

УДК 621.914

**В.Г. Панчук, к.т.н., доц.***Івано-Франківський національний технічний  
університет нафти і газу***ОЦІНКА ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТА  
НА РЕЖИМИ  
ВІДРІЗАННЯ ФРЕЗАМИ***Розглядаються питання врахування динамічних характеристик  
інструменту при визначенні режимів різання відрізними фрезами.*

**Вступ.** Відрізна фреза є інструментом, у якого  $D/B \gg 1$ . У зв'язку з цим відрізна фреза характеризується низькою динамічною стійкістю у перпендикулярному до її площини напрямі. В реальному процесі відрізання поперечна складова сили різання виникає внаслідок дії багатьох факторів (похибки виготовлення, похибки встановлення, деформації та ін.) [1]. Її абсолютна величина порівняно з іншими складовими досить мала, але оскільки жорсткість фрези в осьовому напрямі набагато менша, ніж в радіальному, то присутність такої складової сили різання, яка викликає згинаючі коливання, буде здійснювати переважуючий вплив на динамічну нестійкість при роботі фрези.

Для порівняльної оцінки динамічної стійкості відрісної фрези в роботі [2] пропонується критерій динамічної стійкості, в якості якого використовується амплітуда коливань власної форми [3]:

$$C_r = a_{jk} = \frac{A_{jk} \alpha_k^2}{\lambda_j - \alpha_k^2},$$

де  $a_{jk}$  – амплітуда вимушених коливань  $k$ -ї гармоніки для  $j$ -ї власної форми;

$A_{jk}$  – амплітуда  $k$ -ї гармоніки збуджуючої сили;

$\alpha_k$  – її кругова частота;

$\lambda_j$  – власна кругова частота.

Швидкість різання при відрізанні фрезами [4] встановлюється залежно від значень геометричних розмірів фрези (діаметра і ширини), заданих глибини фрезерування і подачі на зуб. Динаміка процесу при цьому не враховується.

Метою даної статті є теоретичні дослідження впливу параметрів процесу різання на динамічну стійкість інструмента при відрізанні стандартними відрізними фрезами.

**Постановка задачі.** З метою вироблення рекомендацій з установлення оптимальних режимів різання стандартними відрізними фрезами [5] проводиться обчислювальний експеримент. Оцінка здійснюється за значенням критерію динамічної стійкості, який визначається на основі математичної моделі процесу фрезерування відрізними фрезами, яка була реалізована на персональній ЕОМ [3].

Як об'єкт дослідження вибираємо фрези діаметром 315 і 250 мм з дрібним зубом і шириною до 3 мм, оскільки для відрізки з метою зменшення відходів матеріалу доцільно використовувати фрези меншої ширини.

**План експерименту.** Об'єктом моделювання є відрізна фреза в процесі розрізання сталюї пластини (рис. 1).

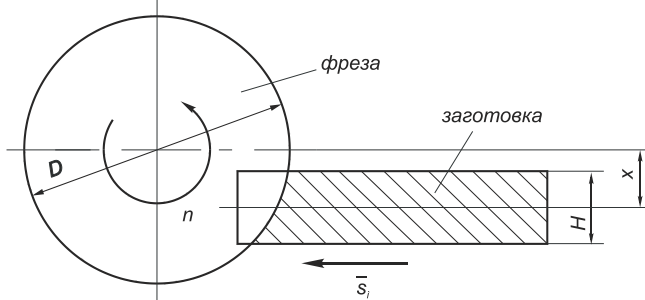


Рис. 1. Розрахункова схема фрезерування

Вихідним параметром моделі є критерій динамічної стійкості відрізної фрези  $C_r$ .

Вхідними факторами моделі є:

- діаметр фрези  $D$ , мм;
- ширина фрези  $B$ , мм;
- кількість зубів  $Z$ , шт;
- товщина пластини, що розрізається  $H$ , мм;
- зміщення пластини відносно осі фрези  $x$ , мм;
- частота обертання фрези  $n$ ,  $\text{хв}^{-1}$ .

Модуль пружності матеріалу фрези  $E = 2,0 \cdot 10^4$  кгс/мм<sup>2</sup> і густина матеріалу фрези  $\rho = 7,8 \cdot 10^{-6}$  кг/мм<sup>3</sup> приймаються постійними.

Для визначення діапазонів варіації факторів були виконані розрахунки швидкості різання за традиційною методикою [4] і проведений пошуковий експеримент для фрези діаметром 315 мм і шириною 1,8 мм. Результати експерименту показали, що вихідна функція має

різко виражений нелінійний характер і тому спрощена методика побудови плану експерименту в даному випадку не може бути використана. Прийнято рішення провести повний факторний експеримент для п'яти факторів. Для кожного фактора задати не менше п'яти рівнів варіації.

**Реалізація експерименту.** Розрахунковий блок машинної моделі [2], [3] забезпечує розрахунок амплітуди власних коливань на 100 гармоніках.

Недоліком даної машинної реалізації моделі є діалоговий режим роботи, який є неефективним при проведенні великої кількості розрахунків при повному факторному експерименті. Нами був розроблений додатковий програмний модуль, який дозволив реалізувати пакетний режим роботи моделі. При цьому є можливість вказувати кількість гармонік, які використовуються для визначення критерію динамічної стійкості.

Визначальний вплив на працездатність фрези здійснюють коливання на нижніх гармоніках [2]. Для визначення оптимальної кількості гармонік, які повинні аналізуватись в процесі розрахунків проведено пошуковий експеримент для 3, 8, 20 і 99 перших гармонік. Результати пошукового експерименту показали, що характер залежності критерію динамічної стійкості повністю визначають вісім перших гармонік. Тому прийнято рішення в наступних розрахунках обмежитись 8-ма першими гармоніками для визначення коефіцієнта динамічної стійкості.

Обчислювальний експеримент виконано для вхідних даних відповідно до табл. 1.

Таблиця 1

Вхідні дані експерименту

| $D$ , мм | $B$ , мм         | $z$ , шт.             | $H$ , мм              | $x$ , мм                  | $n$ , хв <sup>-1</sup>        |
|----------|------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 315,0    | 2,5; 3,0         | 160; 200              | 10; 20; 30;<br>40; 50 | 0; 32,5; 65;<br>97,5; 130 | 16; 25; 31,5; 45; 63          |
| 250,0    | 2,0; 2,5;<br>3,0 | 100; 128;<br>160; 200 | 10; 20; 30;<br>40; 50 | 0; 20; 45; 70;<br>95      | 15; 25; 35; 45; 55;<br>65; 75 |

Результати обчислень представлені в графічному вигляді на рисунках 2–19. Графіки одержані шляхом групування даних за певними параметрами і обчислення середніх арифметичних значень.

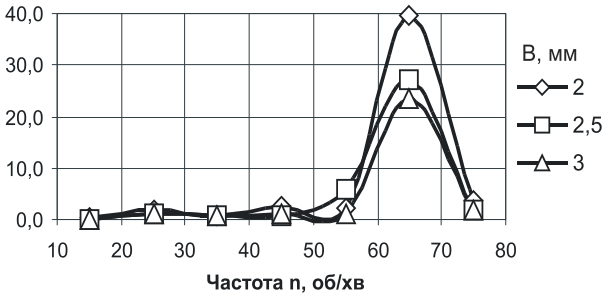


Рис. 2.  $C_r = f(n, B)$  при  $D = 250$  мм і  $z = 200$

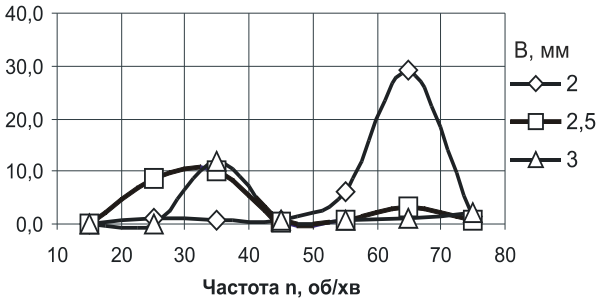


Рис. 3.  $C_r = f(n, B)$  при  $D = 250$  мм і  $z = 160$

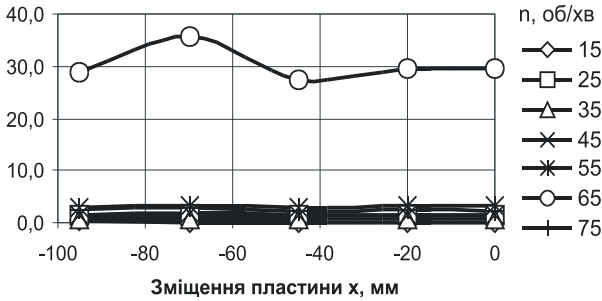


Рис. 4.  $C_r = f(x, n)$  при  $D = 250$  мм і  $z = 200$

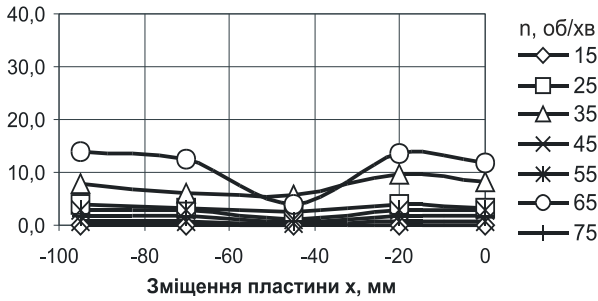


Рис. 5.  $C_r = f(x, n)$  при  $D = 250$  мм і  $z = 160$

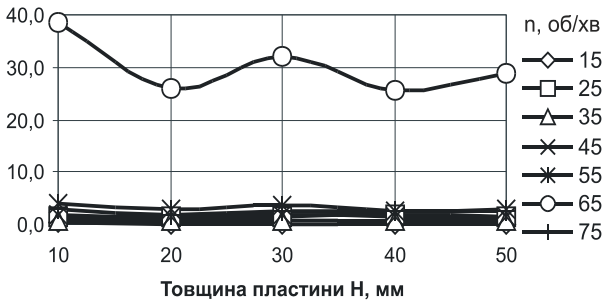


Рис. 6.  $C_r = f(H, n)$  при  $D = 250$  мм і  $z = 200$

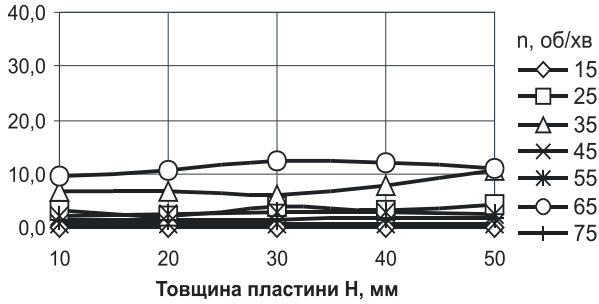


Рис. 7.  $C_r = f(H, n)$  при  
 $D = 250$  мм і  $z = 160$

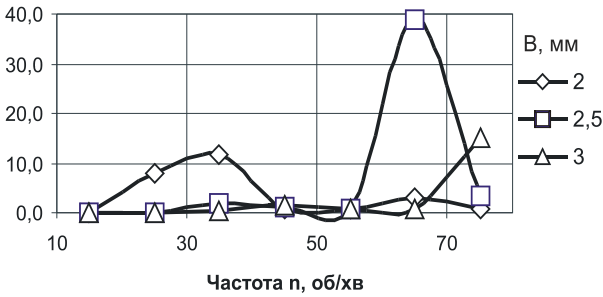


Рис. 8.  $C_r = f(n, B)$  при  
 $D = 250$  мм і  $z = 128$

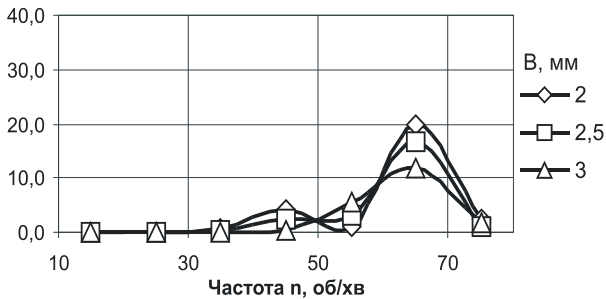


Рис. 9.  $C_r = f(n, B)$  при  
 $D = 250$  мм і  $z = 100$

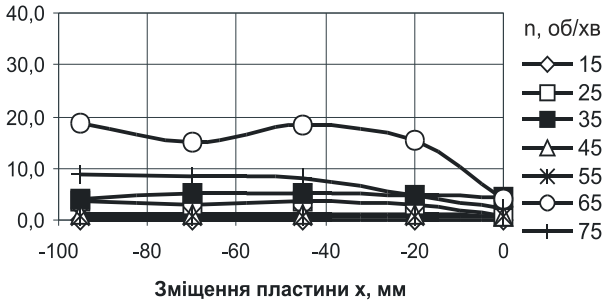


Рис. 10.  $C_r = f(x, n)$  при

$D = 250$  мм і  $z = 128$

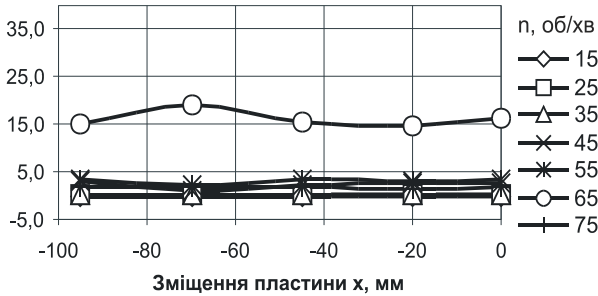


Рис. 11.  $C_r = f(x, n)$  при

$D = 250$  мм і  $z = 100$

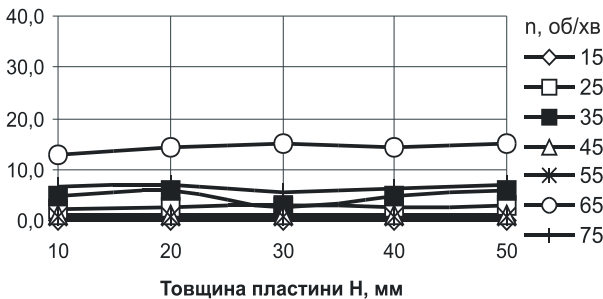


Рис. 12.  $C_r = f(H, n)$  при

$D = 250$  мм і  $z = 128$

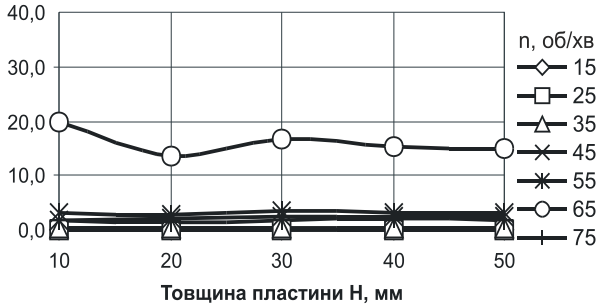


Рис. 13.  $C_r = f(H, n)$  при  $D = 250$  мм і  $z = 100$

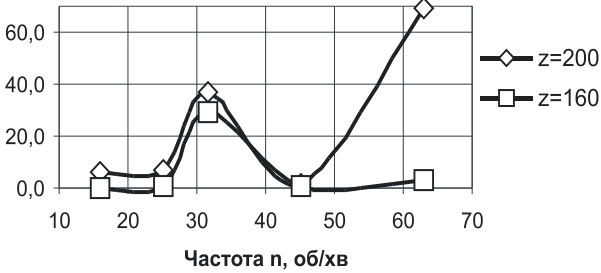


Рис. 14.  $C_r = f(n, z)$  при  $D = 315$  мм і  $B = 2,5$  мм

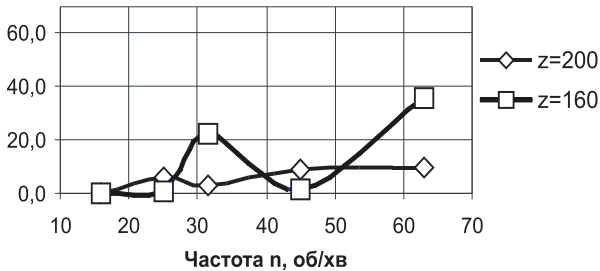


Рис. 15.  $C_r = f(n, z)$  при  $D = 315$  мм і  $B = 3,0$  мм



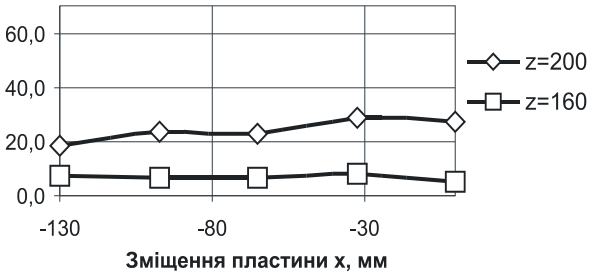


Рис. 16.  $C_r = f(x, z)$  при  $D = 315$  мм і  $B = 2,5$  мм

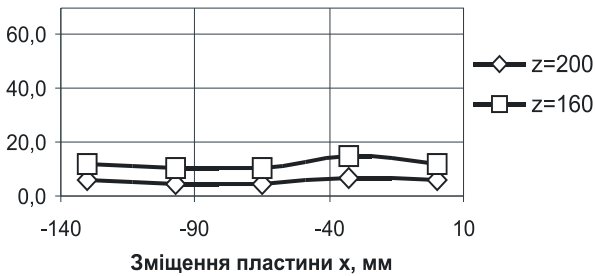


Рис. 17.  $C_r = f(x, z)$  при  $D = 315$  мм і  $B = 3,0$  мм

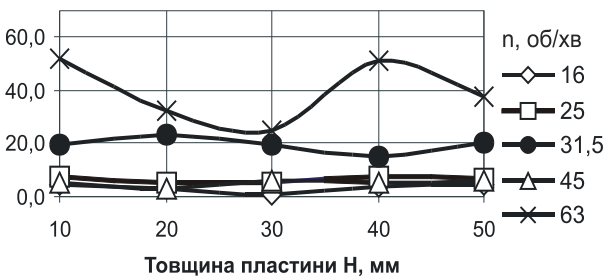
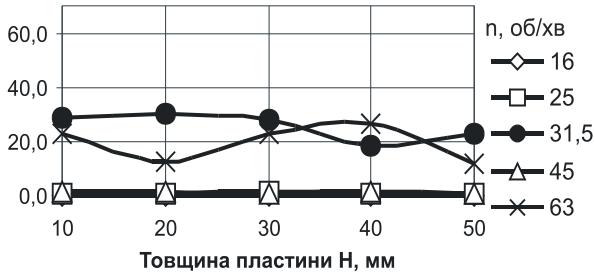


Рис. 18.  $C_r = f(H, n)$  при  $D = 315$  мм і  $z = 200$

Рис. 19.  $C_r = f(H, n)$  при

$$D = 315 \text{ мм і } z = 160$$

Динамічна стійкість фрези тим більша, чим менше значення критерію  $C_r$ . На наведених графіках при певних комбінаціях факторів спостерігається різке зростання критерію  $C_r$ , що вказує на втрату фрезою динамічної стійкості при даних параметрах. Наприклад відрізна фреза  $D = 250$  мм має критичну зону при частотах обертання близьких до 65 об./хв.

Найбільший вплив на динамічну нестійкість відрізних фрез має частота обертання. Найменше впливають крок між зубами і ширина фрези. Товщина пластины, що розрізається, і зміщення пластины відносно осі фрези в зонах стабільних частот майже не впливають на коефіцієнт динамічної стійкості фрези. Можна стверджувати, що існує значний кореляційний зв'язок впливу товщини пластины і її зміщення із впливом частоти обертання фрези.

### Висновки

1. Головними факторами, які суттєво впливають на динамічну стійкість фрези в процесі фрезерування є діаметр фрези, частота обертання, крок між зубами і ширина фрези.

2. В діапазоні допустимих частот обертання відрізняючої фрези певної конструкції існують зони її динамічної нестійкості, що потрібно враховувати при виборі режимів різання.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Бабенко А.Е., Равская Н.С., Боронко О.А., Семенов А.В. Об одном из видов динамической неустойчивости дисковой фрезы // Резание и инструмент в технологических системах. – 1997. – № 51. – С. 25–28.

2. Равская Н.С., Бабенко А.Е., Боронко О.А., Лорох Р. Определение критерия динамического состояния пилы. // Вестник НТУУ "КПИ" / Машиностроение. – 1998. – Вып. 33. – С. 157–162.
3. Бабенко А.Є., Равська Н.С., Боронко О.О., Трубачев С.І. Визначення власних частот і власних форм коливань дискових пил // Наукові вісті Національного технічного університету України "КПІ". – 1998. – № 3 (4). – С. 62–65.
4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. – Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. ГОСТ 2679-73 Фрезы прорезные (шлицевые) и отрезные.

ПАНЧУК Віталій Георгійович – кандидат технічних наук, доцент Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Наукові інтереси:

– динаміка процесів різання.

Подано 11.03.2006