

Л.І. Ковальова, к.т.н., доц.
Національний технічний університет України "КПІ"
В.Г. Панчук, к.т.н., доц.
Івано-Франківський інститут нафти і газу
Ю.Й. Бесарабець, асист.
Національний технічний університет України "КПІ"

**ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ СВЕРДЛА
 З ПЕРЕРИВЧАСТИМИ РІЗАЛЬНИМИ КРОМКАМИ**

Наведені результати експериментальних досліджень свердел з додатковими різальними кромками. За результатами досліджень наведено аналіз впливу конструктивних елементів та геометричних параметрів на силові характеристики свердління дослідними свердлами. За результатами аналізу визначені оптимальні значення конструктивних елементів та геометричних параметрів свердел з додатковими різальними кромками.

З метою підвищення працездатності свердел була запропонована конструкція спірального свердла з переривчастими різальними кромками (рис. 1), у якого на периферії створюються додаткові різальні кромки.

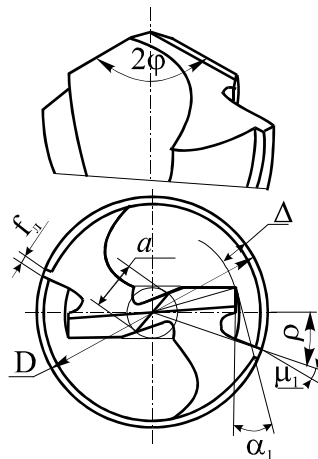


Рис. 1. Свердло з переривчастими різальними кромками

Для визначення працездатності свердел з додатковими різальними кромками за основний оцінюючий параметр була прийнята стійкість. Але цілим рядом дослідників було показано, що за значеннями осьової сили і крутильного моменту можна визначити стан свердла у процесі свердління. Так В.Ф. Бобров [1] показав, що, коли спостерігається різке збільшення крутильного моменту, то це свідчить про переважний знос периферійної зони свердла. Різке збільшення осьової сили, в свою чергу, свідчить про переважний знос центральної зони свердла. Таким чином, зусилля різання деякою мірою характеризує стан свердла у процесі свердління, і за їх зміною та значеннями можна прогнозувати стійкість свердел при розробці їх нових конструкцій.

Для визначення основних конструктивних параметрів було проведено моделювання силових характеристик процесу свердління такими свердлами з використанням одного з методів евристичної самоорганізації – методу групового урахування аргументів [2, 3]. За досліджувані конструктивні параметри були обрані: різниця радіусів між додатковою та основною різальними кромками (Δ , мм); кут, що визначає положення додаткової різальної кромки (ρ , °); кут нахилу цієї кромки (μ_1 , °); співвідношення, що визначає розміри гвинтової стружкової канавки додаткової різальної кромки $K_H = \Delta/H$, де H – глибина стружкової канавки додаткової різальної кромки, мм; несиметричність різальних кромок щодо осьової площини (δ_a , мм); ширина стрічки (f_l , мм); довжина поперечної різальної кромки (a , мм); швидкість різання (V , м/хв); подача (S , мм/об). Границі зміни змінних наведені в табл. 1.

Для одержання інформаційної матриці було проведено 99 експериментів. Пошук моделей, що описують залежність силових характеристик процесу свердління (P_{oc} і $M_{кр}$) від досліджуваних змінних проводився в просторі \bar{X} , $ln \bar{X}$ і $\bar{X} ln \bar{X}$. Вихідні параметри P_{oc} і $M_{кр}$ у матрицю вихідних даних введені в просторі $ln \bar{X}$.

Вимірювання зусиль різання проводилися універсальним динамометром УДМ-1200 конструкції ВНДІ "Інструмент" за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), зв'язаного з комп'ютером. Результати кожного дослідження записувалися в пам'яті комп'ютера в окремий файл у вигляді графіків. Тарування P_{oc} і $M_{кр}$ проводилося за методикою ВНДІ "Інструмент" за допомогою зразкового динамометра ДОСМ-3-1 (осьова си-

ла) і ДОСМ-3-0,05 (крутильний момент) системи Н.Т. Токаря і також записувалося в окремі файли для $P_{ос}$ і $M_{кр}$ відповідно. Опрацювання даних проводилося за допомогою пакетів прикладних програм MATLAB5.2, EXEL і MATHCAD.

Таблиця 1

Змінні	Границі зміни	
	нижня	верхня
Δ , мм (X1)	0,43	4,4
ρ , ° (X2)	16,5	21,8
μ , ° (X3)	1	34
K_H (X4)	0,35	0,79
δ_d , мм (X5)	0,11	0,38
f , мм (X6)	1,9	3
a , мм (X7)	3,02	4,72
V , м/хв (X8)	11	22
S , мм/об (X9)	0,14	0,28

У результаті опрацювання експериментальних даних отримані залежності силових характеристик при свердлінні сталі 45 свердлами з переривчастими різальними кромками, адекватні досліджуваному процесу у вигляді:

$$\begin{aligned} \ln P_{ос} = & 8,86 + 3,09 \cdot 10^{-1} \ln^2(\Delta) + 7,01 \cdot 10^{-2} \ln^2(a) + 1,43 \cdot 10^{-2} \ln^4(a) - \\ & - 4,16 \cdot 10^{-2} \ln^2(a) \ln^2(S) + 7,16 \cdot 10^{-3} \ln(\delta_d) \ln^4(a) \ln(V) \ln^4(S) + \\ & + 9,72 \cdot 10^{-3} \ln^4(a) \ln(V) + 4,71 \cdot 10^{-3} \ln(\rho) \ln^2(a) \ln^3(S) + \\ & + 2,82 \cdot 10^{-3} \ln(\Delta) \ln(\delta_d) \ln^4(a) \ln^4(S) + 1,03 \cdot 10^{-4} \ln(\Delta) \ln(\rho) \ln(f_n) \ln^2(a) \ln^3(S) - \\ & - 5,6 \cdot 10^{-4} \ln(\Delta) \ln^2(\delta_d) \ln^4(a) \ln^4(S); \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \ln M_{кр} = & 3,76 + 3,9 \cdot 10^{-1} \ln(S) f_n + 2,62 \cdot 10^{-1} f_n \ln(\rho) + 3,77 \cdot 10^{-3} \mu_1 \ln(a) + \\ & + 1,25 \cdot 10^{-1} \delta_d \cdot a - 1,9 \cdot 10^{-7} (\mu_1)^3 f_n \ln(\rho) \ln(a) + 6,01 \cdot 10^{-3} (\delta_d)^3 (a)^2 V - \\ & - 2,08 \cdot 10^{-3} f_n \ln(\rho) (\delta_d)^3 (a)^2 V \cdot \delta_d \cdot \ln(f_n) + 3,79 \cdot 10^{-5} \Delta \mu_1 \cdot (\delta_d)^3 (a)^2 V \ln(a) \ln(\rho) + \\ & + 4,17 \cdot 10^{-4} \ln(S) f_n V S + 3,44 \cdot 10^{-3} f_n \ln(S) \ln(\delta_d) \ln(f_n). \end{aligned} \tag{2}$$

Аналіз залежностей (1) і (2) показує, що в досліджуваному діапазоні змінних найбільш істотно впливають на $P_{ос}$ подача S , розмір Δ і довжина поперечної різальної кромки a , а на крутильний момент $M_{кр}$ – подача S , розміри Δ , δ_d , ρ , μ_1 і f_n у тісному взаємозв'язку один з одним.

Зміна розміру Δ головним чином впливає на $P_{ос}$ (рис. 2, а). В усьому діапазоні зміни досліджуваних змінних збільшення Δ до 1,5 мм призводить до зниження $P_{ос}$, а потім, при подальшому збільшенні Δ , спостерігається збільшення значень $P_{ос}$. Такий характер зміни $P_{ос}$ в залежності від Δ пояснюється перерозподілом припуску між основною та додатковою різальними кромками.

Вплив Δ на $M_{кр}$ виявляється у взаємозв'язку з розміром δ_d , що пояснюється як збільшенням завантаження на одній з різальних кромки при збільшенні δ_d , так і погіршенням процесу стружкоутворення на кромці, менше віддаленої від осьової площини свердла (рис. 2, б).

Вплив кутів ρ і μ_1 показано на рис. 3, а і 3, б. Вплив ρ на $M_{кр}$ виявляється у взаємозв'язку з f_n . Чим більша ширина стрічки, тим інтенсивніше зростає $M_{кр}$. Збільшення кута μ_1 , аналогічно росту кута ρ , викликає збільшення крутильного моменту.

Зміна в обраному діапазоні параметра K_H , що характеризує розміри стружкової канавки додаткової різальної кромки, не впливає істотно на $P_{ос}$ і $M_{кр}$. Це пояснюється достатніми розмірами стружкової канавки додаткової різальної кромки для безперешкодного сходу стружки по передній поверхні та вивантаження її із зони різання.

Збільшення несиметричності різальних кромки свердла щодо осьової площини δ_d призводить до збільшення як осьової сили $P_{ос}$, так і крутильного моменту $M_{кр}$ (рис. 4). На характер впливу δ_d на $P_{ос}$ і $M_{кр}$ найбільш істотно впливають Δ , довжина поперечної різальної кромки a і подача S . Так, при $\Delta = 4,4$ мм збільшення δ_d призводить до більш різкого росту $P_{ос}$. Аналогічно впливає δ_d при $a = 4,72$ мм. При мінімальному значенні подачі $S = 0,14$ мм/об також спостерігається більш різкий ріст $P_{ос}$ при збільшенні δ_d . Збільшення Δ , a і S посилює негативний вплив δ_d на $M_{кр}$.

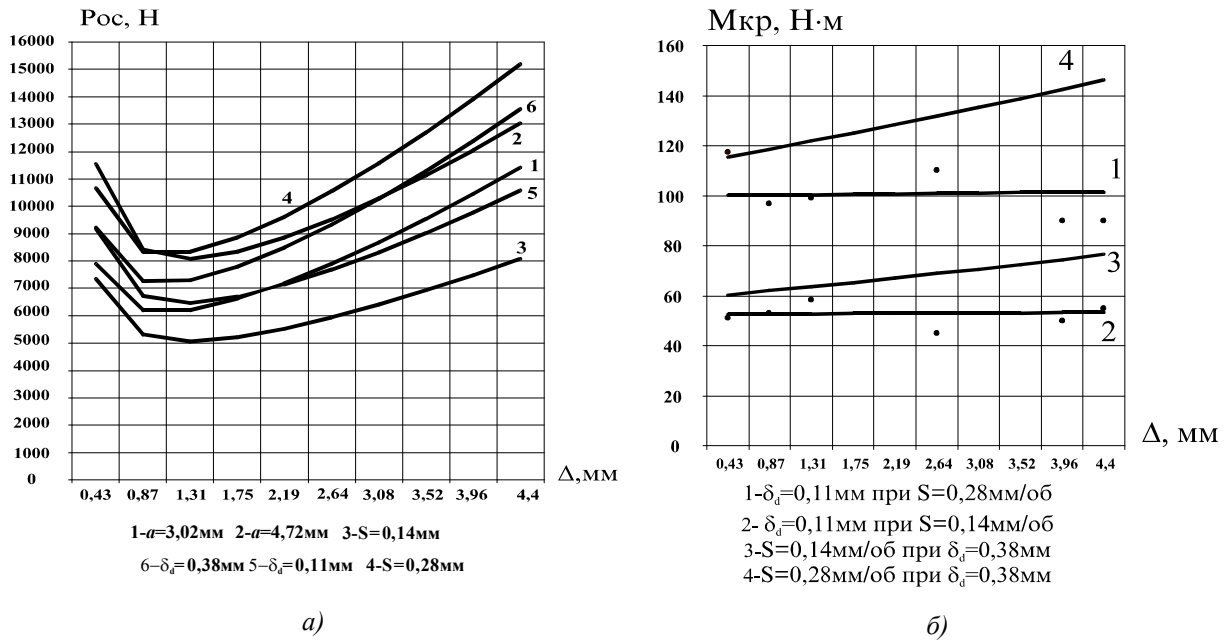


Рис. 2. Залежність силових характеристик від різності радіусів Δ :
 а - $P_{oc} = F(\Delta)$; б - $M_{кр} = F(\Delta)$

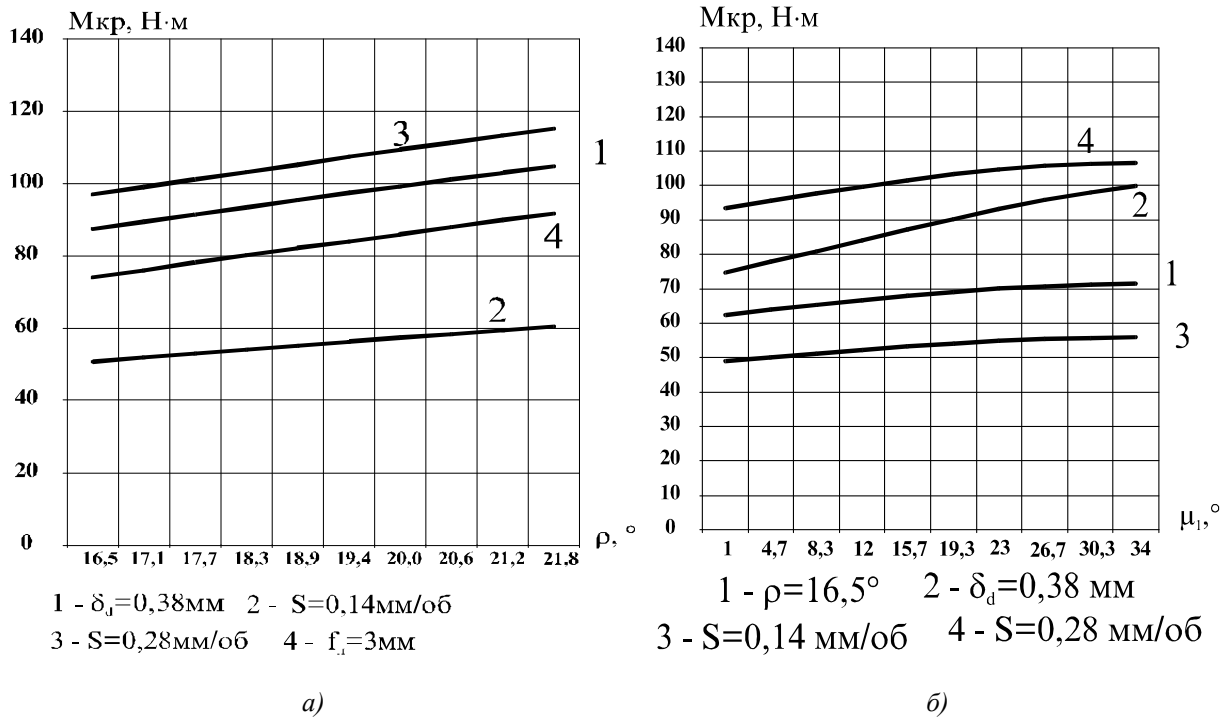


Рис. 3. Залежність крутильного моменту від кутів ρ і μ_1 : а - $M_{кр} = F(\rho)$; б - $M_{кр} = F(\mu_1)$

Аналіз впливу δ_d на силові характеристики показує, що для свердел $\varnothing 28$ мм значення $\delta_d > 0,2$ мм призводить до різкого збільшення $M_{кр}$.

Збільшення ширини стрічки f_l на додатковій різальній кромці призводить до збільшення $M_{кр}$. Зі збільшенням f_l збільшуються сили тертя стрічки об оброблену поверхню, що призводить до збільшення крутильного моменту. На розмір P_{oc} цей параметр істотно не впливає.

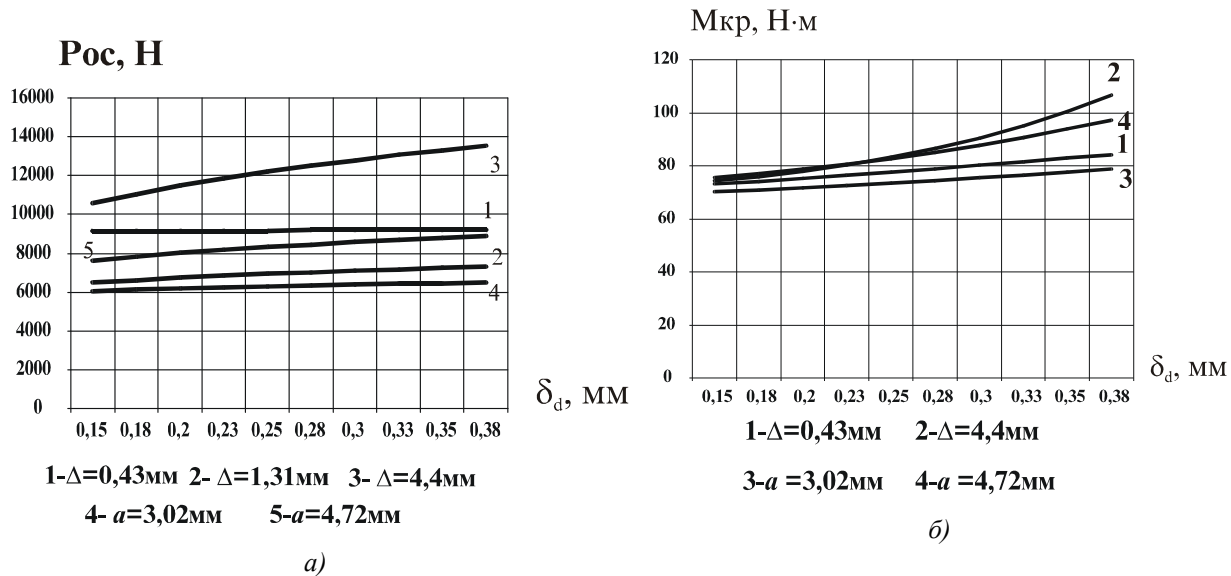


Рис. 4. Залежність силових характеристик від несиметричності різальних кромок δ_d :
а – $P_{oc} = F(\delta_d)$; б – $M_{кр} = F(\delta_d)$

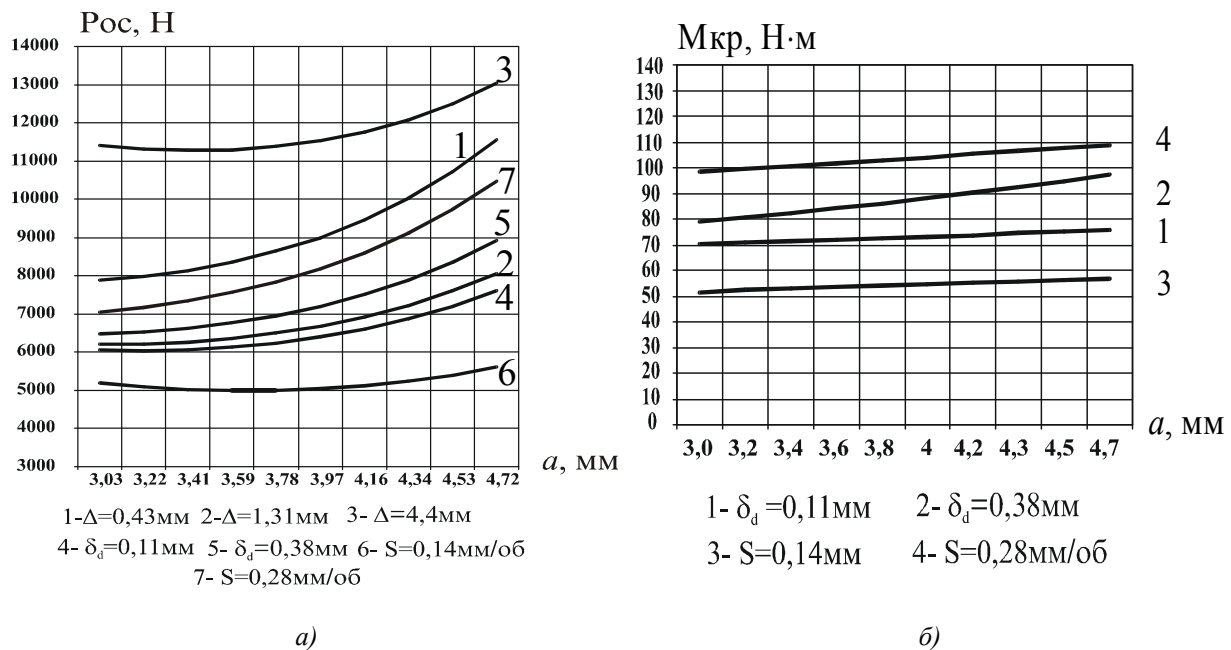


Рис. 5. Залежність силових характеристик від довжини поперечної різальної кромки a :
а – $P_{oc} = F(a)$; б – $M_{кр} = F(a)$

Характер впливу довжини поперечної різальної кромки a на P_{oc} виявляється у взаємозв'язку з Δ , δ_d та S (рис. 5, а). При мінімальному значенні $\Delta = 0,43$ мм спостерігається більш різке збільшення P_{oc} . При $\Delta = 4,4$ мм, а також при $S = 0,28$ мм/об мають місце мінімальні значення P_{oc} при $a = 3,4 \dots 3,6$ мм, що приблизно відповідає рекомендованому значенню довжини поперечної різальної кромки $0,12D_{св}$. Вплив довжини поперечної різальної кромки a на $M_{кр}$ виявляється в тісному взаємозв'язку з δ_d . Збільшення δ_d призводить до більш різкого збільшення $M_{кр}$ (рис. 5, б).

Вплив швидкості різання в досліджуваних межах у меншому ступені виявляється на $M_{кр}$ і в більшому на P_{oc} . Зі збільшенням V осьова сила і крутильний момент зростають із збільшенням подачі S і несиметричності різальних кромок δ_d .

Найбільш істотно впливає на P_{oc} і $M_{кр}$ серед досліджуваних змінних у прийнятому діапазоні їхньої зміни подача (рис. 6). Зі збільшенням S $M_{кр}$ і P_{oc} зростають. Аналіз залежності (1) показує, що цей вплив на P_{oc} виявляється у тісному взаємозв'язку з Δ і a (рис. 6, а). Вплив S на $M_{кр}$ виявляється у тісному взаємозв'язку із

шириною стрічки $f_{л}$ і розміром δ_d . Збільшення ширини стрічки $f_{л}$ викликає посилення негативного впливу подачі на $M_{кр}$ (рис. 6, б).

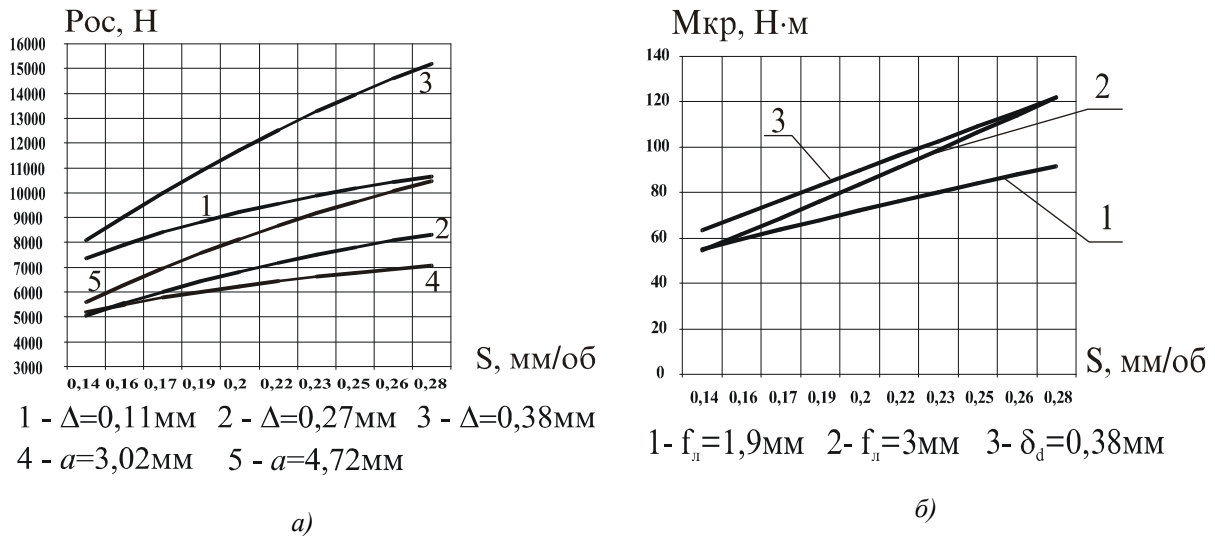


Рис. 6. Залежність силових характеристик від подачі S : а - $P_{oc} = F(S)$; б - $M_{кр} = F(S)$

Аналіз моделей і контрольні досліді, проведені при $V = 11; 15,8; 22$ м/хв і $S = 0,14; 0,2; 0,28$ мм/об, дозволяють рекомендувати такі значення геометричних параметрів:

- розмір Δ у межах 1,3...1,75 мм;
- кути μ_1 і ρ з урахуванням конструктивних можливостей (достатні розміри стружкової канавки на додатковій різальній кромці) мінімально можливими;
- припустиме значення δ_d не повинно перевищувати 0,15...0,2 мм;
- ширину стрічки $f_{л} - 2$ мм;
- довжину поперечної різальної кромки a при малих подачах - 3,6 мм, при великих подачах зменшувати до 3 мм.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бобров В.Ф. Развитие науки о резании металлов. - 1967. - 416 с.
2. Адлер Ю.П., Маркоша Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - 279 с.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. - Киев: Наукова думка, 1983. - 294 с.

КОВАЛЬОВА Любов Іванівна - кандидат технічних наук, доцент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- профілювання спеціального металорізального інструменту.

ПАНЧУК Віталій Гаврилович - кандидат технічних наук, доцент кафедри технології машинобудування Івано-Франківського інституту нафти і газу.

Наукові інтереси:

- розробка вимірювальної техніки.

БЕСАРАБЕЦЬ Юрій Йосипович - асистент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- профілювання спеціального металорізального інструменту.

Подано 10.08.2000