

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Федоров Олег Васильович**



УДК 622.232.72: 622.236.2-032.5

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РІЖУЧОГО  
ІНСТРУМЕНТА З РОБОЧОЮ БОКОВОЮ ГРАННЮ  
ДЛЯ ОЧИСНИХ КОМБАЙНІВ**

Спеціальність 05.05.06 — “Гірничі машини”

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Донецьк — 2002

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Донецькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

*Науковий керівник:* лауреат Державної премії, заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор **Бойко Микола Григорович**, Донецький національний технічний університет, завідувач кафедри «Гірнична механіка».

*Офіційні опоненти:*

1. **Кондрахін Віталій Петрович** — д. т. н., професор, професор кафедри «Гірничі машини» Донецького національного технічного університету.

2. **Клименко Галина Петрівна** — к. т. н., доцент, доцент кафедри «Металорізальні верстати та інструменти» Донбаської державної машинобудівної академії, м. Краматорск.

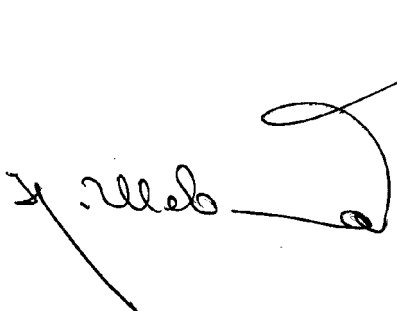
*Провідна установа:* Національна гірнична академія України Міністерства освіти і науки України, кафедра «Гірничі машини», м. Дніпропетровськ.

Захист відбудеться «\_\_\_» березня 2002 р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 11.052.05 Донецького національного технічного університету за адресою: 83000, м. Донецьк, вул. Артема 58, навчальний корпус № 1, ауд. 201.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Донецького національного технічного університету за адресою: 83000, м. Донецьк, вул. Артема 58, навчальний корпус № 2.

Автореферат розісланий «\_\_\_» лютого 2002 г.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 11.052.05,  
доктор технічних наук, професор

 М. Р. Шевцов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Гірнича промисловість є однією з провідних галузей народного господарства, сировинною та енергетичною базою для всіх його галузей. У нових умовах господарювання, зумовлених переходом на ринкову систему економічних відношень, підвищуються вже існуючі і виникають нові вимоги до гірничошахтного обладнання та технології ведення гірничих робіт. Підвищення ефективності, безпеки, зниження енергоємності та екологічної шкідливості гірничопромислових робіт, поліпшення гранулометричного складу вугілля — важливі задачі, вирішення яких надасть відчутний поштовх розвитку даної галузі і всіх галузей господарювання в цілому.

Руйнування вугільного масиву — перша і найважливіша ланка технологічного ланцюга видобутку вугілля. Ефективність цього процесу в значній мірі визначає загальну ефективність ведення добувних робіт. Так, незважаючи на те, що подрібнення вугілля відбувається уздовж всього технологічного ланцюга шахти, до 60% пилу і дрібних фракцій (штибу) утворюється в процесі руйнування масиву вугілля. Енерговитрати руйнування масиву вугілля також складають істотну частку загальношахтних енерговитрат. На гранулометричний склад зруйнованого вугілля і питомі енерговитрати руйнування масиву значно впливають засіб руйнування, режимні параметри і геометрія ріжучого інструмента.

Ріжучий інструмент, що застосовується на сьогочасних очисних комбайнах, руйнує вугільний пласт, створюючи в ньому об'ємний напружений стан, в якому переважають напруження стиску. Такий спосіб руйнування є нераціональним, що зумовлює зміщення гранулометричного складу видобутого вугілля в бік дрібних фракцій і пилу. Руйнування ріжучим інструментом вугільного масиву за рахунок створення в ньому напружень стиску, окрім погіршення гранулометричного складу вугілля, призводить до надмірно високих енерговитрат. Тому задача створення ріжучого інструмента, що реалізує ефективніший спосіб руйнування вугільного пласта — за рахунок створення в ньому напружень зсуву, — є актуальною.

**Метою роботи** є зниження питомих енерговитрат руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню, поліпшення гранулометричного складу видобутого вугілля і підвищення продуктивності комбайнів за рахунок вибору раціональних параметрів ріжучого інструмента і режиму руйнування.

**Ідея роботи** полягає у використанні властивості вугілля значно менш (на порядок) чинити опір руйнуванню зсувом і розтягом у порівнянні з опором руйнуванню стиском.

### **Основні задачі наукового дослідження:**

1. Встановити характер взаємодії робочої бокової грані різця з пластом, що руйнується, для чого провести експериментальні тензометричні дослідження руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню.

2. Розробити математичну модель миттєвих сил, що формуються на різці з робочою боковою гранню при руйнуванні пласта.

3. На основі математичної моделі сил розробити методики визначення раціональних параметрів різця з робочою боковою гранню і схем його набору на

виконавчих органах очисних комбайнів, що забезпечують зниження питомих енерговитрат руйнування вугільного пласта, поліпшення гранулометричного складу вугілля і підвищення продуктивності комбайнів.

***Основні наукові положення, які виносяться на захист, їх новизна:***

1. Вперше встановлено характер руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню. Руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню відбувається шляхом сколювання окремоостей (відколів) як передньою, так і робочою боковою гранями, розподіл імовірностей довжин яких (відколів) не суперечить закону Вейбула.

2. Вперше встановлено характер та величину сил, які формуються на різці з робочою боковою гранню. Сили, що формуються на різці з робочою боковою гранню, є багатопараметричними випадковими функціями, випадковий характер яких зумовлений випадковим характером опірності вугілля різанню, довжин відколів, площини контакту різця по задній грані з пластом, величини кінематичного заднього кута і товщини стружки.

3. Встановлено, що зниження питомих енерговитрат руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню досягається за рахунок створення в масиві комбінованого напруженого стану, при якому робоча бокова грань створює здебільшого напруження зсуву, а передня грань — напруження стиску.

***Наукове значення*** роботи полягає у визначенні характеру взаємодії робочої бокової грані різця з пластом, що руйнуються, у встановленні закону розподілу імовірності довжин відколів масиву цією гранню і в розробці математичних моделей миттєвих зусиль, що формуються на різці з робочою боковою гранню, як багатопараметричних випадкових функцій.

***Практичне значення*** роботи полягає в розробці методик і визначенні раціональних параметрів різців з робочою боковою гранню і схем їхнього набору на виконавчих органах очисних комбайнів, що забезпечують зниження на 20...30% питомих енерговитрат руйнування пласта в порівнянні з питомими енерговитратами при руйнуванні пласта існуючими типами ріжучого інструмента, поліпшення гранулометричного складу видобутого вугілля: зниження в 1,3 ...1,5 разу вмісту дрібних фракцій (штибу), і збільшення в 1,5 ...2 разу вмісту великих фракцій, а також підвищення в 1,3 ...1,5 разу продуктивності очисних комбайнів.

***Обґрунтованість і достовірність*** наукових положень, висновків і рекомендацій. Наукові положення, висновки і рекомендації дисертації обґрунтовані результатами аналітичних і спеціальних експериментальних тензометричних досліджень при руйнуванні масиву (вуглецементного блоку) різцями з робочою боковою гранню на спеціальному стенді, що дозволяє імітувати умови їхньої роботи, близькі до реальних, а також порівняльними випробуваннями роботи очисного комбайна в реальних умовах його експлуатації. Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасного математичного апарату: теорії випадкових функцій, теорії диференціальних рівнянь, проведенням експериментальних досліджень у показних умовах з використанням сучасної виміральної і реєструвальної апаратури та дотриманням вимог до її застосування. Розбіжність результатів аналітичних і експериментальних досліджень не перевищує 10%.

**Реалізація висновків і рекомендацій роботи.** Результати дисертаційної роботи використані при виготовленні ріжучого інструмента для очисних комбайнів, відновленні і ремонті шнеків виконавчих органів комбайнів типів 1К-101, К-103 та ГШ-68. Економічний ефект від використання результатів дисертаційної роботи складає приблизно 4,6 млн. грн. на одну лаву за рік.

**Особистий внесок** здобувача в отримання наукових результатів. Результати поданого дослідження отримані автором самостійно. Постановка задач і обговорення результатів виконані з науковим керівником і частково зі співавторами публікацій.

**Апробація роботи.** Основні положення дисертаційної роботи обговорені і отримали схвалення на: XI міжнародному науково-технічному семінарі “Високі технології: розвиток і кадрове забезпечення” – INTERPARTNER – 2001 (м. Алушта, 2001 р.), міжнародній науково-технічній конференції “Гірнична енергомеханіка і автоматика” (м. Донецьк, 2001 р.), спільному поширеному засіданні кафедр гірничої механіки та гірничих машин Донецького національного технічного університету (м. Донецьк, 2001 р.).

**Публікації.** Основні положення дисертації освітлені в 7 статтях, написаних у співавторстві і опублікованих у збірниках наукових робіт, рекомендованих ВАК України.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів з висновками в кінці кожного розділу, загальних висновків по роботі, переліку використаних джерел із 61 найменування та двох додатків. Загальний обсяг дисертації складає 179 сторінок, включаючи 51 рисунок, 11 таблиць та додатки на 14 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету, ідею і задачі досліджень, висвітлено наукову новизну, теоретичну та практичну цінність отриманих результатів.

**В першому розділі** наведено характеристику вугільних пластів Донбасу та засобів механізації видобутку вугілля, виконано критичний аналіз робіт, присвячених дослідженню процесу руйнування вугілля і порід ріжучим інструментом, питанням формування зусиль на різці і гранулометричного складу видобутого вугілля, визначенню параметрів ріжучого інструмента.

Відзначається, що спектр марок вугілля, що видобувається, надто широкий: від малометаморфізованого газового та довгополуменевого вугілля до високометаморфізованих антрацитів. Видобування вугілля в більшості випадків ведеться у складних гірничо-геологічних умовах: розробляються тонкі пласти, розташовані на великих глибинах. Значна частка пластів має складну будову — містить порідні прошарки та тверді включення (колчедану, піриту, кварциту, вапняку). Крім того, в багатьох лавах на тонких пластах видобування ведеться з присічкою бокових порід.

Вказується, що на більшості шахт видобування ведеться із застосуванням механізованих комплексів, інколи — із застосуванням індивідуального кріплення. При цьому використовуються здебільшого вузькозахватні очисні комбайни зі

шнековими (типу 1К-101У, К-103, 1ГШ-68) або з барабанными (типу КА-80) виконавчими органами. Для оснащення очисних комбайнів використовуються різці двох типів: радіальні (типу ЗР4-80) і тангенціальні, що обертаються (типу РКС2). Всі ці різці руйнують масив пласта, створюючи у ньому здебільшого напруження стиску. Як відомо, опірність вугілля та порід руйнуванню під дією напружень стиску значно — на порядок — перевищує опірність руйнуванню під дією напружень зсуву і розтягу. Тому руйнування пласта цими різцями відбувається у силовому режимі. Це зумовлює високі питомі енерговитрати руйнування пласта і значне подрібнення вугілля — вміст дрібних фракцій (штибу) складає 45...50%.

Ріжучий інструмент нового технічного рівня, який розроблено на кафедрі гірничої механіки Донецького національного технічного університету — різець з робочою боковою гранню — реалізує комбіноване руйнування вугільного пласта, при якому вугілля руйнується і під дією напружень зсуву. Комбінований засіб руйнування дозволяє знизити питомі енерговитрати руйнування пласта та покращити гранулометричний склад видобутого вугілля.

В результаті аналізу робіт в області різання вугілля і порід, формування гранулометричного складу видобутого вугілля і досліджень роботи очисних комбайнів зроблені наступні висновки:

1. Руйнування вугільного пласта виймальною машиною — багатофакторний випадковий процес. Сукупність факторів може бути поділена на дві групи: фізико-механічні властивості пласта і умови руйнування.

2. Теорія руйнування вугілля і порід ріжучим інструментом та формування гранулометричного складу продуктів руйнування, що враховує фізичну суттєвість процесу руйнування, знаходиться у початковій стадії розробки. Перспективним напрямком є використання ймовірно-статистичних методів.

3. Більшість розроблених математичних моделей і розрахункових методик як для визначення зусиль різання, так і для прогнозування гранулометричного складу вугілля, мають апроксимаційний характер і можуть бути застосовані тільки у випадку руйнування вугільного масиву ріжучими інструментами існуючих конструкцій або аналогічними їм. До різців, що реалізують інший спосіб руйнування пласта, ці моделі і методики непридатні або вимагають істотної корекції.

**В другому розділі** наведено результати аналітичних та експериментальних досліджень руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню.

Різець з робочою боковою гранню, рис. 1, руйнує пласт, створюючи в ньому комбінований напружений стан. Передня грань різця руйнує частину стружки з перерізом  $S_1$ , рис. 2, за рахунок створення напружень стиску. При цьому на поверхні вибою формується міжщільиновий цілик з перерізом  $S_2$ . Робоча бокова грань різця діє на міжщільиновий цілик і руйнує його, створюючи в ньому об'ємний напружений стан з домінуванням напружень зсуву. Відсутність значних напружень стиску зумовлює ефективний розвиток тріщин і відколювання елемента цілика при незначному зусиллі (у порівнянні з зусиллям на передній грані різця). Оскільки елемент цілика в момент відколювання зазнає незначних за величиною напружень (у порівнянні з руйнуючими напруженнями стиску), а також оскільки такий елемент не є стиснутим навколишнім масивом, а має вигляд виступу на поверхні вибою, тому відколювання відбувається великими елементами. Це істотно покращує

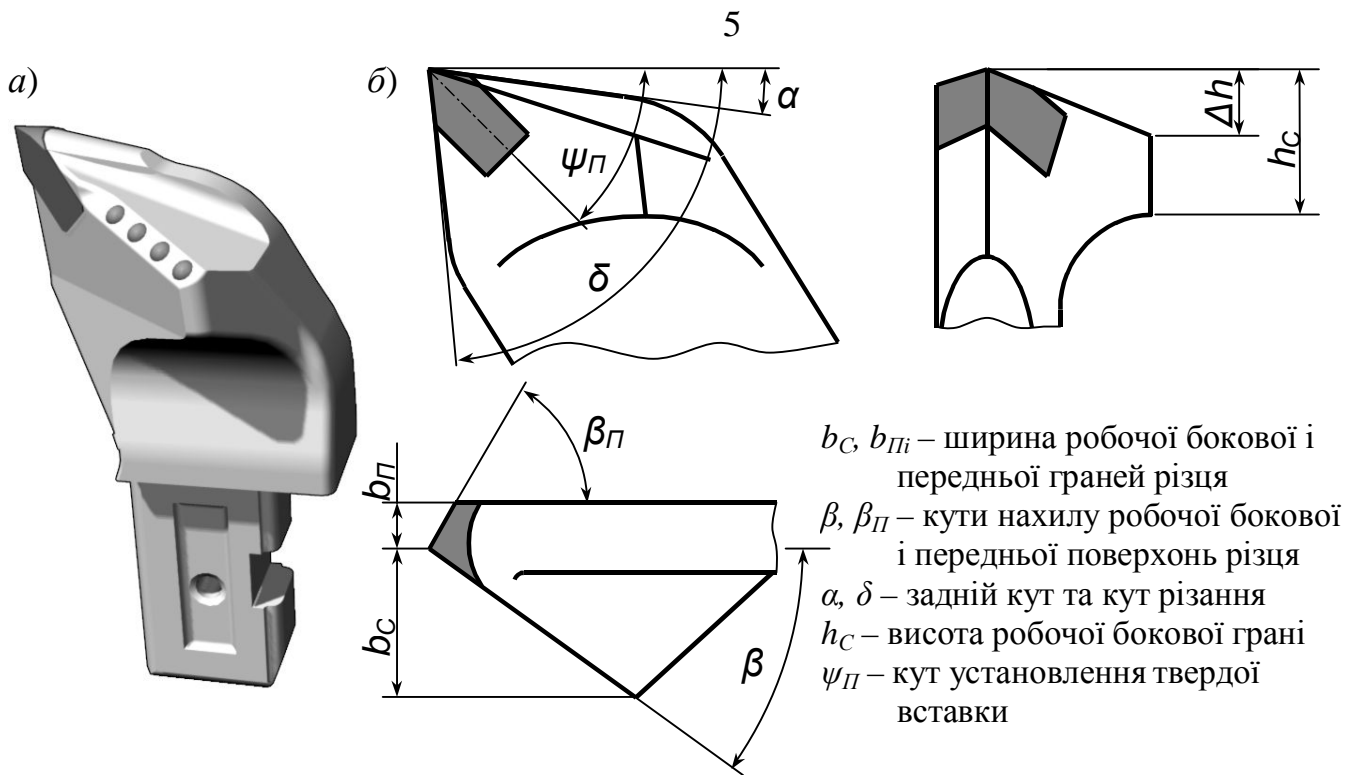


Рис. 1 Різець з робочою боковою гранню типу ЗРБ2-80 (а) і його параметри (б)

гранулометричний склад видобутого вугілля. Спеціальні експериментальні дослідження руйнування вуглецементного блоку підтверджують наведені положення. Зусилля руйнування міжщільнивого цілика робочою боковою гранню значно, в 1,5...3 рази, менше, ніж зусилля, що формується на передній грані різця, при цьому руйнуванню дією робочої бокової грані піддається у 2...2,5 рази більший об'єм матеріалу, ніж руйнує передня грань різця. Руйнування відбувається більш великими відколами, у продукті руйнування істотно, в 1,5...2 рази, збільшується частка великих фракцій.

В результаті експериментальних тензометричних досліджень руйнування вуглецементного блоку встановлено:

1. Руйнування міжщільнивого цілика робочою боковою гранню відбувається шляхом відколювання окремостей (відколів), розподіл імовірностей довжин яких не суперечить незміщеному закону Вейбула (з критерієм згоди Пірсона не меншим 0,4).

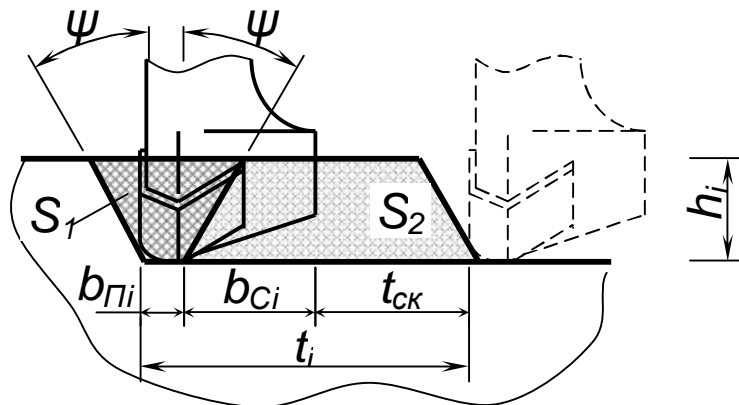


Рис. 2 Форма перерізу стружки, що зрізується різцем з робочою боковою гранню

2. Формування зусиль на різці з робочою боковою гранню при руйнуванні ним пласта є випадковий процес, а самі зусилля є багатопараметричними випадковими функціями, випадковий характер яких зумовлюється випадковим характером довжини відколу масиву, опірності пласта різанню, товщини стружки, величини кінематичного заднього кута та площі контакту задньої і неробочої бокової граней

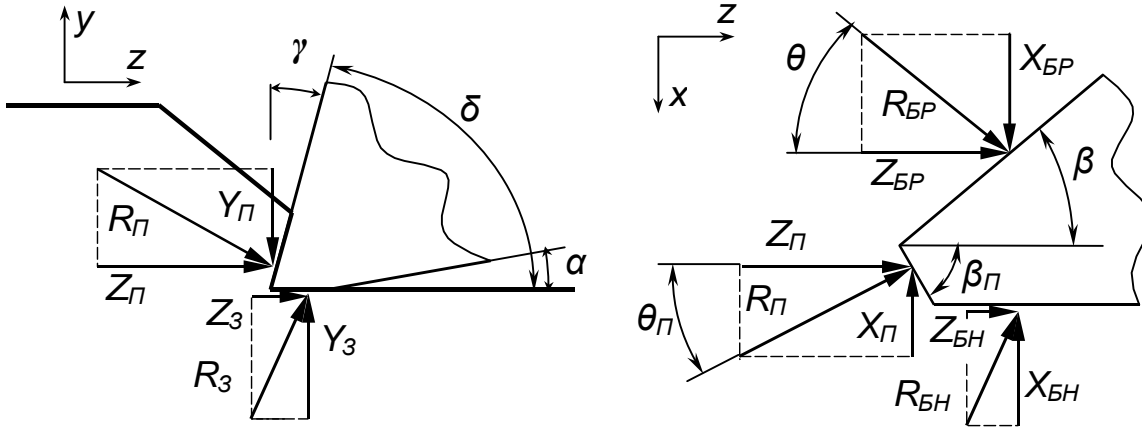


Рис. 3 Схема зусиль, що формуються на робочих гранях різця при руйнуванні пласта

різця з пластом.

3. Напрямок вектора зусилля, що формується на робочій боковій грані в процесі руйнування нею міжщільнивого цілика, рис. 3, залишається практично незмінним в процесі різання і залежить тільки від кута нахилу робочої бокової грані  $\beta_i$ . Залежність ця в межах  $20^\circ \leq \beta_i \leq 50^\circ$  носить лінійний характер і може бути описана виразом

$$\theta_i = \theta_0 - k_\beta \beta_i, \quad (1)$$

де  $\theta_i$  — кут нахилу вектора зусилля, що формується на робочій боковій грані;  $\theta_0$  і  $k_\beta$  — коефіцієнти регресії.

4. Величина математичного очікування складової  $X_{БР}$  зусилля, що формується на робочій боковій грані різця при руйнуванні нею міжщільнивого цілика, пропорційна величині опірності пласта різанню і ефективній площі перерізу міжщільнивого цілика, зв'язана з шириною робочої бокової грані оберненою залежністю (зі збільшенням ширини зусилля зменшується), а з кутом нахилу означеної грані — нелінійною, що має мінімум в області  $30^\circ \leq \beta_i \leq 40^\circ$ . Аналіз результатів досліджень показав можливість апроксимації залежності зусилля від вищенаведених факторів виразом вигляду

$$\bar{X}_{БРi} = \bar{A}_P k_{OTi} h_i (t_i - b_{Pi} - k_h h_i) \left( \frac{a}{\beta_i^2} + c(\beta_0 - \beta_i) b_{Ci} + d \right), \quad (2)$$

де  $\bar{A}_P$  — розрахункова середня опірність пласта різанню в невіджатій зоні вибою;  $h_i$ ,  $t_i$  — товщина і ширина стружки, що знімається  $i$ -м різцем;  $b_{Ci}$ ,  $b_{Pi}$  — ширина бокової робочої і передньої поверхонь  $i$ -го різця;  $\beta_i$  — кут нахилу робочої бокової грані  $i$ -го різця;  $k_{OTi}$  — коефіцієнт віджиму для  $i$ -го різця;  $k_h$ ,  $a$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $\beta_0$  — коефіцієнти регресії. Отримане рівняння адекватно експериментальному матеріалу з рівнем значимості  $\alpha=0,05$  (розрахункове значення критерію Фішера  $F=0,022$ , що значно менш табличного  $F_{табл} = 2,55$ ).



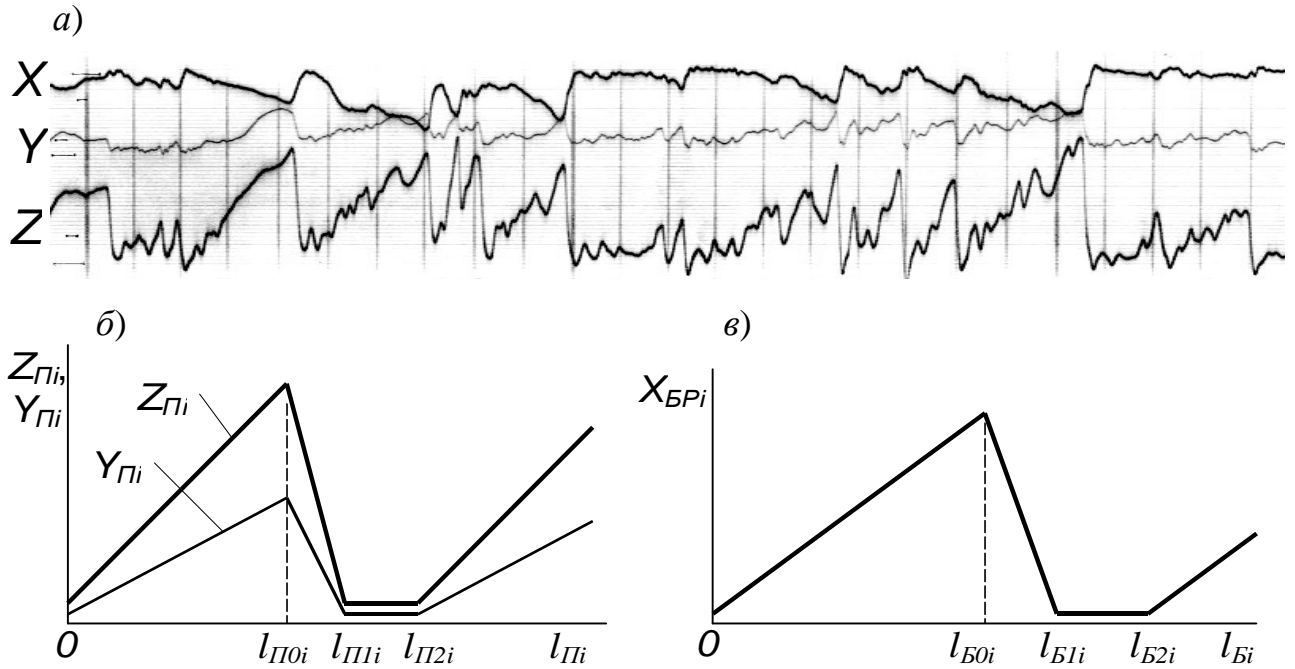


Рис. 4 Фрагмент осцилограми зусиль різання масиву різцем з робочою боковою гранню (а), лінеаризоване подання миттєвих зусиль на передній (б) і робочій боковій (в) гранях

4. Гарантоване руйнування міжщилинового цілика робочою боковою гранню різця відбувається при відношенні ширини частини цілика, яка вільно сколюється ( $t_{ck}$ , рис. 2) до товщини стружки, яке не перевищує 2, тобто за умови

$$t_i \leq (b_{Pi} + b_{Ci} + 2h_i). \quad (3)$$

На підставі результатів експериментальних досліджень розроблено математичну модель формування миттєвих зусиль на різці з робочою боковою гранню при руйнуванні вугільного пласта, яка враховує відкольний характер процесу руйнування пласта, випадковий характер опірності пласта різанню, швидкості переміщення комбайна, площі перерізу зрізу і величини кінематичного заднього кута, а також геометричні параметри різця. При цьому зусилля на передній і робочій боковій гранях різця подано як кусочно-лінійні функції шляху, пройденого різцем, рис. 4

$$Z_{Pi}(l_{Pi}) = \begin{cases} \bar{k}_{Pi} A_{Pi} h_i \cdot l_{Pi}, & l_{Pi} \in [0; l_{Pi0}); \\ \bar{k}_{Pi} A_{Pi} h_i \cdot l_{Pi0} \frac{l_{Pi1} - l_{Pi}}{l_{Pi1} - l_{Pi0}}, & l_{Pi} \in [l_{Pi0}; l_{Pi1}); \\ 0, & l_{Pi} \in [l_{Pi1}; l_{Pi2}]; \end{cases} \quad (4)$$

$$X_{BPi}(l_{Bi}) = \begin{cases} \bar{k}_{BPi} A_{Pi} h_i (t'_i - k_h h_i) \cdot l_{Bi}, & l_{Bi} \in [0; l_{B0}); \\ \bar{k}_{BPi} A_{Pi} h_i (t'_i - k_h h_i) \cdot l_{B0} \frac{l_{B1} - l_{Bi}}{l_{B1} - l_{B0}}, & l_{Bi} \in [l_{B0}; l_{B1}); \\ 0, & l_{Bi} \in [l_{B1}; l_{B2}], \end{cases} \quad (5)$$

де  $A_{Pi}$  — опірність пласта різанню в зоні, що руйнується в заданий момент часу  $i$ -м різцем;  $\bar{k}_{Pi}$ ,  $\bar{k}_{BPi}$  — математичні очікування коефіцієнтів, що враховують вплив крихко-пластичних властивостей пласта і геометричних параметрів ріжучого інструмента на величину зусиль руйнування пласта передньою і робочою боковою гранями  $i$ -го різця;  $l_{Pi}$ ,  $l_{Bi}$  — довжини шляху, пройденого  $i$ -м різцем в циклах сколювання передньою і робочою боковою гранями різця;  $l_{Pi0}$ ,  $l_{Pi1}$ ,  $l_{Pi2}$ ,  $l_{B0i}$ ,  $l_{B1i}$ ,  $l_{B2i}$ , — граничні значення довжин відколів масиву, при яких змінюється характер сил на передній і робочій боковій гранях  $i$ -го різця.

Математичні моделі складових миттєвого зусилля на різці з робочою боковою гранню — випадкові функції шляху, пройденого різцем, випадковий характер яких зумовлюється випадковим характером опірності вугілля різанню, довжини відколу масиву, товщини стружки, величини кінематичного заднього кута і площі контакту задньої та неробочої бокової граней різця зі зруйнованим пластом — мають вигляд

$$\begin{aligned} Z_i(l_i) &= A_{Pi} \left( \bar{k}_{Pi} h_i \cdot \xi_{Pi}(l_i) + \bar{k}_{BPi} h_i (t'_i - k_h h_i) \cdot \xi_{Bi}(l_i) \operatorname{ctg} \theta_i + f' \bar{k}_{\Delta Yi} \frac{S_i}{\alpha_{Ki} + \alpha_0} \right); \\ Y_i(l_i) &= A_{Pi} \left( \bar{k}_{Yi} h_i \cdot \xi_{Pi}(l_i) + \bar{k}_{\Delta Yi} \frac{S_i}{\alpha_{Ki} + \alpha_0} \right); \end{aligned} \quad (6)$$

$$X_i(l_i) = A_{Pi} (\bar{k}_{BPi} h_i (t'_i - k_h h_i) \cdot \xi_{Bi}(l_i) - \bar{k}_{Pi} h_i \cdot \xi_{Pi}(l_i) \operatorname{tg} \theta_{Pi} - \bar{k}_{BHi} S_{Bi}),$$

де  $\bar{k}_{\Delta Yi}$ ,  $\bar{k}_{BHi}$  — математичні очікування коефіцієнтів, що враховують вплив крихко-пластичних властивостей пласта і геометричних параметрів ріжучого інструмента на величину зусиль, що формуються на задній і неробочій боковій гранях  $i$ -го різця;  $S_i$ ,  $S_{Bi}$  — площа контакту  $i$ -го різця з масивом по задній та боковій граням відповідно;  $\alpha_{Ki}$  — величина кінематичного заднього кута;  $\alpha_0$  — стала величина;  $f'$  — коефіцієнт опірності пласта різанню;  $\xi_{Pi}(l_i)$  и  $\xi_{Bi}(l_i)$  — “функції сколювання” — випадкові функції шляху, пройденого різцем від точки його первісного зіткнення з масивом, які мають вигляд

$$\xi_{Pi}(l_i) = \begin{cases} l_i - L_{Pik}, & l_{Pi} \in [L_{Pik}; L_{Pik} + l_{P0}); \\ l_{P0} \frac{l_{P1} - (l_i - L_{Pik})}{l_{P1} - l_{P0}}, & l_{Pi} \in [L_{Pik} + l_{P0}; L_{Pik} + l_{P1}); \\ 0, & l_{Pi} \in [L_{Pik} + l_{P1}; L_{Pik} + l_{P2}]; \end{cases} \quad (7)$$

$$\xi_{Bi}(l_i) = \begin{cases} l_i - L_{Big}, & l_{Bi} \in [L_{Big}; L_{Big} + l_{B0}); \\ l_{B0} \frac{l_{B1} - (l_i - L_{Big})}{l_{B1} - l_{B0}}, & l_{Bi} \in [L_{Big} + l_{B0}; L_{Big} + l_{B1}); \\ 0, & l_{Bi} \in [L_{Big} + l_{B1}; L_{Big} + l_{B2}]. \end{cases} \quad (8)$$

Наведені математичні моделі адекватні експериментальним даним як за величиною (розбіжність між середніми зусиллями на різці, які зафіксовано протягом експерименту, і математичними очікуваннями модельних зусиль не перевищує 10%), так і за характером: зміна зусиль має явно виражений відкольний характер, близький по характеру до осцилограм зусиль, отриманих в результаті експериментальних досліджень. Про близькість модельних зусиль до реальних свідчать також результати статистичного і спектрального аналізу отриманих результатів. Спектральний аналіз модельних зусиль і зусиль, які зафіксовано в експерименті, показав їхню схожість: в обох випадках більшу частину дисперсії розподілено в інтервалі частот 0...20 Гц. Розподіл імовірностей зусиль різання, подачі і бокової сили, отриманих моделюванням, не суперечить експериментальним даним зі значенням критерію згоди Пірсона не нижче 0,5.

На підставі математичної моделі зусиль, що формуються на різці з робочою боковою гранню, визначено питомі енерговитрати руйнування пласта цим різцем і здійснено прогнозування гранулометричного складу зруйнованого вугілля. Математичне очікування питомих енерговитрат руйнування пласта одиничним різцем з робочою боковою гранню описується виразом вигляду

$$\bar{W}_{Pi} = \frac{\bar{A}_{Pi}}{3,6t_i} \left[ \bar{k}_{Pi} \bar{\xi}_{Pi} + \bar{k}_{BPi} \left( t_i' - \frac{\pi k_h \bar{v} \cdot \Delta\gamma_i}{4 \omega} \right) \bar{\xi}_{Bi} \text{ctg}\theta_i + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{\bar{v} \cdot \Delta\gamma_i} \cdot \frac{f' \bar{k}_{\Delta\gamma_i} \bar{S}_i}{\bar{\alpha}_{Ki} + \alpha_0} \right]. \quad (9)$$

де  $\omega$  — кутова швидкість обертання виконавчого органу;  $\Delta\gamma_i$  — центральний кут між  $i$ -м та попереднім різцем в одній лінії різання;  $\bar{v}$  — середнє значення швидкості переміщення комбайна.

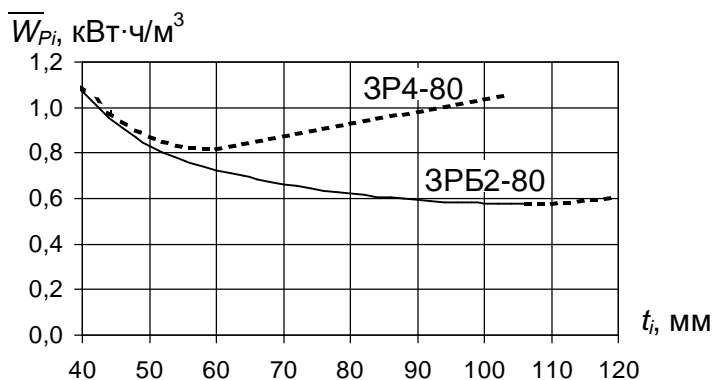


Рис. 5 Залежність питомих енерговитрат руйнування пласта різцем з робочою боковою гранню типу ЗРБ2-80 і різцем типу ЗР4-80 від ширини стружки

Питомі енерговитрати руйнування пласта різцем з робочою боковою гранню знижуються зі збільшенням ширини зрізу, рис. 5. Різець з робочою боковою гранню здатний працювати з шириною стружки до 90 мм, що дозволяє знизити питомі енерговитрати руйнування на 30...45% у порівнянні з існуючими типами ріжучого інструмента, для яких оптимальна ширина стружки складає 45...55 мм. При цьому питомі енерговитрати руйнування пласта виконавчим

органом (з урахуванням різців куткової групи, які працюють у нераціональному режимі з малою площею перерізу зрізу) знижуються на 20...30%.

Прогноз гранулометричного складу вугілля, який виконано на основі взаємозалежності питомих енерговитрат руйнування пласта і гранулометричного складу вугілля, показує, що при оснащенні виконавчого органу очисного комбайна різцями з робочою боковою гранню гранулометричний склад вугілля істотно покращується — вміст дрібних фракцій (0...6 мм) знижується в 1,3...1,5 рази, а вміст великих фракцій (більше 50 мм) збільшується в 1,5...2 рази. Промислові випробування різців з робочою боковою гранню типу ЗРБ2-80П в умовах 9 південної лави пласта  $L_1$  дільниці №1 шахти ім. Д. С. Коротченка ДХК «Селідововугілля» підтвердили прогноз: кількість штибу (0...6 мм) знизилася в 1,34 рази, а вихід великих фракцій (більше 50 мм) збільшився в 1,96 разів.

Для визначення максимального зусилля, яке діє на різець з робочою боковою гранню при зустрічі його з твердим включенням, розроблено математичну модель, яка враховує динамічні характеристики системи приводу виконавчого органу комбайна (яку подано п'ятимасовою динамічною моделлю), механічну характеристику електродвигуна і жорсткість системи «комбайн — поворотний редуктор з гідродомкратом — виконавчий орган — різець — тверде включення — пласт». Моделювання на ПЕОМ кінематичної системи приводу комбайна 1К-101У і дослідження отриманої моделі в умовах стопоріння виконавчого органу при ударі різця об тверде включення показали, що при зустрічі ріжучого інструмента з нездоланим твердим включенням він підпадає під значні навантаження (до 160 кН), які перевищують межу згинальної міцності державок різців існуючих конструкцій. Це зумовлює значну частку поломок різців існуючих конструкцій в загальному числі їхніх відмов.

**В третьому розділі** наведено методики розрахунку раціональних параметрів різців з робочою боковою гранню і схем їхнього набору на виконавчих органах очисних комбайнів, які ґрунтуються на розроблених математичних моделях, і визначено раціональні значення цих параметрів:

1. Параметри робочої бокової грані — ширина  $b_C$  і кут нахилу  $\beta$  — визначалися із умов зниження питомих енерговитрат руйнування пласта і забезпечення контакту грані по всій її ширині з пластом, що руйнується. Вплив цих параметрів на величину математичного очікування питомих енерговитрат руйнування пласта визначається виразом

$$\overline{W}_{Pi} = \overline{W}'_{Pi} + k_{\overline{W}_{Pi}} \Phi(\beta_i, b_{Ci}), \quad (10)$$

де  $\overline{W}'_{Pi}$  і  $k_{\overline{W}_{Pi}}$  — величини, що враховують вплив на величину питомих енерговитрат руйнування пласта його механічних властивостей і режиму роботи різця, а функція

$$\Phi(\beta_i, b_{Ci}) = \left( \frac{a}{\beta_i^2} + c(\beta_0 - \beta_i)b_{Ci} + d \right) \text{ctg}(\theta_0 - k_\beta \beta_i) \quad (11)$$

відображає вплив параметрів робочої бокової грані.

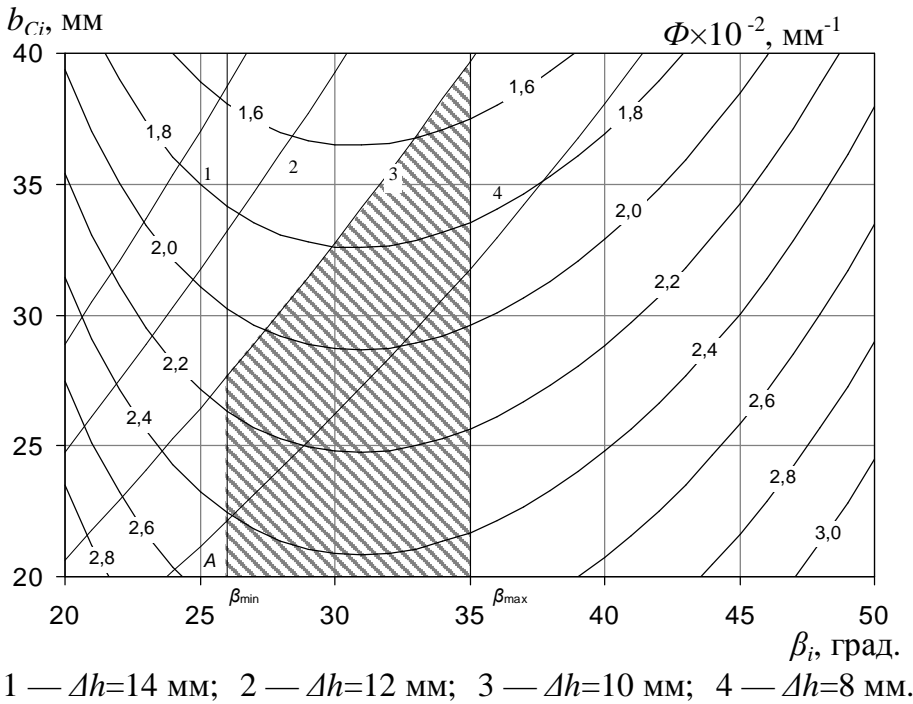


Рис. 6 Визначення раціональних значень ширини і кута нахилу робочої бокової грані різця

задній кут  $\alpha_{Bi}$ . Це призводить до зниження ріжучої кромки робочої бокової грані на величину  $\Delta h$  з віддаленням від вершини різця, см. рис. 1. Щоб робоча бокова грань не виходила з контакту з міжщільнивовим ціликом, величина  $\Delta h$  повинна бути обмежена, — не більше половини середньої товщини стружки. Для сучасних очисних комбайнів середня товщина стружки для різців забойної групи складає 15...25 мм. Отже, величина  $\Delta h$  не повинна перевищувати 8...12 мм.

Таким чином, задача вибору раціональних параметрів робочої бокової грані зводиться до задачі знаходження мінімуму функції  $\Phi$  в області, обмеженій нерівностями  $\beta_i \geq \beta_{\min}$ ,  $\beta_i \leq \beta_{\max}$  и  $\Delta h \leq \Delta h_{\max}$ , де  $\beta_{\min}$  и  $\beta_{\max}$  — граничні значення кута  $\beta_i$  з умови його оптимальності, що мають значення відповідно  $26^\circ$  и  $35^\circ$ ;  $\Delta h_{\max}$  — максимальна допустима величина зниження ріжучої кромки робочої бокової грані. Графічне рішення цієї задачі надане на рис. 6: раціональні значення ширини та кута нахилу робочої бокової грані складають відповідно 35...40 мм і  $35^\circ$ .

2. Параметри передньої грані — ширина  $b_{II}$  та кут нахилу  $\beta_{II}$ , а також кут різання  $\delta$  і конструктивний задній кут  $\alpha$ , — визначалися з умов зниження питомих енерговитрат руйнування пласта, забезпечення необхідної міцності твердої вставки і роботи різця з величиною кінематичного заднього кута не менше  $8^\circ$ . При цьому враховувався вплив нерівномірності переміщення комбайна на величину кінематичного заднього кута

$$\alpha_{Ki}(t) \approx \alpha_i - \frac{\dot{x} \cdot \sin \varphi_i(t)}{0,5D_{II}\omega} \cdot \frac{180}{\pi} = \alpha_i - \frac{360(\bar{v} + a_v \cdot \cos \lambda t) \cdot \sin \varphi_i(t)}{\pi D_{II}\omega}, \quad (12)$$

Ширина робочої бокової грані у межах 20...40 мм впливає на величину питомих енерговитрат руйнування пласта обернено — зі збільшенням ширини питомі енерговитрати знижуються. Кут нахилу робочої бокової грані у межах  $20...50^\circ$  впливає на питомі енерговитрати нелінійно — мінімум питомих енерговитрат руйнування пласта відповідає величині кута в інтервалі  $26...35^\circ$ .

Виступ корпуса різця, що формує робочу бокову грань, має деякий

де  $\alpha_i$  — конструктивне значення заднього кута  $i$ -го різця;  $D_{II}$  — діаметр виконавчого органу по вершинам різців;  $\lambda$  і  $a_v$  — відповідно домінуюча частота і амплітуда коливань швидкості переміщення комбайна; остання є випадковою величиною, щільність розподілу імовірностей якої з високим коефіцієнтом згоди Пірсона (не менше 0,88) підкоряється нормальному закону. Раціональні значення кута різання і конструктивного заднього кута склали відповідно  $80...85^\circ$  і  $11...13^\circ$ .

Ширина та кут нахилу передньої грані визначалися з умов зниження питомих енерговитрат руйнування пласта і осьового зрівноваження виконавчого органу комбайна. Введення останнього критерію зумовлено тим, що, згідно попереднім шахтним випробуванням різців з робочою боковою гранню (проведеним в ДВАТ «Шахта «Південнодонбаська» №1», комбайн 2ГШ-68, різці — модернізовані ЗР4-80 з привареними робочими боковими гранями) зусилля, що формуються на них в процесі руйнування пласта, знижують осьову урівноваженість виконавчого органу і призводять до зміщення комбайна в напрямку виробленого простору.

Для забезпечення осьової урівноваженості виконавчого органу необхідно, щоб бокова складова зусилля, що формується на передній грані різця, не тільки компенсувала бокову складову зусилля на його робочій боковій грані, але й сприяла компенсації бокових зусиль, що формуються на різцях куткової групи:

$$\bar{F}_Y = \sum_{i=1}^{n_3} \bar{X}_{Pi}(\varphi_i) - \sum_{i=1}^{n_3} \bar{X}_{BPi}(\varphi_i) - \sum_{j=1}^{n_K} \bar{X}_{Kj}(\varphi_j) \approx 0, \quad (13)$$

де  $\bar{F}_Y$  — сумарне осьове зусилля, що формується на виконавчому органі;  $\bar{X}_{Pi}(\varphi_i)$ ,  $\bar{X}_{BPi}(\varphi_i)$  і  $\bar{X}_{Kj}(\varphi_j)$  — математичні очікування бокових складових зусиль, що формуються на передній та робочій боковій гранях  $i$ -го різця забойної групи і на  $j$ -му кутковому різці, повернутих на центральний кут  $\varphi_i$  ( $\varphi_j$ ) відносно початку відліку;  $n_3$ ,  $n_K$  — кількість різців відповідно забойної та куткової груп, які водночас взаємодіють з пластом, що руйнуються.

Моделюванням на ПЕОМ вектора зовнішнього збурення для виконавчих органів десяти різних типорозмірів, обладнаних ріжучим інструментом з робочою боковою гранню, було встановлено, що при значеннях ширини і кута нахилу передньої грані, рівних відповідно  $10...12$  мм і  $53...55^\circ$  досягається задовільне осьове зрівноваження виконавчих органів усіх типорозмірів — середня величина осьового зусилля знижується мінімум у 5 разів.

3. Кут установлення твердої вставки  $\psi_{II}$  визначався з умови його рівності або близькості величині математичного очікування кута нахилу вектора сумарного зусилля, яке діє на неї

$$\bar{\psi}_i = \arctg \left[ \left( \bar{k}_{Yi} \bar{\xi}_{Pi} \bar{h}_i + \bar{k}_{\Delta Yi} \frac{\bar{S}_i}{\bar{\alpha}_{Ki} + \alpha_0} \right) \times \left( \bar{k}_{Pi} \bar{\xi}_{Pi} \bar{h}_i + f' \bar{k}_{\Delta Yi} \frac{\bar{S}_i}{\bar{\alpha}_{Ki} + \alpha_0} \right)^{-1} \right], \quad (14)$$

і склав  $45...53^\circ$ . Шахтні випробування різців з робочою боковою гранню типу ЗРБ2-80П з твердосплавною вставкою, розташованою в корпусі різця під кутом  $\psi_{II} = 45^\circ$ , показали зниження витрат різців в 1,8 рази в порівнянні з витратами різців типу ЗР4-80, при цьому випадків відриву твердої вставки не було зафіксовано.

4. Параметри перерізу стружки — ширина  $t$  і товщина  $h$ , — визначалися з умов зниження питомих енерговитрат руйнування пласта і гарантованого руйнування міжщільного цілика. Питомі енерговитрати (9) знижуються при збільшенні ширини і товщини стружки. Сучасні високоенергоозброєні очисні комбайни здатні працювати зі швидкістю подачі до 5 м/хв. При цьому, згідно умові гарантованого руйнування міжщільного цілика (3), різець з робочою боковою гранню може працювати з шириною стружки до 80...90 мм.

*У четвертому розділі* надано опис умов і засобів експериментального дослідження процесу руйнування масиву вугілля різцями з робочою боковою гранню, обґрунтована показність умов проведення експерименту і достовірність експериментального матеріалу, наведено методи планування експерименту і обробки отриманих результатів.

Експериментальні дослідження руйнування пласта різцем з робочою боковою гранню з фіксуванням миттєвих зусиль на його гранях були проведені в лабораторних умовах на спеціально обладнаному стенді. В якості матеріалу, який імітує пласт, що руйнується, було використано вуглецементні блоки. У процесі досліду фіксувалися миттєві значення трьох складників зусилля, яке діє на різець, а також вимірювався незруйнований залишок міжщільного цілика (у випадку, якщо він утворювався).

Стенд для дослідження процесу руйнування вуглецементного блоку різцем з робочою боковою гранню було створено на базі поперечно-стругального верстата марки 7Е35. Конструкція стенду дозволяла змінювати у широких межах, задавати з достатньою точністю і витримувати протягом досліду режимні параметри процесу руйнування. Вимір зусиль, що формуються на різці, здійснювався спеціально сконструйованим високочутливим безгістерезисним трикомпонентним тензометричним динамометром високої жорсткості, сигнал з якого посилювався тензометричним підсилювачем “Топаз-3” і фіксувався магнітоелектричним осцилографом Н-117 на світлочутливу стрічку.

Достовірність дослідних даних забезпечувалася проведенням експериментальних досліджень з використанням сучасної вимірювальної і реєструвальної апаратури та дотриманням вимог до її застосування, і оцінювалася у відповідності з узвичаєним статистичним апаратом. Рівноточність вимірів перевірялася за критерієм Кохрена, значимість відмінності середньовибірочних значень — за критерієм Стюдента, адекватність математичної моделі оцінювалася за критерієм Фішера, відповідність розподілу імовірностей дослідних величин теоретичним законам — за критерієм згоди Пірсона. Перевірка статистичних гіпотез здійснювалася при довірчій імовірності 95%.

Промислові випробування різців з робочою боковою гранню були проведені у показних умовах — в 9 південній лаві пласта  $L_1$  дільниці №1 шахти ім. Д. С. Коротченка ДХК «Селідововугілля». Протягом іспитів визначався фракційний склад зруйнованого вугілля, а також проводилися спостереження роботи комбайна, обладнаного вищезазначеними різцями, з метою визначення продуктивності, тривалості і рівномірності роботи виконавчого органу, витрат різців. Первісно виконавчий орган комбайна 1К-101У був оснащений різцями типу ЗР4-80. Після оснащення виконавчого органу комбайна ріжучим інструментом з робочою боковою гранню — різцями типу ЗРБ2-80П його продуктивність зросла в 1,5 рази (з 3,1 до 4,7 т/хв.), гранулометричний склад видобутого вугілля істотно покращився: вміст дрібних фракцій (0...6 мм) знизився в 1,34 рази (з 46,9% до 34,9%), а вихід великих фракцій (більше 50 мм) збільшився в 1,96 рази (з 5,6% до 11,0%), витрати різців зменшилися в 1,8 рази (з 25 до 14 шт./тис. т).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі надане нове рішення науково-технічної задачі, яка має важливе народногосподарське значення, і полягає в визначенні характеру взаємодії ріжучого інструмента з робочою боковою гранню з пластом, що руйнується, розробці математичних моделей сил, що формуються на його гранях, як багатопараметричних випадкових функцій, і на їхній основі — методик визначення раціональних параметрів різців з робочою боковою гранню і схем їхнього набору на виконавчих органах очисних комбайнів, які дозволяють знизити на 20...30% питомі енерговитрати руйнування пласта, покращити гранулометричний склад видобутого вугілля — знизити в 1,3...1,5 рази вміст дрібної фракції (штибу), і збільшити в 1,5...2 рази вихід великих фракцій, — а також підвищити в 1,3...1,5 рази продуктивність комбайна.

За результатами роботи можна зробити такі висновки:

1. Ріжучий інструмент з робочою боковою гранню руйнує пласт, створюючи в ньому комбінований напружений стан, при якому робоча бокова грань створює здебільшого напруження зсуву, а передня грань — напруження стиску. Такий спосіб руйнування є більш ефективним у порівнянні зі способом руйнування пласта існуючим ріжучим інструментом, що дозволяє знизити на 20...30% питомі енерговитрати руйнування пласта, значно покращити гранулометричний склад видобутого вугілля і підвищити в 1,3...1,5 рази продуктивність комбайна.

2. Аналітичні і експериментальні тензометричні дослідження руйнування масиву різцем з робочою боковою гранню дозволили встановити наступне:

2.1 Руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню відбувається шляхом сколювання окремоностей (відколів) як передньою, так і робочою боковою гранями, розподіл імовірностей довжин яких (відколів) не суперечить закону Вейбула.



2.2 Сила, що формується на робочій боковій грані різця при руйнуванні ним пласта, є багатопараметричною випадковою функцією, величина і випадковий характер якої зумовлені величиною і випадковим характером довжин відколів масиву означеною гранню (з розподілом імовірностей, не суперечним закону Вейбула), опірності вугілля різанню (з розподілом імовірностей за нормальним законом), а також товщиною і шириною стружки і параметрами різця — шириною і кутом нахилу робочої бокової грані.

2.3 Математичне очікування зусилля, що формується на робочій боковій грані при руйнуванні міжщілинового цілика:

— пропорційно величині опірності вугілля різанню та ефективній площі перерізу міжщілинового цілика;

— залежить від ширини робочої бокової грані обернено;

— нелінійно залежить від кута нахилу робочої бокової грані, досягаючи мінімуму при значеннях кута в інтервалі  $30...40^\circ$ .

2.4 Гарантоване руйнування міжщілинового цілика різцем з робочою боковою гранню відбувається при відношенні ширини частини цілика, яка вільно сколюється, до товщини стружки, яке не перевищує 2.

3. Вперше розроблені в дисертації математичні моделі миттєвих зусиль, що формуються на різці з робочою боковою гранню при руйнуванні пласта і при зустрічі з твердим включенням, дозволили встановити:

3.1 Питомі енерговитрати руйнування пласта знижуються зі збільшенням ширини зрізу. Різець з робочою боковою гранню здатний працювати з шириною стружки до 90 мм, що дозволяє знизити на  $30...45\%$  питомі енерговитрати руйнування пласта одиничним різцем у порівнянні з питомими енерговитратами руйнування пласта ріжучими інструментами існуючих конструкцій. При цьому питомі енерговитрати руйнування пласта виконавчим органом знижуються на  $20...30\%$ .

3.2 Збільшення площі перерізу стружки і зниження питомих енерговитрат руйнування пласта дозволяють істотно покращити гранулометричний склад видобутого вугілля — вміст дрібних фракцій ( $0...6$  мм) зменшується в  $1,3...1,5$  рази, а вміст великих фракцій (більше 50 мм) збільшується в  $1,5...2$  рази.

3.3 При зустрічі ріжучого інструмента з нездоланим твердим включенням він підпадає під значні навантаження (до 160 кН), які перевищують межу згинальної міцності державок різців існуючих типів. Це зумовлює значну частку поломок різців існуючих конструкцій в загальному числі їхніх відмов.

4. Методики визначення раціональних параметрів різців з робочою боковою гранню і схем їхнього набору на виконавчих органах очисних комбайнів, основані на розробленій математичній моделі миттєвих зусиль, що формуються на різці з робочою боковою гранню при руйнуванні пласта, дозволяють на стадії проектування ріжучого інструмента та виконавчих органів, оснащених такими різцями, визначати раціональні значення основних параметрів відповідно різців,

виконавчих органів і режимних параметрів руйнування ними вугільного пласта, що забезпечують зниження на 30...45% питомих енерговитрат руйнування пласта, істотне поліпшення гранулометричного складу видобутого вугілля (зниження в 1,3...1,5 рази вмісту штибу і збільшення в 1,5...2 рази виходу великих фракцій), підвищення в 1,3...1,5 рази продуктивності комбайна, а також зниження (приблизно в 5 раз) осьової неврівноваженості виконавчого органу і зменшення в 1,8 рази витрат різців.

5. У якості раціональних значень параметрів, отриманих у відповідності з розробленими методиками, рекомендуються:

5.1 Кут нахилу і ширина робочої бокової грані, які дорівнюють відповідно  $35^\circ$  і 35...40 мм, що забезпечує зниження на 30...45% питомих енерговитрат руйнування пласта і забезпечення контакту з масивом по всій ширині робочої бокової грані.

5.2 Висота робочої бокової грані повинна складати не менше 35 мм для забезпечення контакту з масивом по всій її висоті.

5.3 Кут установлення твердої вставки в корпусі різця в інтервалі  $45...53^\circ$ , що підвищує міцність і довговічність різця.

5.4 Конструктивні кут різання і задній кут — відповідно в інтервалах  $80...85^\circ$  і  $11...13^\circ$ , що забезпечує достатню міцність твердої вставки і роботу різця з величиною кінематичного заднього кута не менше  $8^\circ$ .

5.5 Ширина передньої грані і кут її нахилу відповідно 10...12 мм і  $53...55^\circ$ , що забезпечує як зниження на 8...12% питомих енерговитрат руйнування пласта, так і зменшення осьової неврівноваженості виконавчого органу — осьове зусилля знижується приблизно в 5 раз.

5.6 Режим роботи різця з робочою боковою гранню по руйнуванню пласта — по послідовній схемі з шириною зрізу, яка дорівнює 80...90 мм, і середньою товщиною зрізу не менше 2 см, забезпечує зниження на 30...45% питомих енерговитрат руйнування пласта і гарантоване руйнування міжщилинового цілика.

6. Рекомендовані параметри різців з робочою боковою гранню і схем їхнього набору на виконавчих органах очисних комбайнів слід застосовувати при наступних обмеженнях: робота комбайна по пласту з опірністю вугілля різанню до 360 кН/м, з незначною кількістю твердих включень, при незначній потужності порідних прошарків і присічок бокових порід.

7. Результати дисертаційної роботи використані при виготовленні ріжучого інструмента для очисних комбайнів, відновленні і ремонті шнеків виконавчих органів комбайнів типів 1К-101, К-103 та ГШ-68.

8. Очікуваний економічний ефект від використання результатів дисертаційної роботи складає приблизно 4,6 млн. грн. на одну лаву за рік.

## СПИСОК РОБІТ, ЯКІ ОПУБЛІКОВАНО ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бойко Н.Г., Федоров О.В. Характер взаимодействия рабочей грани резца с разрушаемым материалом. // Труды Донецкого государственного технического университета. Выпуск 7, серия горно-электромеханическая. — Донецк: ДонГТУ, 1999. — С. 21-27.

2. Бойко Н.Г., Федоров О.В. Параметры разрушения угля режущим инструментом с рабочей боковой гранью // Гірнична електромеханіка та автоматика: міжвід. науково-технічний збірник.— Дніпропетровськ: НГА України, 1999. — Вип. 2 (61). — С. 256 —258.

3. Формирование усилий на гранях резцов при разрушении пластов сложной структуры и наличии твердых включений / Бойко Н.Г., Марков Н.А., Бойко Е.Н., Федоров О.В. // Гірнична електромеханіка та автоматика: міжвід. науково-технічний збірник.— Дніпропетровськ: НГА України, 2000. — Вип. 64. — С. 147—153.

4. Характер и параметры разрушения пласта резцами с рабочей боковой гранью / Бойко Н.Г., Марков Н.А., Бойко Е.Н., Федоров О.В. // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 16, серія гірничо-електромеханічна. — Донецьк: ДонДТУ, 2000. — С. 21-27.

5. Формирование гранулометрического состава угля при добыче его очистными комбайнами / Бойко Н.Г., Марков Н.А., Бойко Е.Н., Федоров О.В. // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 27, серія гірничо-електромеханічна. — Донецьк: ДонДТУ, 2001. — С. 35-64.

6. Разрушение хрупких материалов резцами с рабочей боковой гранью / Бойко Н.Г., Бойко Е.Н., Марков Н.А., Федоров О.В. // Резание и инструмент в технологических системах. Межвед. научн.-техн. сборник. — Харьков: ХГПУ, 2001. — Вып. 60. — С. 13-18.

7. Бойко Н.Г., Бойко Е.Н., Федоров О.В. Математическое моделирование мгновенных усилий, формирующихся на резце с рабочей боковой гранью. // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 35, серія гірничо-електромеханічна. — Донецьк: ДонДТУ, 2001. — С. 21-27.

В публікаціях, які написано у співавторстві, автором: [ 1 ] — виконано аналітичне дослідження характеру взаємодії робочої бокової грані різця з матеріалом, що руйнується; [ 2 ] — досліджено особливості руйнування вугільного пласта різцем з робочою боковою гранню; [ 3 ] — виконано експериментальні та аналітичні дослідження зусиль, що формуються на різці з робочою боковою гранню при руйнуванні пласта; [ 4 ] — виконано експериментальні і аналітичні дослідження процесу руйнування пласта різцем з робочою боковою гранню; [ 5 ] — здійснено прогнозування гранулометричного складу вугілля, яке зруйноване різцем з робочою боковою гранню; [ 6 ] — визначені питомі енерговитрати руйнування пласта різцями з робочою боковою гранню; [ 7 ] — розроблено математичну модель миттєвих зусиль, що формуються на різці з робочою боковою гранню.

## АНОТАЦІЯ

Федоров О. В. Обґрунтування раціональних параметрів ріжучого інструмента з робочою боковою гранню для очисних комбайнів. Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 — гірничі машини. — Донецький національний технічний університет, Донецьк, 2002.

Дисертація присвячена обґрунтуванню параметрів нового типу ріжучого інструмента для очисних комбайнів — різця з робочою боковою гранню — який руйнує пласт комбінованим способом, за рахунок створення в ньому здебільшого напружень зсуву. В роботі дається нове рішення технічної проблеми, що має важливе значення для економіки України. Встановлено, що різці з робочою боковою гранню більш ефективні, ніж різці існуючих конструкцій. Розроблено методики і визначено параметри різців з робочою боковою гранню і схем їхнього набору на виконавчому органі, що забезпечують зниження на 20...30% питомих енерговитрат руйнування пласта, значне поліпшення гранулометричного складу добутого вугілля і підвищення в 1,3 ...1,5 разів продуктивності очисних комбайнів.

Основні результати роботи знайшли застосування при проектуванні, виготовленні та випробуваннях різців з робочою боковою гранню типів ЗРБ2-80Л та ЗРБ2-80П.

Ключові слова: різець, робоча бокова грань, пласт, руйнування, питомі енерговитрати, гранулометричний склад.

## ANNOTATION

Fedorov O. V. Substantiation of parameters of a cutting tool with a working lateral face for stoping combines. The manuscript.

The dissertation for a candidate's degree in technical sciences by speciality 05.05.06 — mining machines. — Donetsk national technical university, Donetsk, 2002.

The dissertation is dedicated to substantiation of parameters of a new type cutting tool for stoping combines — cutter with a working lateral face — destroying a coal seam by the combined way, at the expense of creation of mainly shift tension in it. The work gives a new solution of the technical problem having important signification for Ukrainian economy. It is established, that the cutters with a working lateral face are more effective, than cutters of existing designs. The methods are developed and the parameters of cutters with a working lateral face and schemes of their setting on effectors ensuring 20...30% reduction of specific energy expenses for coal crushing, significant improvement of coal grain-size distribution and 1,3...1,5 times increasing of productivity of stoping combines are determined.

The main results of work have found application in designing, fabrication and tests of cutters with a working lateral face of a ЗРБ2-80Л and ЗРБ2-80П types.

Key words: cutter, working lateral face, seam, destruction, specific energy expenses, grain-size distribution.

## АННОТАЦИЯ

Федоров О. В. Обоснование параметров режущего инструмента с рабочей боковой гранью для очистных комбайнов. Рукопись.

Диссертация на соискание ученого звания кандидата технических наук по специальности 05.05.06 — горные машины. — Донецкий национальный технический университет, Донецк, 2002.

Диссертация посвящена обоснованию параметров нового типа режущего инструмента для очистных комбайнов — резца с рабочей боковой гранью — разрушающего пласт комбинированным способом, за счет создания в нем преимущественно напряжений сдвига. В работе дается новое решение технической проблемы, имеющей большое значение для экономики Украины.

Установлено, что резцы с рабочей боковой гранью разрушают пласт за счет создания в массиве комбинированного напряженного состояния, при котором рабочая боковая грань создает преимущественно напряжение сдвига, а передняя грань — напряжение сжатия. Известно, что угли и породы значительно меньше (на порядок) сопротивляются разрушению сдвигом по сравнению с сопротивлением разрушению сжатием. Поэтому такие резцы более эффективны, чем резцы существующих конструкций, разрушающие пласт за счет создания в нем преимущественно напряжений сжатия.

Проведенные лабораторные тензометрические исследования показали: усилие разрушения межщелевого целика рабочей боковой гранью значительно, в 1,5...3 раза, меньше усилия, формирующегося на передней грани резца, при этом разрушению воздействием рабочей боковой грани подвергается в 2...2,5 раза больший объем материала, чем разрушает передняя грань резца; разрушение происходит более крупными сколами, в продукте разрушения существенно, в 1,5...2 раза, увеличивается доля крупных фракций.

На основании опытных данных разработана математическая модель формирования мгновенных усилий на резце с рабочей боковой гранью при разрушении им угольного массива, учитывающая неравномерность процесса резания пласта, случайный характер сопротивляемости пласта резанию, скорости перемещения комбайна, площади сечения среза и величины кинематического заднего угла, а также геометрические параметры резца. Мгновенные усилия представлены как многопараметрические случайные функции, по характеру изменения, числовым характеристикам, законам распределения и спектральному составу дисперсии близкие к усилиям, зафиксированным экспериментально.

Определена зависимость удельных энергозатрат разрушения пласта резцами с рабочей боковой гранью от параметров резцов и режима разрушения. Установлено, что удельные энергозатраты разрушения снижаются при увеличении ширины срезаемой стружки, стабилизируясь при ее ширине свыше 80...90 мм. При этом удельные энергозатраты разрушения пласта единичным резцом с рабочей боковой

гранью на 30...45% ниже, чем удельные энергозатраты разрушения пласта резцами существующих типов (например, типа ЗР4-80). Удельные энергозатраты разрушения пласта исполнительным органом комбайна при оборудовании его забойной группы резцами с рабочей боковой гранью, снижаются на 20...30%.

На основе опытных данных и полученной математической модели разработаны методики и определены параметры резцов с рабочей боковой гранью (угла резания и конструктивного заднего угла, ширины и угла наклона рабочей боковой и передней граней, угла установки твердой вставки) и схем их набора на исполнительных органах очистных комбайнов, обеспечивающие снижение на 20...30% удельных энергозатрат разрушения пласта, значительное улучшение гранулометрического состава добытого угля: снижение в 1,3...1,5 раза содержание мелкой фракции (штыба), и увеличение в 1,5...2 раза выхода крупных фракций, повышение в 1,3...1,5 раза производительности очистных комбайнов, а также снижение (примерно в 5 раз) осевой неуравновешенности исполнительного органа и уменьшение в 1,8 раза расхода резцов.

На основании проведенных исследований разработана новая конструкция резца с рабочей боковой гранью типов ЗРБ2-80Л (с левым расположением рабочей боковой грани) и ЗРБ2-80П (с правым расположением рабочей боковой грани), предназначенные для оснащения исполнительных органов очистных комбайнов 1К-101, К-103, 1ГШ-68 и иных типов, разработаны схемы набора резцов и конструкции исполнительных органов. Промышленные испытания резцов с рабочей боковой гранью, проведенные в условиях 9 южной лавы пласта  $L_1$  участка № 1 шахты им. Д. С. Коротченка ДХК «Селидовоуголь», подтвердили результаты исследований, показали высокую эффективность режущего инструмента с рабочей боковой гранью. Первоначально исполнительный орган комбайна 1К-101У был оборудован резцами типа ЗР4-80. После оборудовании исполнительного органа комбайна режущим инструментом с рабочей боковой гранью типа ЗРБ2-80П его производительность возросла в 1,5 раза (с 3,1 до 4,7 т/мин.), сортовой состав добытого угля существенно улучшился: содержание мелких фракций (0...6 мм) снизилось в 1,34 раза (с 46,9% до 34,9%), а выход крупных фракций (больше 50 мм) увеличился в 1,96 раза (с 5,6% до 11,0%), расход резцов уменьшился в 1,8 раза (с 25 до 14 шт./тыс.т.).

Ключевые слова: резец, рабочая боковая грань, пласт, разрушение, удельные энергозатраты, гранулометрический состав.