–	
–	–	–	–	20	–	–	–	–	–	–	–	–	
Сила подачі $P_x$ , кН													
Головний кут в плані $\varphi^\circ$	45	Швидкість різання $v$ , м/хв	0,4	0,45	0,54	0,64	0,77	0,92	1,09	1,3	1,56		
			0,65	0,38	0,45	0,54	0,64	0,77	0,92	1,09	1,3		
			1	0,32	0,38	0,45	0,54	0,64	0,77	0,92	1,09		
			1,55	0,27	0,32	0,38	0,45	0,54	0,64	0,77	0,92		
	2,42		0,22	0,27	0,32	0,38	0,45	0,54	0,64	0,77			
	60		0,4	0,5	0,6	0,72	0,86	1,02	1,22	1,45	1,74		
			0,65	0,42	0,5	0,6	0,72	0,86	1,02	1,22	1,45		
			1	0,35	0,42	0,5	0,6	0,72	0,86	1,02	1,22		
			1,55	0,3	0,35	0,42	0,5	0,6	0,72	0,86	1,02		
	2,42		0,25	0,3	0,35	0,42	0,5	0,6	0,72	0,86			
	90		0,4	0,53	0,63	0,75	0,9	1,07	1,28	1,53	1,82		
			0,65	0,44	0,53	0,63	0,75	0,9	1,07	1,28	1,53		
1		0,37	0,44	0,53	0,63	0,75	0,9	1,07	1,28				
1,55		0,31	0,37	0,44	0,53	0,63	0,75	0,9	1,07				
2,42	0,26	0,31	0,37	0,44	0,53	0,63	0,75	0,9					

Примітка. Поправкові коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов роботи залежно від переднього кута різця:

Передній кут різця $\gamma$	+10	0	–10
Коефіцієнт $K_{\gamma P_x}$	1,0	1,4	1,8



Таблиця А.14 – Сила подачі. Чавун (Точіння. Розточування.)

Чавун сірий НВ			Подача $S$ , мм/об, до:									
<170	170 – 212	>212										
Глибина різання $t$ , мм, до :												
2,8	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–
3,4	2,8	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–
4,0	3,4	2,8	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–
4,8	4,0	3,4	–	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4
5,7	4,8	4,0	–	–	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8
6,8	5,7	4,8	–	–	–	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
8,0	6,8	5,7	–	–	–	–	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2
9,7	8,0	6,8	–	–	–	–	–	–	–	0,3	0,48	0,75
11,5	9,7	8,0	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3	0,48
14	11,5	9,7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3
16,5	14	11,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20,0	16,5	14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	20,0	16,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	20,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сила подачі $P_x$ , кН												
Чавун сірий	Головний кут у плані $\varphi^\circ$	45	0,57	0,68	0,82	0,97	1,16	1,38	1,65	1,97	2,35	2,8
		70	0,63	0,75	0,9	1,07	1,28	1,53	1,82	2,15	2,6	3,1
		90	0,66	0,79	0,95	1,12	1,34	1,6	1,91	2,3	2,75	3,25

Примітка. Поправкові коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов роботи залежно від переднього кута різця:

Передній кут різця $\gamma$	+10	0
Коефіцієнт $K_{\gamma P_x}$	1,0	1,4

Продовження табл. А.14

Подача $S$ , мм/об, до:										Чавун ковкий НВ		
										<135	135 – 167	>167
										Глибина різання $t$ , мм, до :		
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3,4	2,8	–
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,0	3,4	2,8
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,8	4,0	3,4
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,7	4,8	4,0
4,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6,8	5,7	4,8
2,8	4,4	–	–	–	–	–	–	–	–	8,0	6,8	5,7
1,8	2,8	4,4	–	–	–	–	–	–	–	9,7	8,0	6,8
1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–	–	–	–	11,5	9,7	8,0
0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–	–	–	14,0	11,5	9,7
0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–	–	16,5	14,0	11,5
0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–	–	16,5	14,0
–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–	–	16,5
–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–	–
–	–	–	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8	2,8	4,4	–	–	–
Сила подачі $P_x$ , кН												
3,35	4	4,8	5,7	6,8	8,2	9,7	11,6	13,8	16,5	45	Головний кут у плані $\varphi^\circ$	Чавун ковкий
3,7	4,4	5,3	6,3	7,5	9	10,7	12,8	15,3	18,2	70		
3,9	4,7	5,5	6,6	7,9	9,5	11,2	13,4	16	19,1	90		

*Примітка.* Поправкові коефіцієнти на швидкість різання для змінених умов роботи залежно від кута нахилу головної різальної кромки:

Кут нахилу $\lambda$	0	+5	+10
Коефіцієнт $K_{\lambda P_x}$	1,0	0,85	0,75

## ДОДАТОК Б

### Вибір вихідних даних до курсової роботи

Таблиця Б.1 - Вибір варіанта завдання

Номер шифру (дві останні цифри номера залікової книжки)					Номер варіанту завдання	Номер шифру (дві останні цифри номера залікової книжки)					Номер варіанту завдання
01	21	41	61	81	01	11	31	51	71	91	11
02	22	42	62	82	02	12	32	52	72	92	12
03	23	43	63	83	03	13	33	53	73	93	13
04	24	44	64	84	04	14	34	54	74	94	14
05	25	45	65	85	05	15	35	55	75	95	15
06	26	46	66	86	06	16	36	56	76	96	16
07	27	47	67	87	07	17	37	57	77	97	17
08	28	48	68	88	08	18	38	58	78	98	18
09	29	49	69	89	09	19	39	59	79	99	19
10	30	50	70	90	10	20	40	60	80	00	20

Таблиця Б.2 - Вибір вихідних даних. Матеріал заготовки, тип закріплення деталі, вид обробки

№ ва ріан- ту	Оброблюваний матеріал	Заготовка	Закріплення деталі	Вид обробки, параметр шор- сткості повер- хні, мкм
01	Сталь Ст5, $\sigma_{\text{ч}} = 600$ МПа	Кування	У центрах	Обточування чорнове; $Rz = 80$
02	Сірий чавун, 160 НВ	Виливок з ко- ринкою	У центрах	Обточування чорнове; $Rz = 80$
03	Сталь 20, $\sigma_{\text{ч}} = 500$ МПа	Прокат, попе- редньо оброб- лений	У центрах	Обточування напівчистове; $Rz = 20$



Продовження табл. Б.2

№ ва-ріан-ту	Оброблюваний матеріал	Заготовка	Закріплення деталі	Вид обробки, параметр шорсткості поверхні, мкм
04	Сірий чавун, 160 HB	Виливок без коринки	У патроні з підтисканням центром задньої бабки	Обточування напівчистове; $Rz = 20$
05	Сталь 45, $\sigma_{\text{ч}} = 680$ МПа	Кування, попередньо оброблена	У центрах	Обточування напівчистове; $Rz = 32$
06	Сірий чавун, 170 HB	Виливок без коринки	У центрах	Обточування напівчистове; $Rz = 32$
07	Сталь 20ХМ, $\sigma_{\text{ч}} = 750$ МПа	Прокат, попередньо оброблений	У патроні з підтисканням центром задньої бабки	Обточування напівчистове; $Rz = 40$
08	Сірий чавун, 175 HB	Виливок з коринкою	У патроні	Обточування чорнове; $Rz = 63$
09	Сталь 20ХН, $\sigma_{\text{ч}} = 750$ МПа	Штампована	У центрах	Обточування чорнове; $Rz = 80$
10	Сірий чавун, 180 HB	Виливок без коринки	У центрах	Обточування напівчистове; $Rz = 20$
11	Сталь 38ХА, $\sigma_{\text{ч}} = 680$ МПа	Штампована, попередньо оброблена	У патроні	Обточування напівчистове; $Rz = 32$
12	Сірий чавун, 190 HB	Виливок з коринкою	У патроні з підтисканням центром задньої бабки	Обточування чорнове; $Rz = 63$
13	Сталь 40Х, $\sigma_{\text{ч}} = 700$ МПа	Кування	У патроні	Обточування чорнове; $Rz = 63$

Продовження табл. Б.2

№ ва-ріан-ту	Оброблюваний матеріал	Заготовка	Закріплення деталі	Вид обробки, параметр шорсткості поверхні, мкм
14	Сірий чавун, 200 НВ	Виливок з коринкою	У центрах	Обточування чорнове; $Rz = 80$
15	Сталь 40ХН, $\sigma_{\text{ч}} = 900$ МПа	Прокат	У патроні	Обточування чорнове; $Rz = 80$
16	Сірий чавун, 200 НВ	Виливок без коринки	У патроні	Обточування напівчистове; $Rz = 32$
17	Сталь 40ХНМА, $\sigma_{\text{ч}} = 850$ МПа	Прокат	У патроні з підтисканням центром задньої бабки	Обточування чорнове; $Rz = 63$
18	Сірий чавун 215 НВ	Виливок без коринки	У патроні з підтисканням центром задньої бабки	Обточування напівчистове; $Rz = 40$
19	Сталь 45ХН, $\sigma_{\text{ч}} = 750$ МПа	Штампована, попередньо оброблена	У патроні з підтисканням центром задньої бабки	Обточування напівчистове; $Rz = 20$
20	Сірий чавун, 220 НВ	Виливок з коринкою	У патроні	Обточування чорнове; $Rz = 80$

Таблиця Б.3 – Вибір вихідних даних. Розміри заготовки, глибина різання, матеріал та перетин різця, модель верстата

№ ва-ріан-ту	Розміри заготовки		Глибина різання, мм	Матеріал різця	Перетин різця, мм <sup>2</sup>	Верстат, модель
	діаметр, мм	довжина, мм				
01	61	390	4	T14K8	20x20	1K62
02	61	390	4	BK8	20x20	1K62
03	66	340	1	T15K6	16x25	1B62M
04	203	450	0,75	BK3	16x25	1A62
05	74	290	1,25	T15K6	25x32	1M63

Продовження табл. Б.3

№ ва-ріан-ту	Розміри заготовки		Глибина різання, мм	Матеріал різця	Перетин різця, мм <sup>2</sup>	Верстат, модель
	діаметр, мм	довжина, мм				
06	74	290	1,25	ВК6	25x32	1М63
07	185	400	1,5	Т15К6	16x25	1К62
08	139	95	3	ВК8	25x25	16К20
09	81	400	3,5	Т14К8	20x25	16К20
10	66	340	1	ВК6	16x25	1В62М
11	120	60	0,75	Т30К4	20x25	1М61
12	290	590	2,5	ВК8	25x25	1М63
13	139	95	3	Т5К10	25x25	16К20
14	81	400	3,5	ВК8	20x25	16К20
15	157	75	3	Т5К10	16x16	1М61
16	120	60	0,75	ВК6	20x25	1М61
17	290	590	2,5	Т5К10	25x25	1М63
18	185	400	1,5	ВК3	16x25	1К62
19	203	450	0,75	Т30К4	16x25	1А62
20	157	75	3	ВК8	16x16	1М61

Таблиця Б.4 – Паспортні дані на токарні верстати. Частота обертання шпинделя  $n$ , об/хв (у чисельнику), і найбільший припустимий момент на шпинделі  $M_{кр}$ , кН·мм (у знаменнику)

Но-мер сту-пеню	1А62	1В62М	1К62	1М61	1М63	16К20
1	11,5/1200	10/1100	12,5/1300	12,5/640	10/3000	12,5/1300
2	14,5/1200	12,5/1100	16/1300	16/640	12,5/3000	16/1300
3	19/1200	16/1100	20/1300	20/640	16/3000	20/1300
4	24/1200	20/1100	25/1300	25/640	20/3000	25/1300

Продовження табл. Б.4

Но- мер сту- пеню	1А62	1В62М	1К62	1М61	1М63	16К20
5	30/1200	25/1100	31,5/1300	28/640	25/3000	31,5/1300
6	37,5/1200	31,5/1100	40/1300	35,5/640	31,5/3000	40/1300
7	46/1200	40/1100	50/1300	45/640	40/2350	50/1300
8	58/980	50/1100	63/1240	56/500	60/1870	63/1090
9	76/750	63/994	86/975	63/420	63/1480	80/855
10	96/590	80/787	100/780	80/330	80/1190	100/670
11	120/475	100/625	125/620	100/300	100/941	125/530
12	350/380	125/501	160/490	125/240	125/749	160/405
13	184/310	160/385	200/390	160/210	100/592	200/380
14	230/245	200/312	250/310	200/156	200/472	250/300
15	305/188	250/250	315/260	250/130	250/374	315/240
16	380/148	315/195	400/202	315/100	315/298	400/180
17	480/120	400/152	500/154	355/85	400/248	500/146
18	600/89	500/125	630/119	450/65	500/197	630/114
19	370/170	400/145	630/125	560/45	630/156	800/90
20	460/134	500/123	800/93	710/30	800/124	1000/70
21	610/94	630/95	1000/70	800/28	1000/98,4	1250/55,5
22	770/70	800/78	1250/545	1000/22	1250/78,3	1600/41,8
23	960/53	1000/55	1600/42	1250/16		
24	1200/40	1250/47	2000/30	1600/12		

Таблиця Б.5 – Паспортні дані на токарні верстати. Силкові характеристики

Модель верстата	1А62	1В62М	1К62	1М61	1М63	16К20
Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм	400	400	400	320	630	400
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	7	7,5	6,3	4	14	10
КПД верстата, $\eta$	0,75	0,786	0,75	0,75	0,75	0,75
Найбільше зусилля, що допускає механізм поздовжньої подачі, кН	3,6	7,5	3,6	3,4	20	6

Таблиця Б.6 – Паспортні дані на токарні верстати. Значення поздовжніх подач

Модель верстата	Поздовжня подача супорта, мм/об
1А62	0,082; 0,088; 0,10; 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; 1,00; 1,11; 1,21; 1,28; 1,46; 1,59
1В62М	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8
1К62	0,07; 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; 1,40; 1,56; 1,74; 1,90; 2,08; 2,28; 2,42; 2,80; 3,12; 3,48; 3,8; 4,16
1М61	0,08; 0,09; 0,11; 0,12; 0,13; 0,15; 0,17; 0,2; 0,23; 0,26; 0,29; 0,33; 0,39; 0,46; 0,52; 0,58; 0,66; 0,78; 0,92; 1,05; 1,2; 1,32; 1,56; 1,9
1М63	0,10; 0,11; 0,13; 0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,20; 0,21; 0,23; 0,26; 0,27; 0,30; 0,31; 0,35; 0,36; 0,40; 0,43; 0,47; 0,53; 0,60; 0,63; 0,67; 0,73; 0,80; 0,87; 0,94; 1,00; 1,07; 1,20; 1,34; 1,47; 1,74; 1,88; 2,14; 2,4; 2,54; 2,68; 2,94; 3,20
16К20	0,05; 0,06; 0,075; 0,09; 0,1; 0,125; 0,15; 0,175; 0,2; 0,25; 0,3; 0,36; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8

## ДОДАТОК В

### Приклад розрахунку найвигіднішого режиму різання

Варіант завдання обирається студентом за номером залікової книжки (табл. Б.1). Вихідні дані студент обирає за табл. Б.2., Б.3.

Завдання: виконати розрахунок найвигіднішого режиму різання аналітичними, табличним методами та на ЕОМ; побудувати номограми.

Оброблювана деталь – вал зі сталі 45 ( $\sigma_{\text{ч}} = 560 - 570$  МПа), сталь нормалізована;

розміри вала:  $L = 400$  мм;  $D = 80$  мм;

необхідна шорсткість обробленої поверхні -  $R_z = 32$  мкм;

обробка виконується в центрах, без охолодження;

припуск на обробку – 1,5 мм.

Різець – правий прохідний з пластинкою із твердого сплаву ТІ5К6 ( $B \times H = 16 \times 25$ );

геометрія різця:

форма передньої поверхні – плоска з фаскою;

$\gamma = 15^\circ$ ;  $\gamma_f = -5^\circ$ ;  $f = 0,3$  мм;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\lambda = -2^\circ$ ;  $r = 1$ ;  $\varphi = 60^\circ$ ;

товщина твердосплавної пластинки – 4 мм.

Верстат – токарно-гвинторізний 1К62. Паспортні дані верстата 1К62 (табл. Б.4 – Б.6):

висота центрів – 200 мм; відстань між центрами – 1400 мм;

висота від опорної поверхні різця до лінії центрів – 25 мм;

потужність електродвигуна –  $N_{\text{вер}} = 6,3$  кВт; к.п.д.  $\eta_{\text{вер}} = 0,75$ ;

поздовжні й поперечні подачі: 0,07; 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; 0,42; 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; 4,16 м/хв;

найбільше зусилля, що допускається механізмом поздовжньої подачі – 3,6 кН, механізмом поперечної подачі – 5,5 кН;

число обертів шпинделя у хвилину, найбільший припустимий крутний момент на шпинделі обираємо за табл. Б.4.

## ***В.1 Повний аналітичний розрахунок режимів різання***

### *В.1.1 Глибина різання*

Тому що припуск невеликий, зрізуємо його за один прохід. Приймаємо  $t=1,5$  мм.

### *В.1.2 Подача*

В.1.2.1. Подача, що допускається міцністю державки різця,  $S_{м.р}$ , мм/об.

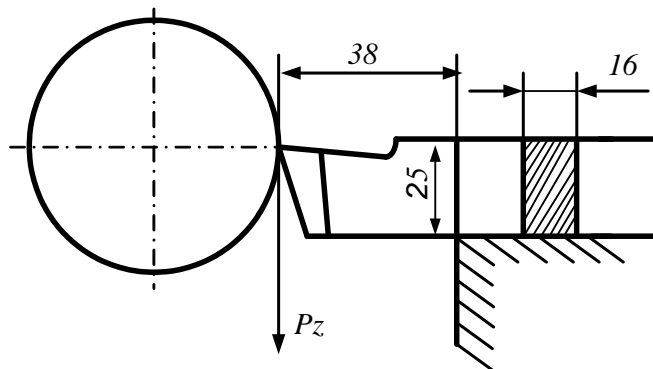


Рисунок В.1 – Схема кріплення різця в державці

З умови міцності державки різця, що згинається силою  $P_z$  (з моментом  $M_{\text{виг}} \leq \sigma_{\text{виг}} W$ , Н·мм), визначаємо подачу:

$$S_{м.р} = y_{P_z} \sqrt{\frac{B \cdot H^2 \cdot \sigma_{\text{виг}}}{60 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot l}}$$

де  $B = 16$  мм;  $H = 25$  мм;  $\sigma_{\text{виг}} = 200$  Мпа (для незагартованої державки);  
 $t = 1,5$  мм;  $l = 1,5 H = 25 \cdot 1,5 = 37,5 \approx 38$  мм.

З табл.А.3 обираємо значення коефіцієнта  $C_{P_z}$  і показників ступенів

$x_{P_z}$  й  $y_{P_z}$ ,  $C_{P_z} = 214$ ;  $x_{P_z} = 1$ ;  $y_{P_z} = 0,75$ .

З табл. А.4 визначаємо поправкові коефіцієнти:

$$K_{P_z} = K_{M_P} \cdot K_{\varphi_P} \cdot K_{\gamma_P} \cdot K_{v_P} \cdot K_{h_P} \cdot K_{r_P},$$

де  $K_{M_P} = 0,9$ ;  $K_{\varphi_P} = 0,94$ ;  $K_{\gamma_P} = 1$ ;

$K_{v_p} = 0,83$  (припускаємо, що робота буде в зоні швидкостей приблизно 100–200 м/хв, через те, що глибина невелика й пластину виготовлено зі зносостійкого матеріалу Т15К6);

$K_{h_p} = 1$  (через те, що відносно припустимого зношування нічого не сказано);

$$K_{r_p} = 0,93;$$

$$K_{P_z} = 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,93 = 0,65 .$$

Таким чином:

$$S_{\text{м.р}} = 0,75 \sqrt{\frac{16 \cdot 25^2 \cdot 200}{60 \cdot 214 \cdot 1,5^1 \cdot 0,65 \cdot 38}} = \left( \frac{16 \cdot 625 \cdot 200}{60 \cdot 214 \cdot 1,5 \cdot 0,65 \cdot 0,38} \right)^{\frac{1}{0,75}} =$$

$$= 4,2^{1,33} = 6,8 \text{ мм/об.}$$

В.1.2.2. Подача, що допускається твердістю різця,  $S_{\text{т.р}}$ , мм/об.

З умови гранично припустимого прогину  $f_p$ , що викликається силою  $P_z$ , визначаємо подачу  $S_{\text{т.р}}$ :

$$S_{\text{т.р}} = y_{P_z} \sqrt{\frac{f_p \cdot E \cdot B \cdot H^3}{40 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} K_{P_z} \cdot l^3}} .$$

де  $f_p = 0,1$  мм для грубої обробки,  $f_p = 0,05$  мм для чистової обробки.

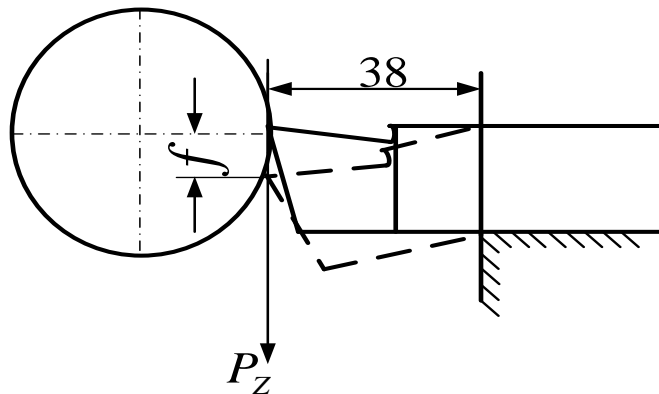


Рисунок В.2 – Вигин різця дією сили  $P_z$

Приймаємо  $f = 0,07$  мм,  $E = 20 \cdot 10^4$  МПа (для сталі);

$B = 16$  мм;  $H = 25$  мм;  $C_{P_z} = 214$ ;  $K_{P_z} = 0,65$ .



Таким чином:

$$S_{т.п} = 0,75 \sqrt{\frac{0,07 \cdot 200000 \cdot 16 \cdot 25^3}{40 \cdot 214 \cdot 1,5^1 \cdot 0,65 \cdot 38^3}} = \left( \frac{0,07 \cdot 200000 \cdot 16 \cdot 25^3}{40 \cdot 214 \cdot 1,5 \cdot 0,65 \cdot 38^3} \right)^{\frac{1}{0,75}} =$$

$$= 7,6^{1,33} = 14,8 \text{ мм/об.}$$

В.1.2.3. Подача, що допускається міцністю твердосплавної пластинки,  $S_{т.п}$ , мм/об.

Пластинка витримує максимальне навантаження  $P_z$ , Н, що може бути визначено по такій емпіричній формулі:

$$P_z = 340 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8};$$

або

$$C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} = 340 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8}.$$

Із цих умов визначаємо подачу:

$$S_{т.п} = \sqrt[0,75]{\frac{34 \cdot C^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8}}{C_{P_z} t^{x_{P_z} - 0,77} \cdot K_{P_z}}},$$

де  $C$  – товщина пластинки, приймаємо  $C = 4$  мм;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $t = 1,5$  мм;  $C_{P_z} = 214$ ;  $K_{P_z} = 0,65$ ;  $x_{P_z} = 1$ ;  $y_{P_z} = 0,75$ .

Таким чином:

$$S_{т.п} = 0,75 \sqrt{\frac{34 \cdot 4^{1,35} \cdot 1}{214 \cdot 1,5^{0,23} \cdot 0,65}} = \left( \frac{34 \cdot 6,4 \cdot 1}{214 \cdot 1,1 \cdot 0,65} \right)^{\frac{1}{0,75}} =$$

$$= 1,42^{1,33} = 1,61 \text{ мм/об.}$$

В.1.2.4. Подача, що допускається міцністю механізму подач верстата,  $S_{м.п}$ , мм/об.

Механізм подач повинен переборювати силу  $Q$ , що складається із осьової сили  $P_x$  та сили тертя супорта об напрямні:

$$Q = P_x + f(P_z + P_y).$$

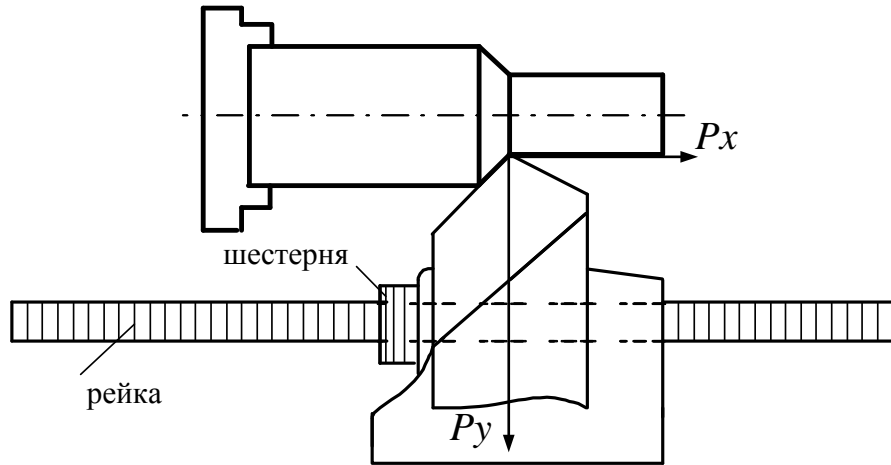


Рисунок В.3 – Дія сил різання на механізм подач верстата

Сила  $P_{\text{м.п}}$ , що допускається міцністю механізму подач, повинна бути більше  $Q$ :

$$P_{\text{м.п}} \geq Q.$$

Із цих умов знаходимо подачу:

$$P_{\text{м.п}} \geq K \cdot P_z,$$

$$10 \cdot K \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z} = P_{\text{м.п}},$$

$$S_{\text{м.п}} = y_{P_z} \sqrt[10]{\frac{P_{\text{м.п}}}{K \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z}}},$$

де  $P_{\text{м.п}} = 3600$  Н (з паспорту верстата)  $K = 0,4$ ;  $C_{P_z} = 214$ ;  $t = 1,5$  мм;  
 $K_{P_z} = 0,65$ ;  $x_{P_z} = 1$ ;  $y_{P_z} = 0,75$ .

Таким чином:

$$S_{\text{м.п}} = 0,75 \sqrt[10]{\frac{3600}{10 \cdot 0,4 \cdot 214 \cdot 1,5^1 \cdot 0,65}} = \left( \frac{360}{0,4 \cdot 214 \cdot 1,5 \cdot 0,65} \right)^{\frac{1}{0,75}} =$$

$$= 4,32^{1,33} = 7,0 \text{ мм/об.}$$

В.1.2.5. Подача, що допускається стабільністю (жорсткістю) деталі,  $S_{с.д}$ , мм/об.

Під дією сил різання заготовка згинається, в результаті чого знижується точність форми. При закріпленні у центрах деталь виходить бочкообразною.

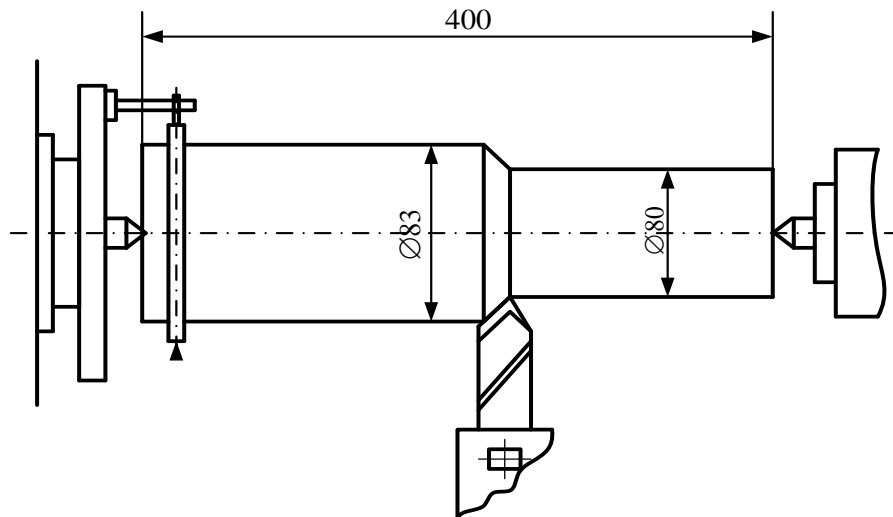


Рисунок В.4 – Схема розміщення деталі в центрах

Залежно від величини прогину, що викликається силою  $R_1$  ( $R_1 = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}$ ), знаходимо подачу:

$$S_{с.д} = y_{P_z} \sqrt{\frac{f_d \cdot \mu \cdot E \cdot I}{11 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot L^3}},$$

де  $L$  – довжина деталі,  $L=400$  мм;  $E = 20 \cdot 10^4$  МПа (для сталі);

$$I = 0,05D^4 = 0,05 \cdot 80^4 = 2050000 \text{ мм}^4;$$

$\mu = 100$  (для деталі, що встановлена в центрах);

$$f_d = 0,1 \text{ мм}; C_{P_z} = 214; K_{P_z} = 0,65; x_{P_z} = 1; y_{P_z} = 0,75.$$

Таким чином:

$$S_{с.д} = 0,75 \sqrt{\frac{0,1 \cdot 100 \cdot 200000 \cdot 2050000}{11 \cdot 214 \cdot 1,5 \cdot 0,65 \cdot 64000000}} = \left( \frac{0,1 \cdot 100 \cdot 200000 \cdot 2050000}{214 \cdot 11 \cdot 0,65 \cdot 64000000} \right)^{0,75} = 28^{1,33} = 82 \text{ мм/об.}$$

В.1.2.6. Подача, що допускається шорсткістю обробленої поверхні,  $S_{ш.п}$ , мм/об.

Обираємо подачу залежно від необхідної шорсткості поверхні в табл.А.2. Для необхідної шорсткості поверхні  $Rz = 32$  мкм:  $S_{табл} = 0,7$  мм/об.

З огляду на поправкові коефіцієнти на оброблюваний матеріал –  $K_{M_S} = 0,75$  і на радіус при вершині  $K_{r_s} = \left(\frac{r}{1,5}\right)^{0,7} = \left(\frac{1}{1,5}\right)^{0,7} = 0,75$ :

$$S_{ш.п} = S_{табл} \cdot K_{M_S} \cdot K_{r_s}.$$

Таким чином:

$$S_{ш.п} = 0,7 \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,394 \text{ мм/об.}$$

В.1.2.7. Подача, що допускається потужністю (або крутним моментом) верстата,  $S_{м.в}$ , мм/об.

Потужність, затрачувана на різання  $N_{різ} = \frac{P_z \cdot v}{60}$ , кВт, ( $P_z$  – в Н,  $v$  – в м/хв), повинна дорівнювати або бути меншою потужності на шпинделі верстата:

$$N_{різ} \leq N_{вер} \cdot \eta_{вер},$$

або 
$$\frac{P_z \cdot D}{2} \leq M_{кр}.$$

Із цих умов визначаємо максимально можливу подачу на кожному ступені чисел обертів верстата:

$$S_{м.в} = y_{P_z} \sqrt[4]{\frac{2 \cdot M_{кр}}{10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z} \cdot D}},$$

де  $M_{кр}$  – за паспортом верстата для кожного ступеня чисел обертів, Н·мм;

$$C_{P_z} = 214; t = 1,5 \text{ мм}; K_{P_z} = 0,65; x_{P_z} = 1; y_{P_z} = 0,75.$$

$$S_{м.в.1-7} = \left(\frac{2 \cdot 1300000}{10 \cdot 214 \cdot 1,5 \cdot 0,65 \cdot 80}\right)^{\frac{1}{0,75}} = \left(\frac{2 \cdot 1300000}{167000}\right)^{1,33} = 15,6^{1,33} = 39 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.B_8} = \left( \frac{2 \cdot 1240000}{167000} \right)^{1,33} = 14,9^{1,33} = 36,4 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_9} = \left( \frac{2 \cdot 975000}{167000} \right)^{1,33} = 11,7^{1,33} = 26,3 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{10}} = \left( \frac{2 \cdot 780000}{167000} \right)^{1,33} = 9,35^{1,33} = 19,5 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{11}} = \left( \frac{2 \cdot 620000}{167000} \right)^{1,33} = 7,4^{1,33} = 14,4 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{12}} = \left( \frac{980000}{167000} \right)^{1,33} = 5,86^{1,33} = 10,5 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{13}} = \left( \frac{780000}{167000} \right)^{1,33} = 4,7^{1,33} = 7,81 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{14}} = \left( \frac{620000}{167000} \right)^{1,33} = 3,74^{1,33} = 5,71 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{15}} = \left( \frac{520000}{167000} \right)^{1,33} = 3,12^{1,33} = 4,54 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{16}} = \left( \frac{404000}{167000} \right)^{1,33} = 2,42^{1,33} = 3,24 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{17}} = \left( \frac{308000}{167000} \right)^{1,33} = 1,85^{1,33} = 2,26 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{18}} = \left( \frac{240000}{167000} \right)^{1,33} = 1,44^{1,33} = 1,63 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{19}} = 1,44^{1,33} = 16,3 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{20}} = \left( \frac{186000}{167000} \right)^{1,33} = 1,12^{1,33} = 1,17 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{21}} = \left( \frac{140000}{167000} \right)^{1,33} = 0,84^{1,33} = 0,79 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c_{22}} = \left( \frac{110000}{167000} \right)^{1,33} = 0,66^{1,33} = 0,56 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c23} = \left( \frac{84000}{167000} \right)^{1,33} = 0,505^{1,33} = 0,44 \text{ мм/об};$$

$$S_{M.c24} = \left( \frac{60000}{167000} \right)^{1,33} = 0,36^{1,33} = 0,25 \text{ мм/об}.$$

В.1.2.8. Подача, що допускається стійкістю різця,  $S_{c.p}$ , мм/об.

Значення коефіцієнта  $C_v$  показників ступеня  $x_v$  й  $y_v$ , а також величину найвигіднішої стійкості  $T$  обираємо з табл.А.5:  $C_v = 227$ ;  $x_v = 0,15$ ;  $y_v = 0,35$ ;  $T = 60$  хв,  $m = 0,2$ . Ці значення прийняті тому, що (відповідно до попередніх розрахунків) подача для нашого випадку повинна бути в межах 0,3 - 0,75 мм/об.

Поправкові коефіцієнти (табл. А.6):

$$K_v = K_{M_v} \cdot K_{CM_v} \cdot K_{K_v} \cdot K_{MP_v} \cdot K_{\phi_v} \cdot K_{\phi_{1v}} \cdot K_{r_v} \cdot K_{f_v},$$

де  $K_{M_v} = \frac{750}{\sigma_{\text{ч}}} = \frac{750}{565} = 1,33$  (для  $\sigma_{\text{ч}} = 560 - 570$  МПа);  $K_{CM_v} = 0,95$ ;

$$K_{K_v} = 1; K_{MP_v} = 1,54; K_{\phi_v} = 0,92; K_{r_v} = 0,86; K_{\phi_{1v}} = 1; K_{f_v} = 1.$$

$$K_v = 1,33 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1,54 \cdot 0,92 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1 = 1,54.$$

$$S_{c.p} = y_v \sqrt{\frac{1000 \cdot C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot \pi \cdot D \cdot n}}.$$

Таким чином:

$$S_{c.p} = 0,35 \sqrt{\frac{1000 \cdot 227 \cdot 1,54}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 3,14 \cdot 80 \cdot n}} = \left( \frac{1540 \cdot 227}{2,26 \cdot 1,06 \cdot 3,14 \cdot 80} \cdot \frac{1}{n} \right)^{2,86} = \left( \frac{580}{n} \right)^{2,86}.$$

Розраховуємо подачі для кожного ступеня чисел обертів:

$$S_{c.p1} = \left( \frac{580}{12,5} \right)^{2,86} = 46,5^{2,86} = 57600 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p2} = \left( \frac{580}{16} \right)^{2,86} = 36,3^{2,86} = 27800 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p3} = \left( \frac{580}{20} \right)^{2,86} = 29^{2,86} = 15200 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_4} = \left(\frac{580}{25}\right)^{2,86} = 23,2^{2,86} = 8150 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_5} = \left(\frac{580}{31,5}\right)^{2,86} = 18,5^{2,86} = 4120 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_6} = \left(\frac{580}{40}\right)^{2,86} = 14,5^{2,86} = 20854 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_7} = \left(\frac{580}{50}\right)^{2,86} = 11,6^{2,86} = 10504 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_8} = \left(\frac{580}{63}\right)^{2,86} = 9,2^{2,86} = 572 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_9} = \left(\frac{580}{80}\right)^{2,86} = 7,25^{2,86} = 288 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{10}} = \left(\frac{580}{100}\right)^{2,86} = 5,8^{2,86} = 15,34 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{11}} = \left(\frac{580}{125}\right)^{2,86} = 4,65^{2,86} = 81,2 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{12}} = \left(\frac{580}{160}\right)^{2,86} = 3,64^{2,86} = 40,05 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{13}} = \left(\frac{580}{200}\right)^{2,86} = 2,9^{2,86} = 20,36 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{14}} = \left(\frac{580}{250}\right)^{2,86} = 2,32^{2,86} = 10,2 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{15}} = \left(\frac{580}{315}\right)^{2,86} = 1,84^{2,86} = 5,75 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p_{16}} = \left(\frac{580}{400}\right)^{2,86} = 1,45^{2,86} = 2,05 \text{ мм/об};$$

Таблиця В.1 – Максимально припустимі подачі. Призначення найвигіднішого режиму різання

№ ступеня	Число обертів $n$ , об/хв	Крутний момент на шпинделі верстата, $M_{кр}$ , кН мм	Подача, яку допускає				
			міцність державки різця $S_{м.р}$ , мм/об	твердість різця $S_{т.р}$ , мм/об	міцність пластинки $S_{т.п}$ , мм/об	стабільність (твердість) деталі $S_{с.д}$ , м	міцність механізму подачі $S_{м.п}$ , мм/об
1	12,5	1300					
2	16	1300					
3	20	1300					
4	25	1300					
5	31,5	1300					
6	40	1300					
7	50	1300					
8	63	1240					
9	80	975					
10	100	780					
11	125	620					
12	160	490					
13	200	390					
14	250	310					
15	315	260					
16	400	202					
17	500	154					
18	630	120					
19	630	120					
<b>20</b>	<b>800</b>	<b>93</b>	<b>6,8</b>	<b>14,8</b>	<b>1,61</b>	<b>7,0</b>	<b>82</b>
21	1000	70					
22	1250	55					
23	1600	42					
24	2000	30					



Продовження табл. В.1

Подача, яку допускає			Техноло- гічна роз- рахункова подача $S_{\text{техн}}$ , мм/об	Фактична подача, наявна на верстаті $S_{\text{т.ф}}$ , мм/об	$n \cdot S_{\text{т.ф}}$	Примітка
шорст- кість поверхні $S_{\text{ш.п}}$ , мм/об	потуж- ність (момен- том) вер- стата $S_{\text{м.с}}$ , мм/об	стійкість різця $S_{\text{с.р}}$ , мм/об				
	39,06	57600	0,394	0,39	4,87	
	39,06	28800	0,394	0,39	6,25	
	39,06	13200	0,394	0,39	7,8	
	39,06	8150	0,394	0,39	9,75	
	39,06	4180	0,394	0,39	12,03	
	39,06	2040	0,394	0,39	15,6	
	39,06	1122	0,394	0,39	19,5	
	36,4	562	0,394	0,39	24,6	
	26,3	288	0,394	0,39	31,2	
	19,5	153	0,394	0,39	39	
	14,1	81,2	0,394	0,39	48,7	
	10,50	40,75	0,394	0,39	62,5	
	7,85	20,9	0,394	0,39	78	
	5,71	11,0	0,394	0,39	97,5	
	4,54	5,8	0,394	0,39	120,3	
	3,24	2,88	0,394	0,39	156	
	2,26	1,52	0,394	0,39	195	
	1,63	0,79	0,394	0,39	246	
	1,63	0,79	0,394	0,39	246	
<b>0,394</b>	<b>1,165</b>	<b>0,4</b>	<b>0,394</b>	<b>0,39</b>	<b>312</b>	<b>Найвигі- дніший режим</b>
	0,79	0,21	0,21	0,21	210	
	0,56	0,11	0,11	0,11	138	
	0,44	0,05	0,05			
	0,26	0,023	0,023			

$$S_{c.p17} = \left(\frac{580}{500}\right)^{2,86} = 1,16^{2,86} = 1,58 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p18-19} = \left(\frac{580}{630}\right)^{2,86} = 0,92^{2,86} = 0,79 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p20} = \left(\frac{580}{800}\right)^{2,86} = 0,725^{2,86} = 0,44 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p21} = \left(\frac{580}{1000}\right)^{2,86} = 0,58^{2,86} = 0,21 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p22} = \left(\frac{580}{1250}\right)^{2,86} = 0,465^{2,86} = 0,11 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p23} = \left(\frac{580}{1600}\right)^{2,86} = 0,362^{2,86} = 0,055 \text{ мм/об};$$

$$S_{c.p24} = \left(\frac{580}{2000}\right)^{2,86} = 0,29^{2,86} = 0,029 \text{ мм/об}.$$

Результати розрахунків зводимо до табл. В.1.

Як технологічну подачу (тобто максимально припустиму з умов обробки) на кожному ступені чисел обертів обираємо найменшу з розрахункових і коректуємо її за паспортом верстата. Аналіз таблиці показує, що найвигіднішим ступенем є 20-й ( $n = 800$  об/хв). На цьому ступені виходить найбільша продуктивність.

За числом обертів розраховуємо швидкість різання:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 800}{1000} = 201 \text{ м/хв}.$$

Найвигідніший режим різання:

$$t = 1,5 \text{ мм};$$

$$S = 0,39 \text{ мм/об};$$

$$n = 800 \text{ об/хв};$$

$$v = 201 \text{ м/хв}.$$

## ***В.2 Табличний розрахунок режимів різання***

### *В.2.1. Глибина різання*

Глибину різання вибираємо так само, як при розрахунку повним методом.

Приймаємо  $t = 1,5$  мм.

### *В.2.2. Подача*

Подачу вибираємо залежно від заданої шорсткості поверхні (табл. А.8). Для шорсткості обробки  $Rz = 32$  мкм рекомендується подача  $0,6 - 0,7$  мм/об. Приймаємо  $S = 0,7$  мм/об.

Враховуючи поправкові коефіцієнти на оброблюваний матеріал ( $K_{mc}=0,75$ ) і на радіус при вершині  $K_{rs} = \left(\frac{r}{1,5}\right)^{0,7} = \left(\frac{1}{1,5}\right)^{0,7} = 0,75$ , отримуємо:  $S = 0,7 \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,394$  мм/об.

Коректуючи за паспортними даними верстата, приймаємо:  $S = 0,39$  мм/об.

### *В.2.3. Швидкість різання*

Швидкість різання обираємо за табл. А.8 залежно від глибини подачі, від міцності оброблюваного матеріалу.

Прийнятих нами значень глибини й подачі в карті немає, тому користуємося найближчими наявними, тобто вибираємо швидкість різання для  $t = 1,4$  мм і  $S = 0,38$  мм/об.

У графі «Зовнішнє поздовжнє точіння, без корки, для сталі з границею міцності  $\sigma_{\text{ч}} = 560 - 620$  МПа, для різця з кутом у плані  $\varphi = 60^\circ$  знаходимо значення швидкості різання:  $v = 268$  м/хв.

Величину обраної за таблицею швидкості різання уточнюємо, користуючись поправковими коефіцієнтами.

При цьому необхідно враховувати, що деякі поправкові коефіцієнти будуть відрізнятися від тих, які були обрані при розрахунку повним методом, тому що вихідні дані таблиці й розрахункова формула можуть не збігатися. У цьому випадку це стосується коефіцієнтів  $K_M$ ,  $K_\varphi$ ,  $K_{МП}$ , які дорівнюють одиниці, тому що заданий оброблюваний матеріал, кут у плані різця й матеріал твердосплавної пластини точно відповідають наведеному у карті.

Інші поправкові коефіцієнти беремо такими ж, як при розрахунку повним методом:  $K_M = 1$ ;  $K_{CM} = 0,95$ ;  $K_K = 1$ ;  $K_{МП} = 1$ ;  $K_\varphi = 1$ ;  $K_{\varphi_1} = 1$ ;  $K_r = 0,86$ ;  $K_f = 1$ ;  $K_h = 1$ .

Крім того, необхідно ввести поправкові коефіцієнти на глибину різання й на подачу, тому що в таблиці не було точних їхніх значень.

$$K_t = \left( \frac{t_{\text{табл}}}{t} \right)^{x_v} \quad \text{та} \quad K_S = \left( \frac{S_{\text{табл}}}{S} \right)^{y_v},$$

$$K_t = \frac{1,4^{0,15}}{1,5} = 0,93^{0,15} = 0,99;$$

$$K_S = \frac{0,38^{0,35}}{0,39} = 0,96^{0,35} = 0,99.$$

Маючи ці дані, знаходимо загальний поправковий коефіцієнт  $K_v$ :

$$K_v = K_M \cdot K_{CM} \cdot K_K \cdot K_{МП} \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi_1} \cdot K_r \cdot K_f \cdot K_h \cdot K_t \cdot K_S,$$

$$K_v = 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,8.$$

Визначаємо швидкість різання:

$$v = v_{\text{табл}} \cdot K_v,$$

$$v = 268 \cdot 0,8 = 214,4 \text{ м/хв.}$$

За швидкістю різання розраховуємо число обертів:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 214,4}{\pi \cdot 80} = 855 \text{ об/хв.}$$

Коректуючи за верстатом, отримаємо  $n = 800$  об/хв.

Перераховуємо значення швидкості різання:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 800}{1000} = 201 \text{ м/хв.}$$

#### *В.2.4. Потужність і сила різання*

Обраний режим різання ( $t = 1,5$  мм,  $S = 0,39$  мм/об,  $n = 800$  об/хв,  $v = 201$  м/хв) перевіряємо за потужністю верстата.

Для цього скористаємося табл. А.11. Тому що в таблиці немає точних значень, прийнятих нами  $t$  і  $S$ , скористаємося найближчими більшими.

При  $t = 2$  мм,  $S = 0,47$  мм/об,  $v = 200$  м/хв потужність різання становить 3,4 кВт, що менше потужності верстата на шпинделі  $N_{\text{шп}} = N_{\text{ст}} \cdot \eta_{\text{ст}} = 6,3 \cdot 0,75 = 4,725$  кВт.

Більш точно перевірку можна зробити, розрахувавши потужність різання за формулою:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 1020},$$

де  $P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{x_{pz}} \cdot S^{y_{pz}} \cdot K_p = 10 \cdot 214 \cdot 1,5 \cdot 0,39^{0,75} \cdot 0,65 = 1020$  Н,

$$v = 201 \text{ м/хв.}$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{1020 \cdot 201}{60 \cdot 1020} = 3,36 \text{ кВт, тобто } 3,36 < 4,725.$$

Отже, потужність верстата достатня.

Остаточно приймаємо такий режим різання:

$$t = 1,5 \text{ мм,}$$

$$S = 0,39 \text{ мм/об,}$$

$$n = 800 \text{ об/хв,}$$

$$v = 201 \text{ м/хв.}$$

### В.3 Розрахунок найвигіднішого режиму різання на ЕОМ

Запускаємо програму через ярлик «cut\_mode.lnk».

Вводимо необхідні дані. Натискаємо «Расчет».

Текстове поле у правій частині екранної форми призначено для виводу довідки, результатів розрахунку і даних найвигіднішого режиму різання (рис. В.5).

**Расчет режимов резания при точении**

**Деталь**  
Диаметр d, мм: 80.000    Длина L, мм: 400.000  
Прогиб, мм: 0.100    Коэф.  $\mu$ : 100.000

**Оборудование**  
Модель токарного станка: 1A62    Пасп. данные

**Режим резания**  
Глубина резания t, мм: 1.500    Подача s, мм/об: 0.394

**Инструмент**  
Период стойкости T, мин: 60.00    Показатель степени, m: 0.20  
Державка В x Н: 16 x 25    Толщина пластинки: 4.0  
Вылет инструмента, мм: 38.0    Допустимый прогиб, мм: 0.07  
Угол в плане: 60.0     $E = 20 \cdot 10^4$  МПа     $\sigma_{изг.} = 200$  МПа

**Коэффициенты для расчета силы и скорости резания**  
Cpz: 214.0    Kpz: 0.65    Xpz: 1.00    Ypz: 0.75  
Cv: 227.0    Kv: 1.54    Xv: 0.15    Yv: 0.35

Scp\_1 = 56923.77 мм/об.; Scp\_2 = 28117.68 мм/об.; Scp\_3 = 14862.56 мм/об.; Scp\_4 = 7856.117 мм/об.; Scp\_5 = 4059.148 мм/об.; Scp\_6 = 2051.200 мм/об.; Scp\_7 = 1084.232 мм/об.; Scp\_8 = 560.208 мм/об.; Scp\_9 = 230.242 мм/об.; Scp\_10 = 149.636 мм/об.; Scp\_11 = 79.095 мм/об.; Scp\_12 = 39.069 мм/об.; Scp\_13 = 20.651 мм/об.; Scp\_14 = 10.916 мм/об.; Scp\_15 = 5.640 мм/об.; Scp\_16 = 2.850 мм/об.; Scp\_17 = 1.507 мм/об.; Scp\_18 = 0.778 мм/об.; Scp\_19 = 0.778 мм/об.; Scp\_20 = 0.393 мм/об.; Scp\_21 = 0.208 мм/об.; Scp\_22 = 0.110 мм/об.; Scp\_23 = 0.054 мм/об.; Scp\_24 = 0.029 мм/об.;  
\*\*\*\*\*  
Наивыгоднейший режим резания:  
t = 1.500 мм;  
S = 0.390 мм/об.;  
n = 800.0 об/мин;  
v = 201.1 м/мин.

Расчет    Помощь  
Печать ...    Сохранить ...

Рисунок В.5 – Вікно програми для розрахунку найвигіднішого режиму різання

Результат розрахунку можна скопіювати у буфер обміну для подальшого використання, або натиснувши «Сохранить...», зберегти у файл «Report.txt», розташований у «C:\C\_app\cutting\data».

Натискаємо «Печать...» для друку результатів.

## Розрахунок найвигіднішого режиму різання

### Вихідні дані

Модель верстата:	1K62
Діаметр деталі, мм:	80,000
Довжина деталі, мм:	400,000
Допустима величина прогину деталі, мм:	0,100
Коефіцієнт $M_u$ , який визначається шляхом закріплення:	100,0
Подача, мм/об:	0,394
Глибина різання, мм:	1,500
Період стійкості, хв:	60,00
Показник ступеня при стійкості:	0
Розміри державки (ширина x висота), мм:	16,0 x 25,0
Товщина пластинки, мм:	4,0
Довжина вільоту інструменту, мм:	38,0
Допустима величина прогину інструменту :	0,07
Головний кут в плані, $\Phi_i$	60,0

### Коефіцієнти для розрахунку сили і швидкості різання

$C_{pz}$ :	214,0
$K_{pz}$ :	0,65
$x_z$ :	1,00
$y_{pz}$ :	0,75
$C_v$ :	227,0
$K_v$ :	1,54
$x_v$ :	0,15
$y_v$ :	0,35

### Результати розрахунків

Найвигідніший режим різання:

$$t = 1,500 \text{ мм};$$

$$S = 0,390 \text{ мм/об};$$

$$n = 800,0 \text{ об/хв};$$

$$v = 201,1 \text{ м/хв}.$$

## В.4 Побудова номограм

### В.4.1. Побудова першого квадранта номограми

У першому квадранті (у логарифмічних координатах) будуємо номограму для залежності

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot S^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z}.$$

З таблиць довідників обираємо значення коефіцієнтів і показників ступенів (так само, як і при розрахунку по повному методі).

$$C_{P_z} = 214; K_{P_z} = 0,65; x_{P_z} = 1; y_{P_z} = 0,75.$$

Задаючись різними значеннями глибини (при  $S = 1$  мм/об), будемо мати різні значення сили:

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{x_{P_z}} \cdot K_{P_z}, P_z = 1390 \cdot t.$$

$t_1 = 0,5$	мм	$S_1 = 1$	мм/об	$P_{z_1} = 0,695$	кН
$t_2 = 1$	мм	$S_2 = 1$	мм/об	$P_{z_2} = 1,390$	кН
$t_3 = 1,5$	мм	$S_3 = 1$	мм/об	$P_{z_3} = 2,085$	кН
$t_4 = 2$	мм	$S_4 = 1$	мм/об	$P_{z_4} = 2,780$	кН
$t_5 = 3$	мм	$S_5 = 1$	мм/об	$P_{z_5} = 4,170$	кН
$t_6 = 4$	мм	$S_6 = 1$	мм/об	$P_{z_6} = 5,560$	кН
$t_7 = 5$	мм	$S_7 = 1$	мм/об	$P_{z_7} = 6,950$	кН
$t_8 = 6$	мм	$S_8 = 1$	мм/об	$P_{z_8} = 8,340$	кН
$t_9 = 7$	мм	$S_9 = 1$	мм/об	$P_{z_9} = 9,730$	кН
$t_{10} = 8$	мм	$S_{10} = 1$	мм/об	$P_{z_{10}} = 11,120$	кН

На осі ординат відкладаємо значення сили  $P_z$ , на осі абсцис – значення подачі  $S$ .

$P_{z_{\max}}$  беремо з умов міцності верстата:



$$P_{z \max} = \frac{P_{\text{м.п}}}{0,4},$$

де  $P_{\text{м.п}}$  - сила, що допускає міцністю механізму верстата ( $P_{\text{м.п}} = 3600$  Н за паспортом верстата 1К62).

$P_{z \min}$  розраховуємо, вважаючи, що найменша глибина різання буде приблизно 0,5 мм, а найменша подача (за верстатом) – 0,07 мм/об:

$$P_{z \min} = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t_{\min}^{x_{P_z}} \cdot S_{\min}^{y_{P_z}} \cdot K_{P_z}.$$

Таким чином,

$$P_{z \max} = \frac{3600}{0,4} = 9000 \text{ Н} = 9 \text{ кН},$$

$$P_{z \min} = 10 \cdot 214 \cdot 0,5 \cdot 0,07^{0,75} \cdot 0,65 = 10 \cdot 214 \cdot 0,5 \cdot 0,136 \cdot 0,65 = 95 \text{ Н} = 0,095 \text{ кН}.$$

Приймаємо діапазон сил для першого квадранта – 0,1 ÷ 10 кН.

Діапазон подач беремо за верстатом – 0,07-4,16 мм/об.

На лінії ординат (при  $S = 1$  мм/об) відкладаємо значення отриманих сил і через відповідні крапки проводимо прямі лінії під кутом  $\alpha$  ( $\text{tg}\alpha = y_{P_z}$ ).

#### *В.4.2. Побудова другого квадранта номограми*

У другому квадранті (у логарифмічних координатах) будуємо номограму для залежності:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v.$$

Коефіцієнти й показники ступеня вибираємо за довідниками так само, як і при повному розрахунку:

$$C_v = 227; x_v = 0,15; y_v = 0,35; K_v = 1,54; T = 60 \text{ хв}; m = 0,2.$$

Задаючись різними значеннями глибини (при  $S = 0,5$  мм/об), отримуємо різні значення швидкості:

$$v = \frac{196,5}{t^{0,15}}.$$

$t_1 = 0,5$	мм	$S_1 = 0,5$	мм/об	$v_1 = 218,2$	м/хв
$t_2 = 1$	мм	$S_2 = 0,5$	мм/об	$v_2 = 196,5$	м/хв
$t_3 = 1,5$	мм	$S_3 = 0,5$	мм/об	$v_3 = 184,5$	м/хв
$t_4 = 2$	мм	$S_4 = 0,5$	мм/об	$v_4 = 177,5$	м/хв
$t_5 = 3$	мм	$S_5 = 0,5$	мм/об	$v_5 = 166,5$	м/хв
$t_6 = 4$	мм	$S_6 = 0,5$	мм/об	$v_6 = 160$	м/хв
$t_7 = 5$	мм	$S_7 = 0,5$	мм/об	$v_7 = 154,5$	м/хв
$t_8 = 6$	мм	$S_8 = 0,5$	мм/об	$v_8 = 150$	м/хв
$t_9 = 7$	мм	$S_9 = 0,5$	мм/об	$v_9 = 146,5$	м/хв
$t_{10} = 8$	мм	$S_{10} = 0,5$	мм/об	$v_{10} = 144$	м/хв

На лінії ординат (при  $S = 0,5$  мм/об) відкладаємо значення отриманих швидкостей і через відповідні крапки проводимо прямі лінії, нахилені до осі абсцис під кутом  $\alpha$  ( $\operatorname{tg}\alpha = y_v = 0,35$ ).

Квадрант будуємо з діапазоном швидкостей (табл. А.8):  $v_{\min} = 49$  м/хв,  $v_{\max} = 417$  м/хв.

#### *В.4.3. Побудова третього квадранта номограми*

У третьому квадранті будуємо номограму для залежності  $v = \frac{\pi D n}{1000}$  м/хв.

Підставляючи у формулу різні значення чисел обертів (при  $D = 100$  мм), одержуємо відповідні значення швидкостей:

$n_1 = 12,5$	об/хв	$D_1 = 100$	мм	$v_1 = 3,93$	м/хв
$n_2 = 16$	об/хв	$D_2 = 100$	мм	$v_2 = 5,03$	м/хв
$n_3 = 20$	об/хв	$D_3 = 100$	мм	$v_3 = 6,28$	м/хв
$n_4 = 25$	об/хв	$D_4 = 100$	мм	$v_4 = 7,86$	м/хв
$n_5 = 31,5$	об/хв	$D_5 = 100$	мм	$v_5 = 9,9$	м/хв
$n_6 = 40$	об/хв	$D_6 = 100$	мм	$v_6 = 12,58$	м/хв
$n_7 = 50$	об/хв	$D_7 = 100$	мм	$v_7 = 15,7$	м/хв

$n_8 = 63$	об/хв	$D_8 = 100$	мм	$v_8 = 19,8$	м/хв
$n_9 = 80$	об/хв	$D_9 = 100$	мм	$v_9 = 25,1$	м/хв
$n_{10} = 100$	об/хв	$D_{10} = 100$	мм	$v_{10} = 31,4$	м/хв
$n_{11} = 125$	об/хв	$D_{11} = 100$	мм	$v_{11} = 39,3$	м/хв
$n_{12} = 160$	об/хв	$D_{12} = 100$	мм	$v_{12} = 50,3$	м/хв
$n_{13} = 200$	об/хв	$D_{13} = 100$	мм	$v_{13} = 62,8$	м/хв
$n_{14} = 250$	об/хв	$D_{14} = 100$	мм	$v_{14} = 78,6$	м/хв
$n_{15} = 315$	об/хв	$D_{15} = 100$	мм	$v_{15} = 99,0$	м/хв
$n_{16} = 400$	об/хв	$D_{16} = 100$	мм	$v_{16} = 125,8$	м/хв
$n_{17} = 500$	об/хв	$D_{17} = 100$	мм	$v_{17} = 157,0$	м/хв
$n_{18-19} = 630$	об/хв	$D_{18-19} = 100$	мм	$v_{18-19} = 198,0$	м/хв
$n_{20} = 800$	об/хв	$D_{20} = 100$	мм	$v_{20} = 251,0$	м/хв
$n_{21} = 1000$	об/хв	$D_{21} = 100$	мм	$v_{21} = 314,0$	м/хв
$n_{22} = 1250$	об/хв	$D_{22} = 100$	мм	$v_{22} = 393,0$	м/хв
$n_{23} = 1600$	об/хв	$D_{23} = 100$	мм	$v_{23} = 503,0$	м/хв
$n_{24} = 2000$	об/хв	$D_{24} = 100$	мм	$v_{24} = 628,0$	м/хв

На лінії ординат (при  $D=100$  мм) відкладаємо знайдені значення швидкостей і через відповідні крапки проводимо прямі лінії, нахилені до осі абсцис під кутом  $45^\circ$ .

При побудові цього квадранта діапазон швидкостей і масштаб беремо такий же, як і для другого квадранта.

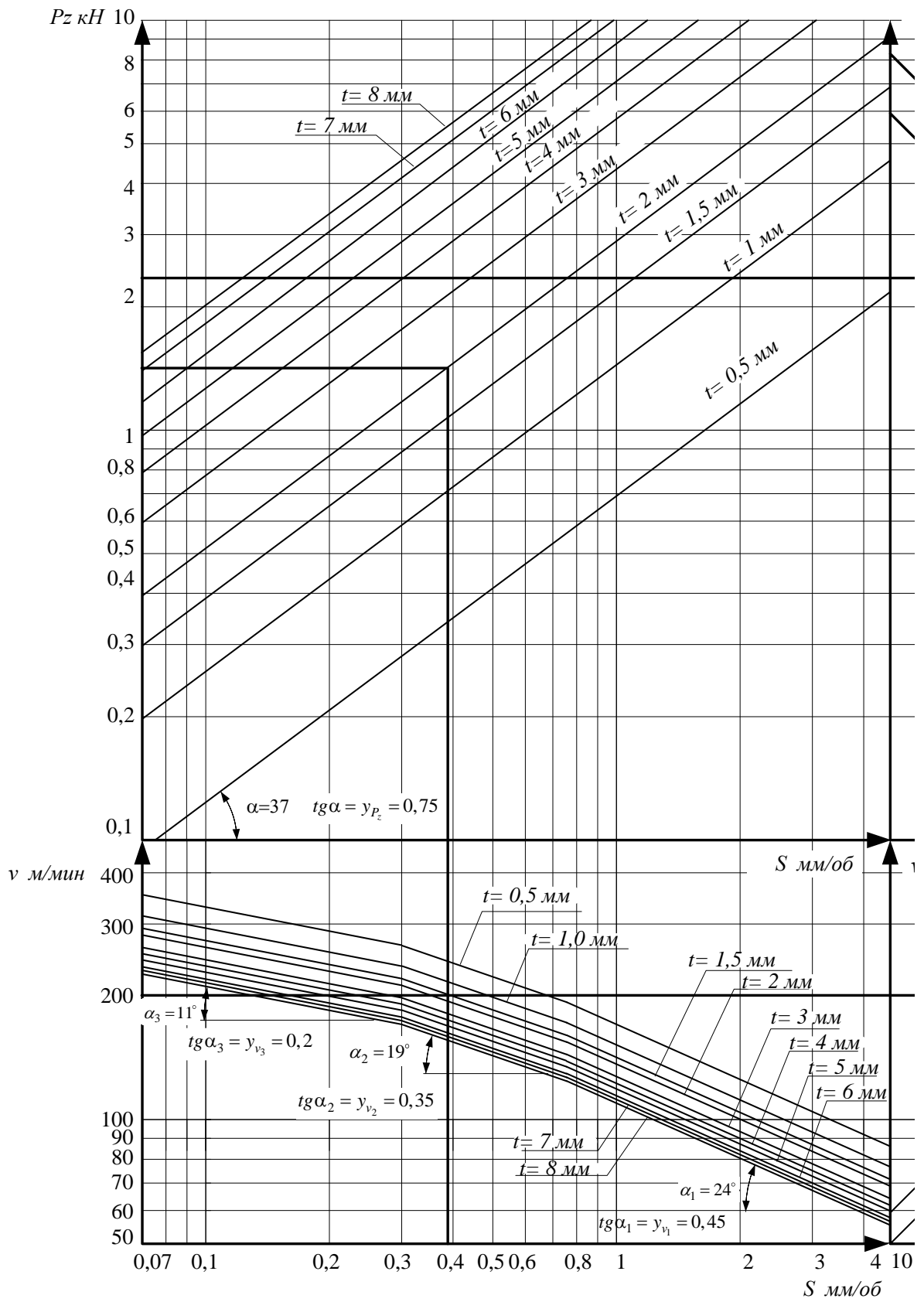
Діапазон діаметрів приймаємо:

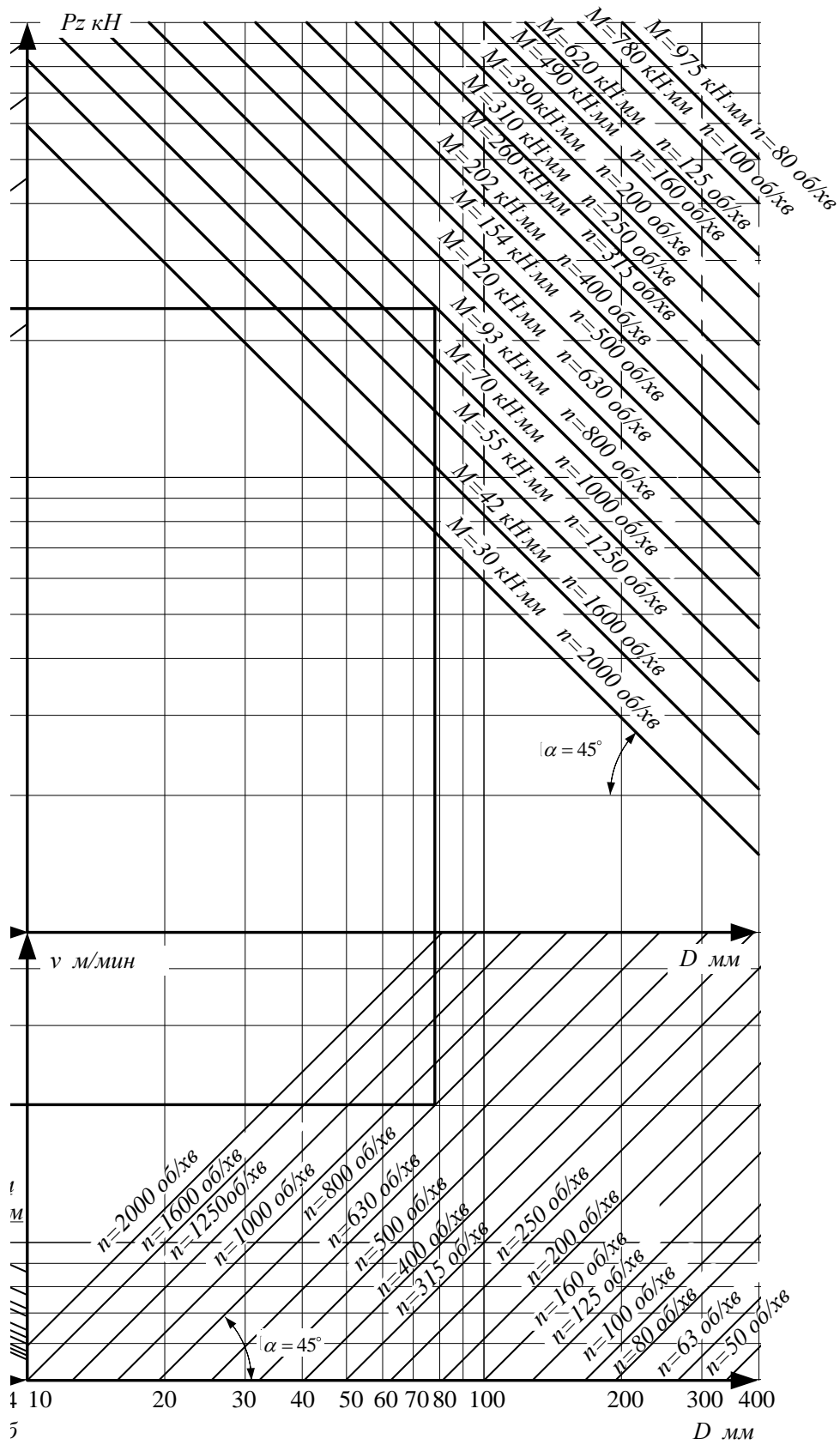
$$D_{\min} = 10 \text{ мм}, D_{\max} = 400 \text{ мм (за верстатом)}.$$

#### *В.4.4. Побудова четвертого квадранта номограми*

У четвертому квадранті будуємо номограму для залежності

$$P_z = \frac{2M_{\text{кр}}}{D} \text{ кН}.$$





Підставляючи у формулу різні значення  $M_{кр}$  (при  $D = 100$  мм), одержимо відповідні значення  $P_z$ :

$M_{кр1-7} = 1300$ кН·мм	$D_{1-7} = 100$ мм	$P_{z_{1-7}} = 26$ кН
$M_{кр8} = 1240$ кН·мм	$D_8 = 100$ мм	$P_{z_8} = 24,8$ кН
$M_{кр9} = 975$ кН·мм	$D_9 = 100$ мм	$P_{z_9} = 19,5$ кН
$M_{кр10} = 780$ кН·мм	$D_{10} = 100$ мм	$P_{z_{10}} = 15,6$ кН
$M_{кр11} = 620$ кН·мм	$D_{11} = 100$ мм	$P_{z_{11}} = 12,4$ кН
$M_{кр12} = 490$ кН·мм	$D_{12} = 100$ мм	$P_{z_{12}} = 9,8$ кН
$M_{кр13} = 390$ кН·мм	$D_{13} = 100$ мм	$P_{z_{13}} = 7,8$ кН
$M_{кр14} = 310$ кН·мм	$D_{14} = 100$ мм	$P_{z_{14}} = 6,2$ кН
$M_{кр15} = 260$ кН·мм	$D_{15} = 100$ мм	$P_{z_{15}} = 5,2$ кН
$M_{кр16} = 202$ кН·мм	$D_{16} = 100$ мм	$P_{z_{16}} = 4,04$ кН
$M_{кр17} = 154$ кН·мм	$D_{17} = 100$ мм	$P_{z_{17}} = 3,08$ кН
$M_{кр18} = 120$ кН·мм	$D_{18} = 100$ мм	$P_{z_{18}} = 2,4$ кН
$M_{кр19} = 120$ кН·мм	$D_{19} = 100$ мм	$P_{z_{19}} = 2,4$ кН
$M_{кр20} = 93$ кН·мм	$D_{20} = 100$ мм	$P_{z_{20}} = 1,86$ кН
$M_{кр21} = 70$ кН·мм	$D_{21} = 100$ мм	$P_{z_{21}} = 1,4$ кН
$M_{кр22} = 55$ кН·мм	$D_{22} = 100$ мм	$P_{z_{22}} = 1,1$ кН
$M_{кр23} = 42$ кН·мм	$D_{23} = 100$ мм	$P_{z_{23}} = 0,84$ кН
$M_{кр24} = 30$ кН·мм	$D_{24} = 100$ мм	$P_{z_{24}} = 0,6$ кН

На лінії ординат (при  $D = 100$  мм) відкладаємо знайдені значення сил  $P_z$  і через відповідні крапки проводимо прямі лінії, нахилені до осі абсцис під кутом  $45^\circ$ .

При побудові цього квадранта діапазон сил різання ( $P_{z_{\min}} - P_{z_{\max}}$ ) беремо таким же, як для першого, а діапазон діаметрів ( $D_{\min} - D_{\max}$ ) як для третього квадранта.

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Повний метод розрахунку найвигіднішого режиму різання .....	5
1.1 Глибина різання .....	5
1.2 Подача.....	5
2 Табличний метод .....	17
2.1. Глибина різання .....	17
2.2. Подача.....	17
2.3. Швидкість різання .....	17
2.4. Потужність і сила різання.....	18
3 Розрахунок найвигіднішого режиму різання на ЕОМ.....	19
4 Побудова номограм.....	21
4.1. Побудова першого квадранта номограми.....	21
4.2. Побудова другого квадранта номограми .....	22
4.3. Побудова третього квадранта номограми.....	23
4.4. Побудова четвертого квадранта номограми.....	24
5 Особливості призначення режимів різання при роботі на верстатах з ЧПУ .....	27
Список джерел інформації .....	32
Додатки.....	33
Додаток А Табличні дані для розрахунку режиму різання.....	34
Додаток Б Вибір вихідних даних до курсової роботи .....	56
Додаток В Приклад розрахунку найвигіднішого режиму різання.....	62

Навчальне видання

ГРАБЧЕНКО Анатолій Іванович,  
УЗУНЯН Матвій Данилович,  
ЗУБКОВА Ніна Вікторівна,  
ЛАВРИНЕНКО Сергій Миколайович,  
ГАРАЩЕНКО Ярослав Миколайович

РОЗРАХУНОК НАЙВИГІДНІШИХ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ  
ПРИ ТОЧІННІ

Навчальний посібник

Відповідальний за випуск А.І.Грабченко

Роботу до видання рекомендував О.М.Шелковой

В авторській редакції

План 2014, поз. 142

Підп. до друку р. Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – ризографія. Гарнітура Times New Roman / Ум. друк. арк. . Наклад 100 примірників. Зам № 11/78. Ціна договірна.

---

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3657 від 24.12.2009 р.

---

Друкарня НТУ «ХП»

61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21