

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

РАДУЛ ВАДИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 622.224

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БЕЗЦІЛИКОВОЇ ПІДГОТОВКИ
КРУТИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ НА ГЛИБИНАХ ПОНАД ТИСЯЧУ
МЕТРІВ**

Спеціальність: 05.15.02 – Підземна розробка родовищ корисних копалин

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному підприємстві "Донбаський науково-дослідний і проектно-конструкторський вугільний інститут" (ДОННДІ) Міністерства енергетики та вугілля України (м. Горлівка).

Науковий керівник:

доктор технічних наук,
старший науковий співробітник,
заступник генерального директора
Державного підприємства «Науково-технічний центр
«Вуглеінновація» Міненерговугілля України (м. Київ)

**КРАСНИК
В'ячеслав
Григорович**

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,
завідувач відділу захисних пластів і управління станом
гірського масиву Українського державного
науково-дослідного і проектно-конструкторського
інституту гірничої геології, геомеханіки і
маркшейдерської справи НАН України (м. Донецьк)

**КАНІН
Володимир
Олексійович**

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри підземної розробки
родовищ Державного вищого навчального
закладу «Національний гірничий університет»
Міністерства освіти і науки, молоді та спорту
України (м. Дніпропетровськ)

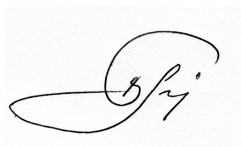
**МЕДЯНИК
Володимир
Юрійович**

Захист відбудеться "27" квітня 2012 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03 із захисту дисертацій при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11.

Автореферат розісланий "26" березня 2012 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.03,
кандидат технічних наук, доцент



В.І. Тимошук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Подальша розробка крутих і крутопохилих вугільних пластів призвела до значного збільшення глибини (понад 1000 м) ведення гірничих робіт. В таких умовах очікується ще в більшому ступені погіршення гірничо-геологічних умов. Подолання негативних проявів гірського тиску і освоєння високих техніко-економічних показників роботи вугільних підприємств при розробці глибоких горизонтів може бути досягнуте за рахунок створення і впровадження раціональних схем і способів підготовки вугільних пластів.

Однією з необхідних для цього умов є розташування підготовчих виробок в міцних породах, а також застосування польової підготовки. Це значно покращує умови підтримки гірничих виробок, ізолює їх від впливу виробленого простору, що особливо важливе при розробці пластів, із слабкими бічними породами і схильних до самозаймання, підвищує безпеку ведення робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ, покращує температурні умови праці шахтарів.

Особливістю діючих технологічних схем польової підготовки, в разі виймання вугілля відбійними молотками або комбайнами, є те, що під час переходу гірничих робіт на нижчій горизонт, над вентиляційним горизонтом утворюються цілики вугілля. Їх залишення характеризується великими обсягами проведення підготовчих виробок і значними витратами на їх підтримку, експлуатаційними втратами вугілля, обмеженням навантажень на очисні вибої за газовим чинником, складністю транспортування вугілля і матеріалів, небезпекою газодинамічних явищ.

Залишені цілики сприяють утворенню зон підвищеного гірського тиску (ПГТ), які негативно впливають на безпечне ведення гірничих робіт на сусідніх пластах, особливо схильних до раптових викидів вугілля і газу.

Таким чином, розробка і наукове обґрунтування нових і вдосконалення існуючих технологічних параметрів безціликової підготовки крутих вугільних пластів на глибинах понад тисячу метрів є актуальною науково-практичною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в Донбаському науково-дослідному і проектно-конструкторському вугільному інституті (ДонНДІ) в рамках тем Мінвуглепрому України, в яких автор брав безпосередню участь: у 1999 – 2000 р. за темою «Розробити керівництво по веденню гірничих робіт «Круті і крутопохилі пласти. Польова підготовка без залишення ціликів вугілля» (№ № 0319823050-М-ЦЗ, 0319823050-ЦОЗ) номер держреєстрації 0199U004366, 0100U006281, у 2004 – 2005 р. за темою «Розробити галузевий стандарт України (СОУ) «Круті і крутопохилі пласти. Ведення гірничих робіт на пластах, небезпечних за раптовими обваленнями (висипаннями) вугілля» номер держреєстрації 0104U008477, 0105U006619, результати якої увійшли до Стандарту Мінвуглепрому України «Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ» (СОУ 10.1.00174088.011–2005).

Мета роботи – обґрунтування технологічних параметрів польової підготовки крутих вугільних пластів на вентиляційних горизонтах без залишення стрічкових ціликів на глибинах понад тисячу метрів.

Для досягнення мети були вирішені наступні **задачі**:

1. Виявлені технологічні параметри утворення ціликів вугілля при польовій підготовці пластів і їх вплив на ведення гірничих робіт на сусідніх пластах в свиті.

2. Встановлені параметри напружено-деформованого стану (НДС) порід навколо підготовчих виробок при залишенні ціликів на глибинах понад тисячу метрів.

3. Розроблені технологічні схеми польової підготовки крутих пластів, що виключають залишення ціликів.

4. Здійснена перевірка розроблених технологічних параметрів в шахтних умовах.

5. Встановлена техніко-економічна ефективність запропонованих технологічних схем на шахтах Центрального району Донбасу (ЦРД).

Ідея роботи полягає в перерозподілі НДС порід навколо вентиляційного штреку шляхом зміни геометричних розмірів цілика на глибинах понад тисячу метрів.

Об'єкт досліджень – технологічні параметри польової підготовки крутих пластів на глибинах понад тисячу метрів.

Предмет досліджень – закономірності впливу технологічних параметрів польової підготовки на геомеханічні процеси навколо підготовчих виробок на вентиляційному горизонті.

Методи досліджень. Поставлена мета досягнута на основі застосування комплексного методу досліджень, який включає аналіз і узагальнення теоретичних і експериментальних досліджень з даної проблеми, аналітичний і графоаналітичний методи, аналітичні дослідження НДС порід навколо вентиляційного штреку з використанням сучасного комплексу комп'ютерних програм методу кінцевих елементів, експериментальних досліджень параметрів проявів гірського тиску в підготовчих виробках, метод математичної статистики і техніко-економічного порівняння варіантів.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Із зменшенням відстані між польовим штреком і пластом по нормалі напруги зростають згідно залежності $k_{\text{кн}} = 7,8776 L_{\text{н}}^{-0,3967}$ (у інтервалі $5 \text{ м} \leq L_{\text{н}} \leq 21 \text{ м}$) і досягають свого максимуму при наближенні до пласта на відстань 5 м. Урахування цієї залежності дозволяє встановити оптимальну відстань розташування польового штреку залежно від періоду його експлуатації (від 2 до 8 років). Це дає можливість знизити витрати на підтримку гірничих виробок на 30...35%.

2. Відносні зміщення контура виробки пласта при збільшенні цілика починаючи з 0 і до 4...5 м зменшуються з 1,4 до 0,5...0,6, а потім плавно зростають і при ширині цілика 13 м досягають початкового значення. Процес відносного зміщення описується емпіричною формулою

$$\frac{U_a}{U_b} = 0,13 + 0,093H_u + \frac{1,29}{H_u^2 + 1}. \text{ Це дозволяє оцінювати деформацію}$$

кріплення і вибирати технологічні параметри польової підготовки пласта, що підвищують стійкість виробки.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше запропонована економіко-математична модель визначення витрат на підтримку польового штреку, залежно від віддалення його від пласта з урахуванням коефіцієнта концентрації напруги $k_{кн}$, який враховує ширину цілика, глибину залягання і кут падіння пласта.

2. Визначені оптимальні параметри розташування польового штреку відносно пласта залежно від часу його експлуатації. Встановлено, що для підвищення стійкості польової виробки на глибинах понад тисячу метрів її необхідно розташовувати на відстані від 6,0 до 16,0 м від пласта по нормалі при його експлуатації від двох до восьми років.

3. Вперше запропонована математична модель визначення ширини цілика залежно від параметрів польової підготовки (відстані від пласта до польового штрека по нормалі, кута нахилу вуглеспуськного ската) з урахуванням коефіцієнта $k_{пл}$, який залежить від розміру пластової виробки.

4. Встановлена залежність відносного зміщення контуру пластової виробки U_a / U_b від ширини надштрекового цілика, яка дозволяє оцінювати деформацію кріплення і вибирати параметри польової підготовки пласта, що підвищують стійкість виробки.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей зміни НДС приконтурного масиву підготовчої виробки під впливом технологічних параметрів польової підготовки в умовах відпрацювання крутих і круто похилих пластів на глибинах понад тисячу метрів.

Практичне значення роботи полягає у розробці методики прогнозу деформації кріплення підготовчих виробок і вибору технологічних параметрів польової підготовки пласта; розробці для різних гірничо-геологічних умов технологічних схем польової підготовки крутих пластів, що виключають залишення ціликів.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю поставлених задач досліджень, використанням загальних положень і достатнім обсягом натурних спостережень за деформаційними процесами в гірському масиві навколо підготовчих виробок; шахтними і теоретичними дослідженнями з використанням апробованих методик; збіжністю результатів теоретичних розрахунків з даними натурних досліджень (12...21 %). Достовірність наукових результатів, висновків, рекомендацій і можливість їх промислового використання підтверджена позитивними результатами випробувань технологічних схем на вугільних підприємствах.

Реалізація результатів роботи. Основні результати досліджень автора використані при розробці:

- нормативних документів: Керівництво з технології ведення гірничих робіт «Круті і крутопохилі пласти. Польова підготовка без залишення ціликів вугілля» (КД 12.01.01.101 – 2000); Стандарт Мінвуглепрому України «Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ» (СОУ 10.1.00174088.011 – 2005);

- практичних рекомендацій з планування гірничих робіт на шахтах державних підприємств «Артемвугілля», «Дзержинськвугілля», «Орджонікідзевугілля».

Очікуваний річний економічний ефект від застосування цих рекомендацій складає 800 тис. грн. на одну ділянку.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети, ідеї, задач досліджень, наукових положень, розробці методики теоретичних і експериментальних досліджень НДС порід навколо підготовчих виробок, а також обґрунтуванні параметрів польової підготовки, розробці технологічних схем польової підготовки, обробці і аналізі отриманих результатів, визначенні і формулюванні основних положень і висновків.

Апробація результатів дисертації здійснена на науково-практичній конференції «Проблеми механіки гірничо-металургійного комплексу» (м. Дніпропетровськ, 2004 р.); на вченій раді в ДП «Донбаський науково-дослідний і проектно-конструкторський вугільний інститут» (ДонНДІ); науково-технічних радах Державних підприємств «Артемвугілля» (м. Горлівка), «Дзержинськвугілля» (м. Дзержинськ) і «Орджонікідзевугілля» (м. Єнакієве).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 10 наукових праць, з яких 9 статей – в фахових виданнях, 1 – в матеріалах конференції.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел з 131 найменуванням на 13 сторінках і 4 додатків на 24 сторінках. Основний зміст роботи викладений на 129 сторінках машинописного тексту; містить 51 малюнок і 22 таблиці. Загальний обсяг роботи складає 166 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета і задачі досліджень, приведені наукові положення, що виносяться на захист, наукове і практичне значення роботи, а також дані про реалізацію роботи, її апробації і публікації.

У першому розділі наведені дані і виконаний аналіз сучасного стану шахт крутого падіння і схем підготовки пластів, що використовуються.

Перехід гірничих робіт на глибини понад тисячу метрів і погіршення разом з цим гірничо-геологічних умов диктують необхідність переходу на польову підготовку. Аналіз показав, що із зростанням глибини розробки проведення польових штреків зростатиме.

Важливим залишається питання раціонального розташування виробок при проектуванні відкатного горизонту з урахуванням їх подальшого

використання на вентиляційному горизонті. Тому розробка нових і вдосконалення існуючих схем польової підготовки є актуальною задачею.

Виконано аналітичний огляд робіт, присвячених вирішенню питань розробки крутих вугільних пластів. Цьому присвячені роботи таких учених і фахівців, як Я.Е. Некрасовський, О.В. Колоколов, В.І. Бондаренко, О.М. Кузьменко, Л.Н. Ширін, В.С. Рахутін, В.О. Канін, С.С. Гребенкин, С.К. Стріжиборода, М.А. Шаповал, Є.І. Піталенко, М.П. Зборщик, Ю.Л. Худін, Г.Я. Степановіч, І.М. Андрєєв, А.Ф. Бахтін, О.Н. Удовенко, Д.В. Дорохов, Е.П. Ковтун і ін.

Аналіз традиційних схем підготовки пластів шахт ЦРД показав, що польовою підготовкою охоплено 29,9 % ділянок по видобутку вугілля. На практиці застосовується схема, коли в разі переходу гірничих робіт на нижчій горизонт, колишній польовий відкатний штрек не використовується, а проводиться вентиляційний пластовий штрек (64,3 % ділянок). Його проведення виключає необхідність проведення горизонтальних збоєк і повторне використання польового штреку. Недоліком цієї схеми є залишення цілика на вентиляційному горизонті і зниження стійкості пластового штреку.

Утворення ціликів також диктується одночасною відробкою викидонебезпечного і захисного пласта на одному горизонті, де незахищеною залишається нижня частина етажа (35,7 % ділянок).

Залишення ціликів характеризується великими експлуатаційними втратами вугілля (від 99 до 153 тис. т по одній шахті) і сприяють утворенню зон ПГТ, що негативно впливають на безпечне ведення гірничих робіт на сусідніх пластах, схильних до раптових викидів вугілля і газу.

Виявлено, що на пластах потужністю від 0,5 до 1,3 м експлуатаційні втрати вугілля в ціликах складають 4,0...47,0 т на метр посування очисного вибою.

Детальний аналіз схем підготовки показав, що польові штреки розташовують в підшві пласта на відстані від 5 до 20 м по нормалі від нього, рідко виходячи за ці межі. Скати проводять буропідривним способом або за допомогою бурозбюєчних машин типу «Стріла» і розташовують під кутом 45... 65°.

Економічно вигідна польова підготовка при довжині скатів і промквершлагів до 15 при буропідривному способі проведення і до 22 м – при машинному. Найбільш доцільна відстань між скатами за організаційними і економічними чинниками складає 8...9 м

Довжина скатів визначається вибором місця розташування польового штреку, яке визначається властивостями порід і величиною опорного тиску попереду лави. Чим на більшу відстань від пласта віддалений штрек, тим менш на нього дія опорного тиску.

Ефективність польової підготовки на глибинах понад тисячу метрів може бути ще більше підвищена за рахунок застосування схем, що виключають залишення ціликів над вентиляційним горизонтом.

Виходячи з результатів виконаного аналізу, сформульовані мета і задачі досліджень.

У другому розділі на основі поставлених задач викладені теоретичні дослідження параметрів польової підготовки.

Ширина цілику ($H_{ц}$) визначена з використанням розрахункової схеми (рис. 1) за формулою:

$$H_{ц} = L_{н} k_{пл} [\text{ctg } \alpha_{пл} + \text{tg } (\alpha_{г} + \alpha_{пл} - 90)], \text{ м}, \quad (1)$$

де $L_{н}$ – відстань від пласта до польового штреку по нормалі, м; $k_{пл}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення ширини цілику у разі подальшого проведення вентиляційного пластового штреку. Встановлено, що коефіцієнт $k_{пл} = 0,38$ при $L_{н} = 5$ м; $0,69$ – при $L_{н} = 10$ м; $0,79$ – при $L_{н} = 15$ м; $0,85$ – при $L_{н} = 20$ м; $1,0$ – за відсутністю пластової виробки; $\alpha_{пл}$ – кут падіння пласта, град.; $\alpha_{г}$ – кут нахилу вуглеспуськного ската, град. На практиці $\alpha_{г} = 45 \dots 65^\circ$.

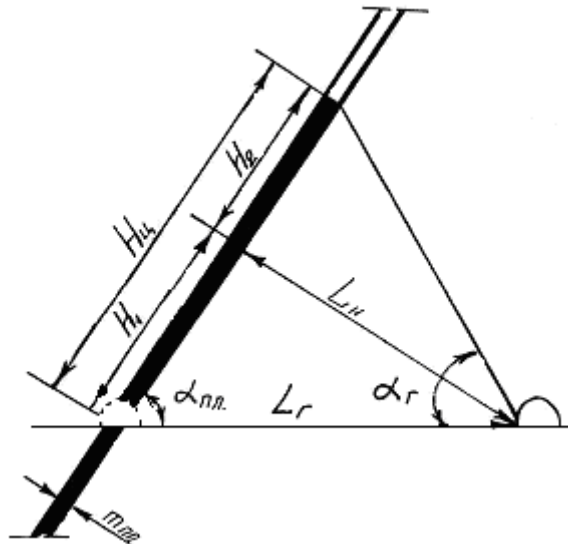


Рис.1. Розрахункова схема ширини цілику.

Встановлено, що при віддаленні польового штреку від пласта на 5... 20 м по нормалі залишаються цілики шириною від 6 до 25 м.

Аналітичні дослідження формування зон ПГТ від ціликів показали, що при низхідному порядку відробки вугільних пластів розміри зон по падінню пластів можуть визначатися за формулою:

$$L_{надр} = k_{пл} (\text{ctg } \alpha_{пл} + \text{tg } (\alpha_{г} + \alpha_{пл} - 90)) + H_{вн} (\text{ctg } \delta_4 + \text{ctg } \delta_3), \text{ м}, \quad (2)$$

де $H_{вн}$ – глибина впливу зони ПГТ при надробці пласта, м; δ_4 і δ_3 – кути захисту при надробці пласта, град.

При висхідному порядку відробки пластів розміри зон ПГТ від цілика вугілля по падінню пласта можуть визначатися за формулою:

$$L_{підр} = L_{н} k_{пл} (\text{ctg } \alpha_{пл} + \text{tg } (\alpha_{г} + \alpha_{пл} - 90)) + H_{вп} \text{tg } (90 - \delta_1), \text{ м}, \quad (3)$$

де $H_{вп}$ - глибина впливу зони ПГТ при підробці пласта, м; δ_1 - кут захисту при підробці пласта, град.

Встановлено, що при низхідному порядку відробки пластів в світі і глибині впливу зон ПГТ від 10 до 180 м їх розміри по падінню пласта змінюються від 11 до 103 м при $H_{ц} = 6$ м і від 30 до 122 м – при $H_{ц} = 25$ м. При висхідному порядку відробки пластів в світі і глибині впливу зон ПГТ від 10 до 180 м їх розміри по повстанню змінюються від 9 до 64 м при $H_{ц} = 6$ м і від 29 до 98 м – при $H_{ц} = 25$ м.

Аналіз показав, що при низхідному порядку відробки пластів в світі зони ПГТ навантажують невідпрацьовану частину викидонебезпечних пластів. При висхідному порядку відробки зони ПГТ від верхнього етажу накладаються на вироблений простір вищого горизонту і суттєво не впливають на ведення очисних і підготовчих робіт. Отже, розгляд досліджуваного питання особливо актуальний при низхідному порядку відробки пластів. Встановлений порядок формування зон ПГТ обмежує сферу застосування схем польової підготовки із залишенням ціликів. Він дозволяє відпрацьовувати пласти безпечні за раптовими викидами вугілля і газу, одиночні, або відпрацьовувати в групі викидонебезпечних пластів останніми. На основі досліджень розроблена методика визначення експлуатаційних втрат вугілля з одного метра довжини цілика, яку пропонується визначати за формулою:

$$P_{1м} = L_n k_{пл} m \gamma [\text{ctg } \alpha_{пл} + \text{tg } (\alpha_r + \alpha_{пл} - 90)], \text{ т/м}, \quad (4)$$

де m – корисна потужність пласта, м; γ – середня щільність вугілля, т/м³. Дослідження за визначенням оптимальної відстані між польовим штреком і пластом залежно від терміну його експлуатації проводилися з використанням методу зіставлення витрат на проведення збоек і підтримки польової виробки приведених до одного метра посування очисного вибою.

Витрати на підтримку польового штреку пропонується визначати з урахуванням віддалення його від пласта:

$$Z_{\text{піддерж.}} = r_4^1 F L t k_{1к} k_{1н} k_{1у} k_{кн}, \text{ грн/м}, \quad (5)$$

де r_4^1 – вартість підтримки 1 м³ виробки в рік; F – площа перетину виробки в світу, м²; L – довжина виробки, м; t – час підтримки виробки, років; $k_{1к}$ – коефіцієнт, який враховує вплив виду кріплення; $k_{1н} = 0,002H$ – коефіцієнт, що враховує вплив глибини розробки; k_y – коефіцієнт, який враховує вплив стійкості бічних порід; $k_{кн}$ – коефіцієнт концентрації напруги, який враховує вплив віддаленості польового штреку від пласта. Встановлено, що коефіцієнт $k_{кн} = 4,16$ при $H_{ц} = 6$ м; $3,95$ – при $H_{ц} = 10$ м; $3,21$ – при $H_{ц} = 15$ м; $2,56$ – при $H_{ц} = 20$ м; $2,17$ – при $H_{ц} = 25$ м.

Встановлено, що на глибинах понад тисячу метрів оптимальна відстань між польовою виробкою і пластом з урахуванням мінімальних витрат на її

підтримку складає від 6 до 16 м при її експлуатації від двох до восьми років (6 м – при експлуатації 2 роки; 8 м – при експлуатації 3 роки; 10 м – при експлуатації 4 роки; 11 м – при експлуатації 5 років; 14 м – при експлуатації 6 років; 15 м – при експлуатації 7 років; 16 м – при експлуатації 8 років) (рис. 2).

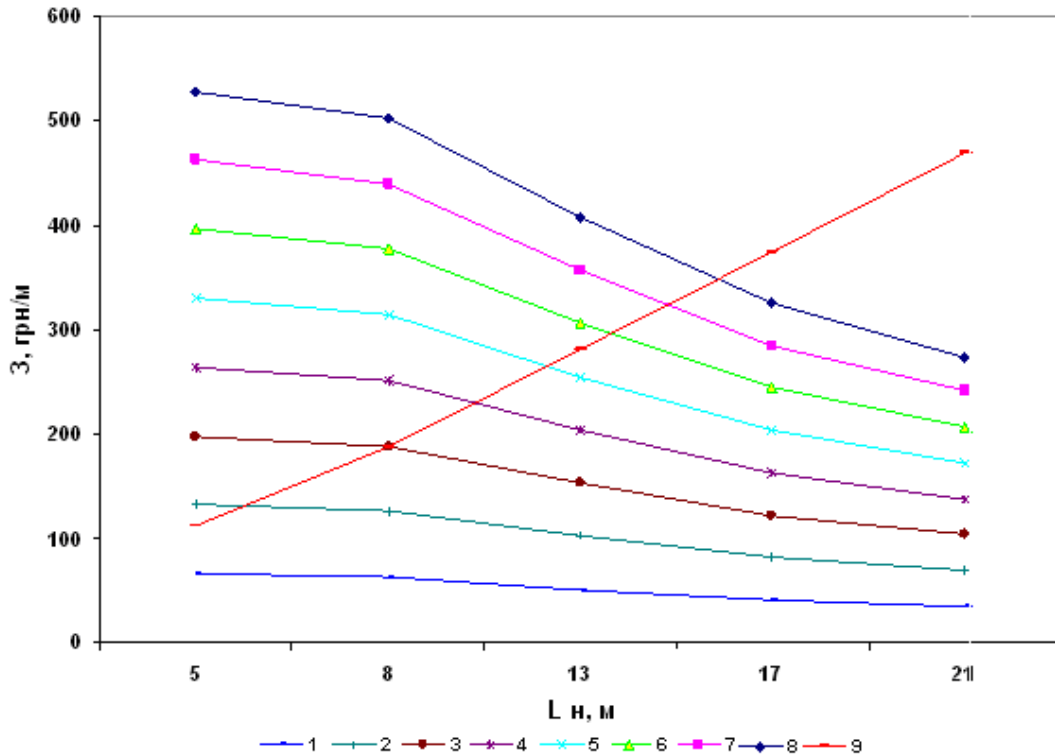


Рис.2. Визначення оптимальної відстані по нормалі L_n між пластом і польовим штреком: 1 – витрати на підтримку 1 м польового штреку за перший рік його експлуатації; 2 – за другий рік; 3 – за третій рік; 4 – за четвертий рік; 5 – за п'ятий рік; 6 – за шостий рік; 7 – за сьомий рік; 8 – за восьмий рік, грн./м; 9 – витрати на проведення збоек на один метр посування очисного вибою, грн./м.

Дослідженнями встановлено, що доцільно: групувати польовий штрек на інші виробки, погашаючи його через кожних 370...450 м посування очисного вибою; переходити на підготовку пласта з вийманням цілику; застосовувати способи розвантаження напруженого масиву навколо польової виробки попереднім проведенням паралельної виробки, що погашається (штреку або просіка). Це дає можливість знизити витрати на підтримку гірничих виробок на 30–35%.

Встановлено, що напруження на кріплення можна описати залежністю вигляду (у інтервалі $5 \text{ м} \leq L_{\text{нор}} \leq 21 \text{ м}$):

$$k_{\text{кн}} = 7,8776 L_n^{-0,3967}, \quad (6)$$

де $k_{\text{кн}}$ – коефіцієнт концентрації напруження, L_n – відстань між пластом і польовим штреком за нормаллю.

Теоретичні дослідження НДС гірського масиву навколо вентиляційної підготовчої виробки виконані методом кінцевих елементів. Результати математичного моделювання НДС гірського масиву в різних перетинах виробки (рис. 3) дозволяють зробити висновок про те, що:

- при ширині цілика 6,0 м відбувається інтенсивне руйнування навколо виробки, оскільки очисний вибій збільшує нормальне і дотичне напруження на контурі виробки;

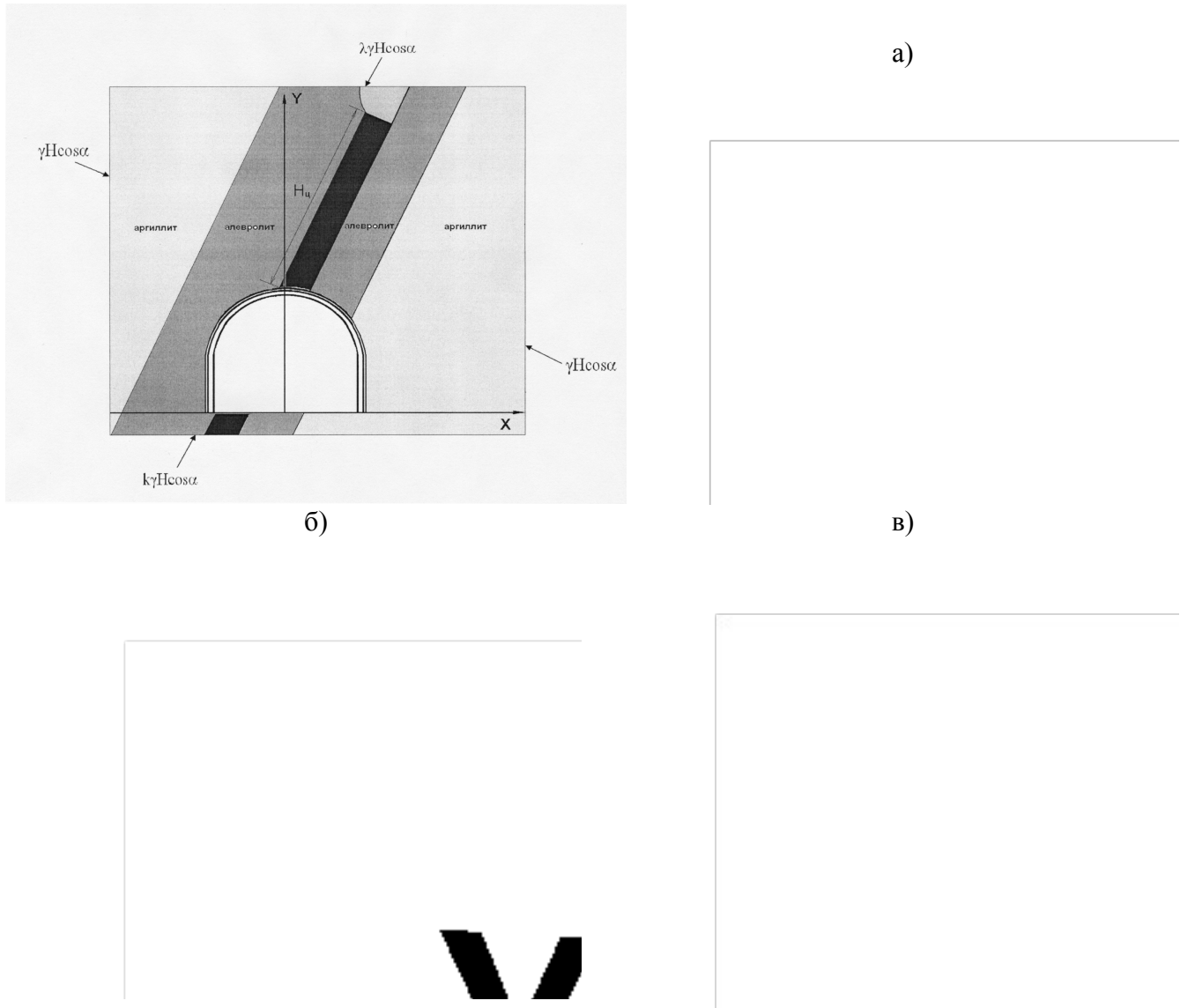


Рис.3. Напруження в покрівлі і підшві виробки:
а) $Y = 2$ м; б) $Y = 4$ м; в) $Y = -1$ м.

- з погляду стійкості виробки оптимальною шириною цілика є 13 м і більш або повне його виймання.

Результати моделювання показують, що зміщення в межах виробки у відсотковому співвідношенні більше на 58 % при $H_{ц} = 6$ м і на 34 % при $H_{ц} = 13$ м, чим у варіанті, коли цілик відсутній ($H_{ц} = 0$ м).

Результати досліджень стійкої підтримки вентиляційного штреку показали, що на глибинах понад тисячу метрів доцільно застосовувати

безціликову технологію або для пластів потужністю до 1,2 м залишати цілики шириною більше 8 м при міцному вугіллі і більше 10 м при м'якому вугіллі; для пластів потужністю більш 1,2 м – шириною більше 8...10 м при міцному вугіллі і більше 12...14 м при м'якому вугіллі.

У третьому розділі наведені розроблені на основі аналітичних досліджень і практичного досвіду технологічні схеми польової підготовки крутих пластів, які виключають залишення ціликів вугілля. Технологічні схеми забезпечують:

- безпечну відробку пластів, схильних до самозаймання, з нестійкими бічними породами і особливо небезпечних за раптовими викидами вугілля і газу;

- зниження витрат на підтримку підготовчих виробок виймальних ділянок;

- зростання навантаження на очисний вибій і продуктивності праці робітника зі здобичі за рахунок зростання коефіцієнта витягання вугілля;

- зниження втрат вугілля у виробленому просторі очисних вибоїв.

Кожна схема підготовки пластів забезпечує безпеку гірничих робіт на сусідніх зближених пластах, оскільки знижує утворення зон ПГТ. Аналіз результатів дослідження показав, що залежно від гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов на глибинах понад тисячу метрів можливо застосовувати п'ять основних схем з розкриттям пласта:

- скатами на просік на відкотному і вентиляційному горизонтах (далі – схема №1);

- скатами на просік на відкотному і горизонтальними збійками на вентиляційному горизонтах (далі – схема №2);

- скатами на просік на відкотному і пластовим штреком на вентиляційному горизонтах (далі – схема №3);

- горизонтальними збійками на відкотному і вентиляційному горизонтах (далі – схема №4);

- скатами на просік на відкотному горизонті і пластового штреку на вентиляційному горизонті з вийманням над ним вугілля (далі – схема № 5).

Визначені переваги і недоліки кожної схеми, а також сфера їх застосування. При виборі схеми перевага віддається найбільш економічній, з меншим обсягом будівництва або з меншим терміном її реалізації.

Аналіз гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов, а також діючих глибин ведення гірничих робіт показав, що сфера застосування розроблених схем польової підготовки технічно можлива на шахтах ЦРД: ім. Гайового, ім. Леніна, ім. Калініна, ім. Рум'янцева, «Торецька», ім. Держинського, «Північна», ім. Карла Маркса і «Вуглегірська» для свит пластів C_2^7 Горлівська, C_2^6 Алмазна и C_2^5 Каменська.

У четвертому розділі для перевірки основних теоретичних положень і отримання фактичних результатів на шахтах ДП «Артемвугілля» і «Держинськвугілля» проведені експериментальні дослідження залежності зміщення контуру гірничої виробки від розміру цілику. Метою шахтних

досліджень була також перевірка працездатності розроблених технологічних схем.

Аналіз роботи шахт ЦРД показав, що в 64% випадків використовується польова підготовка пласта на відкотному горизонті і пластова на вентиляційному. Виходячи з цього, шахтні дослідження проведені стосовно цієї схеми. Дослідження проводилися методом інструментальних вимірів зміщення контура вентиляційного штреку.

Для встановлення впливу ширини ціликів вугілля на стійкість вентиляційного пластового штреку були обладнані спеціальні станції вимірів. Станції обладналися на відстані від 3 до 5 м (з технологічних причин) позаду лави. Виміри зміщень здійснювалися з інтервалом від 3 до 15 діб. Зміщення порід на контурі виробки вимірювалися рулеткою. Величини зміщення ув'язувалися в часі і з положенням очисного вибою.

Дослідження проведені в умовах, коли на одній і тій же ділянці спочатку залишались надштрекові цілики різної ширини, а потім виймалися. Вимірювальні станції обладналися на ділянках: пласт l_7^B – «Пугачьовка»-захід, гор. 1026 м шахти ім. Дзержинського ДП «Дзержинськвугілля», де ширина цілику складала 0; 0,7; 2,3 і 5,1 м; пласт m_2 – «Тонкий»-схід, гор. 975 м шахти ім. Гайового ДП «Артемвугілля», де ширина цілику складала 0; 3,6; 6,4; 10,1 і 13,5 м (рис. 4). Експериментально встановлені величини зміщення кріплення оброблені методом математичної статистики на персональному комп'ютері.

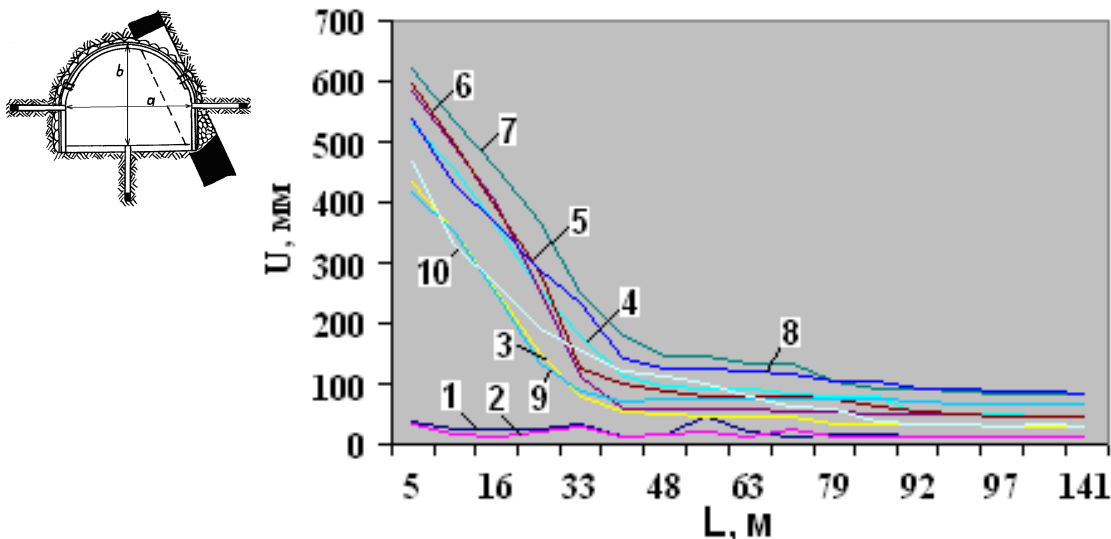


Рис.4. Залежність зміщення контуру гірничої виробки від розміру цілику на пласті m_2 – «Тонкий»-схід, гор. 975 м: 1 – зміщення ширини виробки U_a без цілику ($H_{ц} = 0$ м); 2 – зміщення висоти виробки U_b без цілику ($H_{ц} = 0$ м); 3 – зміщення ширини виробки U_a з ціликом $H_{ц} = 3,6$ м; 4 – зміщення висоти виробки U_b з ціликом $H_{ц} = 3,6$ м; 5 – U_a з ціликом $H_{ц} = 6,4$ м; 6 – U_b з ціликом $H_{ц} = 6,4$ м; 7 – U_a з ціликом $H_{ц} = 10,1$ м; 8 – U_b з ціликом $H_{ц} = 10,1$ м; 9 – U_a з ціликом $H_{ц} = 13,5$ м; 10 – U_b з ціликом $H_{ц} = 13,5$ м.

Аналіз досліджень зміни перетину виробки показав, що цілики над вентиляційними штреками сприяють збільшенню концентрації напружень і призводять до зростання навантаження на кріплення. Виявлено, що зміщення порід у вентиляційних штреках тим більше з часом, ніж більшої ширини залишений цілик.

Для оцінки характеру деформації порід навколо вентиляційного штреку визначалася середня результуюча зміщення (U_e) (далі – результуюча) і її кут нахилу до горизонту (φ) залежно від ширини цілику. Результати розрахунків показали, що при $H_{ц} = 0$ переважають бічні зміщення ($\varphi = 32^\circ$). Із зростанням ширини цілику до 3,6 м починають рости вертикальні зміщення ($\varphi = 62^\circ$) і вентиляційний штрек починає випробовувати навантаження. З подальшим зростанням цілику від 3,6 до 10,1 м кріплення виробки випробовує максимальні бічні зміщення ($\varphi = 43...44^\circ$). З ціликом від 10,1 до 13,5 м і більш переважають бічні зміщення ($\varphi = 40^\circ$), але кріплення поступово починає випробовувати зниження навантаження (рис. 5).

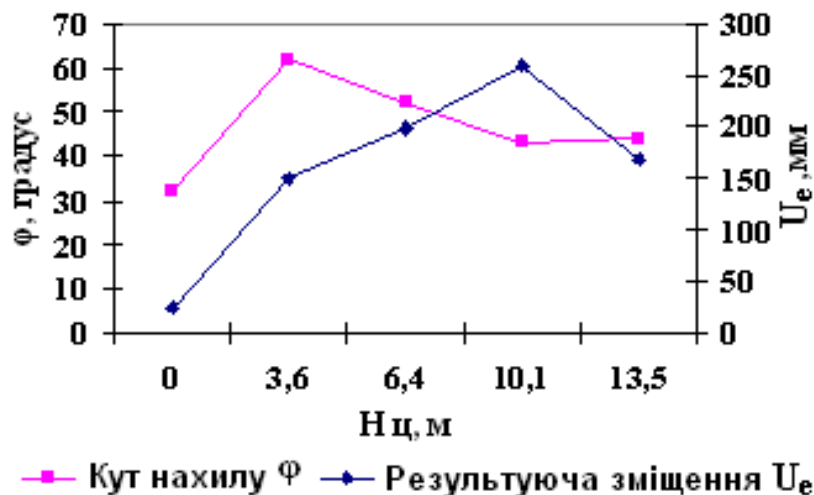


Рис.5. Залежність результуючої зміщення U_e і її кута нахилу до горизонту φ залежно від ширини цілику $H_{ц}$

Результати досліджень показали, що залежно від гірничо-геологічних умов (складу бічних порід, потужності пласта, міцності вугілля) і ширини більше 10...13 м цілики, з погляду підтримки пластової виробки, будуть охоронними. Отримані результати обробки шахтних інструментальних вимірювань підтверджені візуальними спостереженнями характеру деформації порід навколо підготовчої виробки.

На підставі результатів вимірювань отримана математична модель залежності відносного зміщення контуру пластової виробки U_a/U_b від ширини цілика $H_{ц}$:

$$\frac{U_a}{U_b} = 0,13 + 0,093H_{ц} + \frac{1,29}{H_{ц}^2 + 1}, \quad (7)$$

де U_a – бічні зміщення порід, мм; U_b – вертикальні зміщення порід, мм.

Отримана залежність дозволяє оцінювати деформацію кріплення і вибирати технологічні параметри польової підготовки пласта, що підвищують стійкість виробки. Розбіжність аналітичних і шахтних результатів досліджень склала 12...21 %. Результатами досліджень доведена доцільність застосування на глибинах понад тисячу метрів польової підготовки без залишення ціликів.

У п'ятому розділі наведені результати економічної оцінки розроблених схем польової підготовки і ефективності їх застосування. Економічна оцінка схем виконана методом порівняння питомих приведених витрат. Аналіз результатів розрахунків показав, що питомі витрати використання розроблених схем, які наведені на метр простягання пласта, складають 8,19...13,11 грн./м, що на 12,3...46,4 % менш, ніж в разі застосування базової схеми (14,95 грн./м). З розглянутих технічно можливих п'яти схем польової підготовки найбільш доцільні схеми № 1, № 2, № 3 і № 5. Схема № 4 рекомендована в разі механізованого проведення горизонтальних збоек.

Очікуваний річний економічний ефект складає 800 тис. грн. на одну ділянку.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна наукова задача з обґрунтування технологічних параметрів безціликової підготовки крутих вугільних пластів на глибинах понад тисячу метрів на підставі встановлених закономірностей перерозподілу НДС порід навколо вентиляційного штреку, що дозволяє знизити витрати на підтримку підготовчих виробок та експлуатаційні втрати вугілля.

Основні наукові і практичні результати роботи і висновки, полягають в наступному:

1. Встановлений взаємозв'язок між параметрами польової підготовки і формуванням зон ПГТ на сусідніх пластах, схильних до раптових викидів вугілля і газу.

2. Визначений характер утворення ціликів і залежність їх розмірів від параметрів польової підготовки. Уточнена методика розрахунку розмірів цілику.

3. Вперше запропонована економіко-математична модель визначення витрат на підтримку польового штреку, з урахуванням віддаленості його від пласта. Встановлено, що із зменшенням відстані між польовим штреком і пластом по нормалі напружень ростуть за залежністю вигляду $k_{кн} = 7,8776 L_n^{-0,3967}$ (у інтервалі $5 \text{ м} \leq L_n \leq 21 \text{ м}$) і досягають свого максимуму на відстані 5 м.

4. Встановлено, що для підвищення стійкості польової виробки на глибинах понад тисячу метрів доцільно: розташовувати польовий штрек на відстані від 6,0 до 16,0 м по нормалі від пласта в залежності від терміну його експлуатації (від двох до восьми років); групувати польовий штрек на інші

виробки, погашаючи його через кожних 370...450 м посування очисного вибою; переходити на підготовку пласта з вийманням цілика; застосовувати способи розвантаження напруженого масиву навколо польової виробки попереднім проведенням паралельної виробки, що погашається (штреку або просіка). Це дає можливість знизити витрати на підтримку гірничих виробок на 30...35 %.

5. Вперше експериментально встановлена залежність відносного зміщення контуру пластової виробки U_a / U_b від ширини цілика, яка дозволяє оцінювати деформацію кріплення і вибирати технологічні параметри польової підготовки, що підвищують стійкість виробки.

6. Розроблені і економічно оцінені схеми польової підготовки крутих вугільних пластів без залишення ціликів з рекомендацією їх застосування в свитах пластів. Технологічні схеми дозволяють виключити залишення ціликів при відповідному плануванні гірничих робіт на відкатному горизонті. Розроблені рекомендації застосування схем в свитах пластів з урахуванням діючих глибин ведення гірничих робіт.

7. Результати роботи використані при розробці Керівного нормативного документа «Круті і крутопохилі пласти. Польова підготовка без залишення ціликів вугілля» (КД 12.01.01.101 – 2000) і Стандарту Мінвуглепрому України «Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ» (СОУ 10.1.00174088.011 – 2005), а також у вигляді практичних рекомендацій при плануванні гірничих робіт на шахтах ДП «Артемвугілля», «Держжинськвугілля» і «Орджонікідзевугілля».

Річний економічний ефект від застосування безціликової технології складе 800 тис. грн. на одну ділянку.

Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:

1. Литвинов Ю.Г. Перспективы развития механизированной выемки угля на шахтах Центрального района Донбасса/ Ю.Г. Литвинов, Ю.А. Пивень, В.А. Радул// Новини енергетики. – 2004. – № 5 – С. 35 – 37.

2. Литвинов Ю.Г. Влияние работы шахт Центрального района Донбасса на экологию региона/ Ю.Г. Литвинов, В.А. Радул, В.П. Гудзь, В.И. Рабочий // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. – № 3 – С. 35 – 36.

3. Литвинов Ю.Г. О состоянии производственной деятельности шахт Центрального района Донбасса/ Ю.Г. Литвинов, И.В. Черненко, В.А. Радул, В.П. Гудзь // Уголь Украины. – 2004. – № 5 – С. 19.

4. Радул В.А. Обоснование удаления полевой выработки на оптимальное расстояние от пласта/ В.А. Радул, Б.В. Шутько// Уголь Украины. – 2005. – № 10 – С. 11 – 13.

5. Радул В.А. Особенности влияния ленточных целиков на формирование зон ПГД/ В.А. Радул// Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2005. – № 57. – С. 89 – 96. – (Межвед. сб. науч. трудов ИГТМ им. Н.С.Полякова НАН Украины).

6. Красник В.Г. Влияние ширины ленточного целика на устойчивость вентиляционного штрека/ В.Г. Красник, В.А. Радул// Уголь Украины. – 2007. – № 12. – С. 12 – 14.

7. Красник В.Г. Совершенствование полевой подготовки крутых угольных пластов ЦРД/ В.Г. Красник, В.А. Радул// Уголь Украины. – 2008. – № 2 – С. 8 – 9.

8. Ткаченко Н.М. Перспективы развития шахт Центрального района Донбасса/ Н.М. Ткаченко, Ю.Г. Литвинов, В.А. Радул// Уголь Украины. – 2008. – № 8 – С. 15 – 16.

9. Литвинов Ю.Г. Механизированная выемка угля на шахтах Центрального района Донбасса/ Ю.Г. Литвинов, В.А. Радул, Ю.Н. Пронин// Уголь Украины. – 2011. – № 6 – С. 17 – 19.

10. Пивень Ю.А. Подготовка крутых пластов без оставления ленточных целиков угля над вентиляционным горизонтом в условиях Центрального района Донбасса/ Ю.А. Пивень, Э.В. Борисенко, В.А. Радул, И.В. Черненко// Сб. науч. трудов Междунар. научно-технич. конф. «Проблемы механики горно-металлургического комплекса», Днепропетровск: НГУ. – 2004. – Т.4., № 19. – С. 64 – 68.

Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві: [1–3, 8, 9] – постановка задач, аналіз стану підготовчих виробок; [4, 6, 7, 10] – формулювання задач досліджень проявів гірничого тиску в підготовчих виробках з метою встановлення особливостей, обробка і аналіз експериментальних даних шахтних вимірювань, формулювання висновків.

АНОТАЦІЯ

Радул В.О. Обґрунтування параметрів безціликової підготовки крутих вугільних пластів на глибинах понад тисячу метрів. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.02 – «Підземна розробка родовищ корисних копалин». Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Дніпропетровськ, 2012 рік.

Дисертація присвячена проблемам обґрунтування технологічних параметрів безціликової підготовки крутих вугільних пластів на глибинах понад тисячу метрів. На підставі встановлених закономірностей перерозподілу напружено-деформованого стану порід навколо вентиляційного штреку розроблена технологія, яка дозволяє знизити витрати на підтримку підготовчих виробок та експлуатаційні втрати вугілля.

У дисертації, на підставі досліджень, встановлені: взаємозв'язок між параметрами польової підготовки і розмірами залишених ціликів вугілля; залежність експлуатаційних втрат вугілля в ціликах від параметрів польової підготовки; взаємозв'язок між параметрами польової підготовки і формуванням

зон підвищеного гірничого тиску на сусідніх викидонебезпечних пластах. Визначена оптимальна відстань між польовим штреком і пластом залежно від часу його експлуатації. Вдосконалена економіко-математична модель визначення витрат на підтримку польового штреку, з урахуванням віддаленості його від пласта. Розроблені і економічно оцінені технологічні схеми польової підготовки крутих пластів без залишення ціликів вугілля. Виконане математичне моделювання дозволило встановити збіжність аналітичних й експериментальних результатів, чим підтверджене правильність зроблених висновків. Розроблені практичні рекомендації по підвищенню стійкості пластового вентиляційного штреку під час переходу робіт на нижчій горизонт.

Очікуваний річний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи у середньому становить 800 тис. грн. на одну дільницю.

Результати теоретичних розробок, шахтних досліджень і висновків дисертації використані при розробці нормативних документів Мінвуглепрому України і знайшли застосування на шахтах Центрального району Донбасу.

Ключові слова: польова підготовка, круті пласти, цілики вугілля, ширина цілика, зона ПГТ, вуглеспуськний скат, відстань по нормалі, вентиляційний горизонт.

АННОТАЦИЯ

Радул В.А. Обоснование параметров безцеликовой подготовки крутых угольных пластов на глубине свыше тысячу метров. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.15.02 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых». Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» Министерства образования и науки, молодежи и спорта Украины, Днепропетровск, 2012 год.

Диссертация посвящена проблемам обоснования технологических параметров безцеликовой подготовки крутых угольных пластов на глубинах свыше тысячу метров. На основании установленных закономерностей перераспределения напряжённо-деформированного состояния пород вокруг вентиляционного штрека, предложена технология, которая позволяет снизить расходы на поддержание подготовительных выработок и эксплуатационные потери угля.

В диссертации, на основании исследований, установлены: взаимосвязь между параметрами полевой подготовки и размерами оставляемых ленточных целиков угля; зависимость эксплуатационных потерь угля в целиках от параметров полевой подготовки; взаимосвязь между параметрами оставленных целиков угля и формированием зон повышенного горного давления на соседних сближенных выбросоопасных пластах. Определено оптимальное расстояние между полевым штреком и пластом в зависимости от времени его эксплуатации по критериям расходов на проведение горизонтальных сбоек и на

поддержание полевого вентиляционного штрека. Уточнена экономико-математическая модель определения затрат на поддержание полевого штрека, с учётом удалённости его от пласта. Использование модели позволило повысить эффективность применения полевой подготовки при различных горно-геологических условиях отработки крутых пластов. Разработаны и экономически оценены пять технологических схем, позволяющих снизить потери угля и повысить безопасность работ на выбросоопасных крутых угольных пластах, а также на пластах с неустойчивыми боковыми породами при их отработке на глубинах свыше тысячи метров. Определены достоинства, недостатки и область применения каждой из разработанной схемы. Определена техническая возможность их применения для условий шахт Центрального района Донбасса в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий, а также с учётом действующих глубин ведения горных работ. Выполнено математическое моделирование, которое позволило установить сходимость аналитических и экспериментальных результатов и подтвердить правильность сделанных выводов. На основе теоретических и инструментальных исследований в шахтных условиях разработаны практические рекомендации по повышению устойчивости пластового вентиляционного штрека при переходе горных работ на нижележащий горизонт. Комплексными экспериментальными исследованиями подтверждена работоспособность технологических схем полевой подготовки крутых угольных пластов без оставления целиков угля на вентиляционных горизонтах.

Ожидаемый годовой экономический эффект от применения результатов диссертационной работы в среднем составит 800 тыс. грн. на один участок.

Результаты теоретических разработок, шахтных исследований и выводов диссертации использованы при разработке Руководящего нормативного документа «Крутые и крутонаклонные пласты. Полевая подготовка без оставления целиков угля» (КД 12.01.01.101–2000) и Стандарта Минуглепрома Украины «Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям» (СОУ 10.1.00174088.011–2005) и нашли применение на шахтах Центрального района Донбасса.

Ключевые слова: полевая подготовка, крутые пласты, целики угля, ширина целика, зона ПГД, углеспускной скат, расстояние по нормали, вентиляционный горизонт.

SUMMARY

Radul V.A. Substantiation of parameters of preparation without the spurns of steep coal layers on a depth over thousand meters. - Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of engineering sciences after speciality 05.15.02 – «Underground development of deposit useful minerals». State higher educational institution «The National mining university» of the Ministry of education and science, youth and sport of Ukraine, Dnipropetrovsk, 2012.

Dissertation is devoted to the problems of technological parameters field preparation of steep seams on the ventilation horizons without leaving tape pillars at the depth over thousand meters , on the basis of the established laws of redistribution of stress-strain state of rocks around the ventilation drift, that allows to reduce the expenses on the maintenance of preparatory workings and operational losses of coal.

In dissertation on the basis researches to set: intercommunication between the parameters of the field preparation and forming of areas of the promoted mountain pressure on neighbouring outburst dangerous layers. Developed and economic appraised technological to the chart of the field preparation steep layers without abandonment of pillars coal. Optimum distance is certain between the field drift and layer depending on time of his exploitation. Specified economic-mathematical model of determination of charges in support the field drift, taking into account the remoteness of him from a layer. Developed practical recommendations after the increase of firmness of seam venting drift at the field preparation of layer in transition of works on lower horizon. Mathematical modeling is carried out, which allowed to establish the convergence of the analytical and экспериментальных results and confirm the validity of the conclusions.

The expected annual economic effect from application of dissertation job performances on the average will make a 800 thousand of UAH on one area.

Results of theoretical developments, mine researches and conclusions of dissertation used for development of normative documents of Ministry of coal industry of Ukraine and was found application on the mines of Central district of Donbass.

Key words: field preparation, steep layers, band pillars coal, width of pillar, the PMP area, skate for lowering of coal, distance on normaly, venting horizon.