

**Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**



**ОХОРОНА ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК,
ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПОВТОРНО,
В УМОВАХ АНТРАЦИТОВИХ ШАХТ**

МОНОГРАФІЯ

**Дніпро
НГУ
2017**

УДК 622.833: 622.26

О 92

Рекомендовано до друку вченою радою Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (протокол № 12 від 20.12.2016).

Рецензенти:

О.О. Сдвижкова – доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України, завідувач кафедри вищої математики Державного ВНЗ «Національний гірничий університет»;

С.П. Мінєєв – доктор технічних наук, професор, завідувач відділу управління динамічними проявами гірського тиску Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.

Охорона підготовчих виробок, що використовують повторно, в умовах антрацитових шахт: монографія / О.В. Солодянкін, І.В. Дудка, Р.М. Терещук, О.Є. Григор'єв ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 161 с.

ISBN 978-966-350-665-4

Присвячено вирішенню актуального науково-технічного завдання щодо обґрунтування параметрів кріплення та охоронних конструкцій виїмкових виробок при суцільній системі розробки в умовах глибоких антрацитових шахт. Досліджено геомеханічні процеси, що відбуваються в виїмкових виробках у зоні впливу очисних робіт. Наведено результати комплексних натурних і чисельних досліджень, спрямованих на адекватну оцінку зовнішніх факторів у розглянутих умовах і обґрунтовано вибір технологічних параметрів. Розроблено рекомендації щодо переходу до безціликової системи розробки на шахтах ДП «Антрацит» з обґрунтуванням параметрів способу охорони і систем кріплення підготовчих виробок з їх повторним використанням.

Матеріал монографії може бути використаний науковими та інженерно-технічними працівниками, які займаються питаннями стійкості виробок у зоні впливу очисних робіт, а також аспірантами, докторантами та студентами гірничих спеціальностей.

УДК 622.833: 622.26

© О.В. Солодянкін, І.В. Дудка,
Р.М. Терещук, О.Є. Григор'єв, 2017
© Державний ВНЗ «НГУ», 2017

ISBN 978-966-350-665-4

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
ГЛАВА 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ	7
1.1. Сучасний стан та перспективи розвитку вугільної промисловості України.....	7
1.2. Державне підприємство «Антрацит».....	11
1.2.1. Загальна характеристика ВП «Шахта «Комсомольська».....	12
1.2.2. Загальна характеристика ВП «Шахта «Партизанська».....	12
1.2.3. Загальні відомості про стан капітальних і підготовчих гірничих виробок.....	16
1.3. Сучасний стан та напрямки розвитку способів охорони виробок в зоні впливу очисного вибою.....	17
1.3.1. Охорона гірничих виробок із залишенням ціликів вугілля.....	18
1.3.2. Безціликові способи охорони підготовчих виробок.....	22
1.4. Основні напрямки підвищення ефективності видобутку вугілля на шахтах ДП «Антрацит».....	29
ГЛАВА 2. ВИРОБНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ШАХТ ДП «АНТРАЦИТ» ТА РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГІРНИЧИХ РОБІТ	32
2.1. Очисні роботи ВП «Шахта «Партизанська».....	32
2.2. Причини простоїв очисних вибоїв.....	33
2.3. Проведення підготовчих виробок ВП «Шахта «Партизанська».....	35
2.3.1. Обсяги проведення.....	35
2.3.2. Чисельність прохідників.....	36
2.3.3. Темпи проведення гірничих виробок.....	36
2.3.4. Вплив темпів проведення підготовчих виробок на швидкість руху очисного вибою.....	38
2.4. Ефективність збільшення довжини лінії очисного вибою на шахтах ДП «Антрацит».....	41
2.5. Способи охорони підготовчих виробок.....	47
ГЛАВА 3. ДЕФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТИ «ПАРТИЗАНСЬКА» У ЗОНІ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ РОБІТ	51
3.1. Гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови розробки ВП «Шахта «Партизанська» ДП «Антрацит».....	51
3.2. Методика натурних досліджень в підготовчих виробках ВП «Шахта «Партизанська».....	56
3.2.1. Методика проведення візуального моніторингу.....	56
3.2.2. Методика проведення шахтних інструментальних вимірювань.....	57
3.2.3. Методика визначення площі поперечного перерізу виробки....	59

3.3. Стан підготовчих виробок очисних вибоїв пласта h_{10} ВП «Шахта «Партизанська».....	61
3.3.1. Візуальне обстеження стану пром. штреку 204-ї західної лави пласта h_{10}	61
3.3.2. Візуальне обстеження стану пром. штреку 205-ї західної лави пласта h_{10}	66
3.3.3. Візуальне обстеження стану пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}	67
3.3.4. Основні висновки і рекомендації щодо поліпшення експлуатаційного стану виробок.....	70
3.4. Деформаційні процеси в підготовчих виробках ВП «Шахта «Партизанська» в зоні впливу очисних робіт	72
3.4.1. Результати інструментальних досліджень стану пром. штреку 204-ї західної лави пласта h_{10}	72
3.4.2. Результати інструментальних досліджень стану пром. штреку 205-ї західної лави пласта h_{10}	78
ГЛАВА 4. ПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПОРОДНОГО МАСИВУ НАВКОЛО ГЕОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВИЙМАЛЬНА ВИРОБКА-ОХОРОННА КОНСТРУКЦІЯ-ЛАВА».....	85
4.1. Загальні положення.....	85
4.2. Алгоритм визначення пружно-деформованого стану породного масиву методом скінченних елементів.....	86
4.3. Вихідні дані до розрахунків для гірничо-геологічних умов 205-ї західної лави пласту h_{10} ВП «Шахта «Партизанська».....	90
4.4. Моделювання геомеханічних процесів за традиційним способом кріплення і охорони виробки.....	91
4.5. Чисельне моделювання нового способу кріплення і охорони виймальної виробки.....	98
4.6. Обґрунтування необхідної залишкової площі поперечного перерізу для можливого повторного використання виймальної виробки.....	104
4.7. Вплив ширини охоронної смуги Текхард на стійкість пром. штреку...	104
ГЛАВА 5. ПІДТРИМАННЯ ПРОМ. ШТРЕКУ 206-ОЇ ЛАВИ ШАХТИ «ПАРТИЗАНСЬКА». ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБУ ОХОРОНИ.....	109
5.1. Нова методика інструментальних вимірювань у виробках, закріплених рамним та рамно-анкерним кріпленням.....	109
5.2. Спосіб охорони пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10} з використанням дерев'яних кострів і органного кріплення.....	115
5.3. Шахтні дослідження стану пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}	118
5.3.1. Візуальне обстеження стану пром. штреку	118
5.3.2. Інструментальні дослідження стану пром. штреку.....	124

5.4. Чисельне моделювання закріплення бровки на сполученні «лава-штрек» в умовах пром. штреку 206-ї західної лави.....	131
5.5. Зміцнення бровки на сполученні «лава-штрек»	134
5.6. Послідовність вибору раціональних параметрів кріплення і охорони виробок з метою їх повторного використання.....	139
5.7. Економічна ефективність запропонованих заходів з охорони пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}	141
5.8. Критерій можливого повторного використання підготовчої виробки	143
5.9. Рекомендації з забезпечення стійкості пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}	144
ВИСНОВКИ	146
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	147

ВСТУП

Постійне збільшення глибини розробки та інтенсифікація гірничих робіт на шахтах вимагають реалізації комплексу заходів, спрямованих на підвищення надійності і безпеки праці, а також на зниження вартості і матеріаломісткості технологічних засобів. У цьому плані повторне використання виробок при видобутку вугілля дозволить скоротити витрати і час на підготовку нових лав, що знизить собівартість вугілля і підвищить рентабельність підприємств.

Надзвичайно актуальним є це питання для ДП "Антрацит", діючі шахти якого – «Комсомольська» і «Партизанська», видобувають антрацити на глибині 1000 м і більше, але мають значний потенціал і перспективу подальшого розвитку. Так, відповідно до проекту подальшого розвитку ВП «Шахта «Партизанська», реалізація комплексу організаційних та технічних заходів дозволить істотно збільшити проектну потужність та продовжити термін служби шахт не менше ніж на 30 років.

Традиційно для охорони виробок шахти при відпрацюванні лав використовувалися вугільні цілики. У зв'язку з підвищеним гірським тиском їх ширина сягала 30 м, що спричинило величезні втрати цінної сировини.

Зниження ширини вугільних ціликів до 5...7 м призвело до істотного погіршення стану виробок, збільшило обсяги ремонтних робіт. У зв'язку з цим на шахтах планується впровадження безціликового відпрацювання виїмкових ділянок з повторним використанням виробок і застосуванням ефективного комбінованого рамно-анкерного кріплення, що дозволить зменшити втрати вугілля у ціликах, збільшити темпи посування лав за рахунок скорочення часу на виконання кінцевих операцій у вибоях, а також знизить металоємність кріплення. Технічна реалізація цих рішень вимагає комплексної оцінки характеру роботи кріплення і охоронних конструкцій на всіх етапах експлуатації виробки з моменту її проведення, проходження хвилі опорного тиску від першої лави і впливу очисних робіт при повторному використанні.

У монографії детально розглянуті питання щодо вивчення деформаційних процесів, що відбуваються в підготовчих виробках видобувної ділянки, запропоновані нові підходи до виконання натурних та чисельних досліджень, обґрунтовані параметри комбінованого кріплення, засобів зміцнення порід та охоронних конструкцій замість вугільних ціликів.

ГЛАВА 1

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ В УКРАЇНІ

1.1. Сучасний стан та перспективи розвитку вугільної промисловості України

Україна має в своєму розпорядженні безліч джерел енергії, таких як ядерне паливо, гідроенергія, нафта й газ, однак вугілля залишається на сьогоднішній день найбільш важливим і надійним ресурсом забезпечення енергетичної безпеки. Доказом служить значна частка запасів вугілля серед інших мінеральних енергетичних копалин України: вугілля – 95 %, природний газ – 3 %, нафта – 2 %.

За запасами вугілля Україна посідає восьме місце в світі, маючи в своєму розпорядженні 4 % світових ресурсів [1]. Запаси вугілля до глибини 1500 м оцінюються в 117,3 млрд т, в тому числі 54,3 млрд т розвіданих запасів, з них 39,3 млрд т становить вугілля енергетичних марок, 9 млрд т – буре вугілля та 6 млрд т – коксівне [2]. На діючих шахтах промислові запаси вугілля складають 6,5 млрд т, в тому числі енергетичні – 3,5 млрд т [3]. Запаси в Україні на одну людину (695,7 т) в кілька разів перевищують загальносвітові (161,3 т) [2].

В структурі запасів вугілля на частку пластів потужністю більше 1,2 м припадає лише 20,4 %, на тонкі (до 1,2 м) – 74 %, в тому числі на дуже тонкі (менше 0,7 м) – 33,3 % [3]. Враховуючи, що світова практика базується на першочерговому відпрацюванню більш потужних пластів, то перспективні промислові запаси кам'яного вугілля в Україні становлять 12,8 млрд т. Ці запаси дозволяють стабільно видобувати щорічно близько 100 млн. т вугілля протягом 50 років.

На території України знаходяться три вугільних басейни (Донецький, Львівсько-Волинський і Дніпровський), найбільшим з яких є Донецький басейн (87 % розвіданих резервів в Україні) [1].

На даний час запаси вугілля в Великому Донбасі в складі Донецької, Луганської, Дніпропетровської, Полтавської та Харківської областей України та Ростовської області Росії, на глибині до 1800 м в пластах потужністю понад 0,3 м становлять в 240,6 млрд т (геологічні запаси), а балансові – 49 млрд т. За запасами вугілля Донбас посідає сьоме місце в СНД після Ленського, Тунгуського, Кансько-Ачинського, Кузнецького, Таймирського і Печорського басейнів.

Протяжність басейну з півночі на південь – 380 км, із заходу на схід – 160 км (Малий Донбас), площа в 53,3 тис. км², в тому числі: в Донецькій області – 26,5 тис. км² і в Луганській – 26,7 тис. км², що становить 3,8 % всієї площі України.

Вугленосна товща Донецького басейну містить до 330 вугільних пластів потужністю від 0,3 до 1...2 м (середня потужність – 0,80 м), з них знаходяться в розробці близько 135.

Половину загальних балансових запасів становить вугілля газове і довгополуменеве, чверть – антрацити. Запаси антрациту в Донбасі в кілька разів бі-

льші, ніж у відомому за кордоном антрацитному басейні Пенсільванія (США) або у всій Англії.

Зольність донецького вугілля коливається в межах від 5 до 18 %, у вугіллі середнього карбону переважають середньосірчисте та підвищено-сірчисте вугілля (1,5...3,5 %) [4].

Вугільна промисловість України досягла піку свого розвитку в 1976 р., коли було видобуто рекордну кількість вугілля – 218 млн т [5]. Однак, з огляду на те, що в Кузбасі продуктивність з видобутку в три рази вища, вугілля в 2...2,5 рази дешевше, а вміст сірки в 8...10 разів менший, в кінці 70-х років ХХ століття було прийнято рішення про згортання вуглевидобутку в Донбасі. Десятиліттями йшло будівництво нових, модернізація існуючих шахт і після цього з майже 340 технічних одиниць слід залишити кілька, які видобувають особливо цінні марки коксівного вугілля. У 80-ті роки минулого століття в СРСР питання про Донбас так і залишилося відкритим, при цьому котельні в населених пунктах й електростанції переорієнтовувались на газове паливо, а склади діючих антрацитових шахт переповнювала незатребувана продукція [6].

У 2012 році шахтами недержавного сектора (49 шахт, не враховуючи дрібних), було видобуто майже 71 % річного обсягу вугілля [5].

Вітчизняний ринок вугілля складається з двох ключових сегментів: енергетичного вугілля, яке використовується в основному для виробництва електроенергії та коксівного вугілля, що використовується в металургії.

Видобуток енергетичного і коксівного вугілля в 2015 році склав 39,76 млн т [7].

Проблемами вугільної промисловості України є складні гірничо-геологічні умови: мала потужність пластів, велика глибина розробки, слабка стійкість порід, висока багатогазовість, схильність багатьох пластів до раптових викидів газу, гірських ударів. Кут падіння пластів коливається від 0° до 80°. Середня глибина розробки перевищує 600 м, а максимальна сягає 1400 м. Зростають витрати і трудомісткість робіт на підтримку та ремонт гірничих виробок. Третина шахт пилевибухонебезпечні, а 85 % шахт сильно загазованих [8].

Вугільні шахти України, через недостатні капітальні вкладення, мають найстаріший, навіть серед країн СНД, шахтний фонд. Майже 96 % вугільних підприємств працюють без реконструкції вже понад 20 років. Загрозливого масштабу набуває зношеність активної частини виробничих фондів, з 7 тис. одиниць стаціонарного обладнання 2/3 відпрацювали свій нормативний термін і потребують заміни. У загальному парку обладнання, що експлуатується, питома вага нових механізованих комплексів і прохідницьких комбайнів становить лише третину, а нових навантажувальних машин і стрічкових конвеєрів – близько 15 % [9].

Основними необхідними кроками з реформування вугільної галузі для досягнення наміченої в Програмі стратегічного розвитку України [10] видобутку в 2030 році є наступні.

1. Термінове створення умов для залучення приватних інвестицій у галузь шляхом приватизації вугільних підприємств і застосування механізмів державно-приватного партнерства.

2. Відмова від виділення субсидій на користь нерентабельних шахт.
3. Подальше закриття нерентабельних шахт.
4. Реалізація програм з мінімізації наслідків закриття шахт.
5. Модернізація шахтного фонду приватними інвесторами й оптимізація системи управління.

6. Вдосконалення механізму державної підтримки галузі шляхом поетапного припинення субсидування операційних витрат державних шахт разом зі збільшенням фінансування на працевлаштування та соціальну підтримку працівників.

7. Лібералізація ринку вугілля.

За даними «Стратегії розвитку ...» більшість державних шахт мають потенціал виходу на рентабельне виробництво, і лише мала їх частина не має перспектив розвитку.

Це добре простежується з даними про роботу раніше приватизованих шахт, які стали працювати з прибутком без державних дотацій, при собівартості продукції вдвічі нижче і продуктивності праці – удвічі вище, ніж на державних підприємствах. Ці результати підтверджують необхідність приватизації і передачі шахт в концесію або оренду.

Формування цін в даний час на вугілля не базується на ринкових принципах, а слугить механізмом для компенсації витрат вугільних шахт. Такий підхід призводить до відсутності стимулів для підвищення ефективності життєздатних підприємств і невиправданою підтримки глибоко збиткових шахт. Доходи в галузі розподіляються неефективно, що заважає її розвитку і виходу на рентабельний рівень.

Для лібералізації ринку необхідно не допускати появи державного монополіста на ринку вугільної продукції, введення електронної біржової форми торгівлі вугільною продукцією та ринкового формування цін на основі балансу попиту та пропозиції.

Згідно «Стратегії розвитку ...» [10] реформи повинні були пройти в два етапи. У 2012 – 2015 рр. необхідно було завершити приватизацію державних підприємств, реалізацію механізмів державно-приватного партнерства, закриття або консервацію глибоко збиткових шахт, що нецікаві інвесторам, при відсутності потенційного дефіциту марок вугілля, який неможливо покрити з інших джерел. Завданням високого пріоритету для держави була організація програм соціальної адаптації працівників галузі, які вивільняються, і рекультивації землі після закриття шахт. Наступним етапом розвитку галузі повинна була стати активна модернізація шахт вуглевидобувних підприємств в 2015 – 2020 рр. [10]. Однак, дана програма розвитку була порушена бойовими діями на сході України.

На даний час, на непідконтрольних Україні територіях знаходяться 85 шахт всіх форм власності, що становить 57 % від їх загальної кількості в Україні. На цих територіях знаходяться всі шахти, що видобувають антрацити.

У зв'язку з цим, вуглевидобувні підприємства України в 2015 році знизили видобуток рядового вугілля на 38,8 % (на 25 236,2 тис. т) у порівнянні з 2014 роком – до 39 759,1 тис. т. Видобуток коксівного вугілля за минулий рік

впав на 49,8 % (на 7 984,2 тис. т) до 8 155,1 тис. т, енергетичного – на 35,3 % (на 17 252 тис. т) до 31 604 тис. т. Роком раніше скорочення вуглевидобутку було зафіксовано на 22 % в порівнянні з 2013 роком.

Вуглевидобувні підприємства, що входять в сферу управління Міненерговугілля, в 2015 році знизили видобуток на 62 % (на 10 984,1 тис. т) до 6 742,2 тис. т, в т. ч. видобуток коксівного вугілля скоротився на 57,6 % (на 2 652 тис. т) до 1 950,1 тис. т, енергетичного – на 63,5 % (на 8 332,1 тис. т), до 4 792,1 тис. т.

Шахти Донецької області в 2015 році забезпечили видобуток 14 367,7 тис. т вугілля (–44,9 % в порівнянні з 2014 роком), Луганської – 4 332,8 тис. т (–75,8 %), Дніпропетровської – 18 832,9 тис. т (–0,4 %), Львівської – 1 982,6 тис. т (+9,2 %), Волинської – 243,2 тис. т (–16,5 %) [11].

У 2015 році Україна імпортувала кам'яне вугілля і антрацит на загальну суму 1 632 млн доларів США (\$). Найбільшими постачальниками вугілля для України в 2015 році були Росія, США і Казахстан. Імпорт вугілля з Росії в грошовому вираженні склав 771,3 млн \$ (47,2 % витрат на імпорт твердого палива), з США – 400 млн \$ (24,5 %), з Казахстану – 123,7 млн \$ (7,6 %). На інші країни – 338,2 млн \$ [11].

Україна була змушена вдатися до практики віялових відключень в 2014 році, оскільки вугілля в обсязі 65 млн тон, видобутих в той період, виявилось недостатньо для покриття потреб генерацій при виробництві електроенергії.

Компанія ДТЕК відмовилася від закупівель вугілля з державних шахт, мотивуючи це падінням попиту на електроенергію в Україні. Виробництво електроенергії падає слідом за вуглевидобутком, але українські виробники не шукають варіантів експорту електроенергії, щоб збільшити обсяги виробництва, а сухо констатують ситуацію, що склалася [12].

В кінці 2014 року ДП «Укрінтеренерго» уклало контракт з російською «Інтер РАО» на імпорт електроенергії, і протягом року вибирало обсяги для покриття дефіциту власних потужностей. Таким чином, держава заклало бомбу уповільненої дії під власні генерації. При відсутності вугілля для роботи теплоелектростанції вимушено зупиняли блоки, це призводило до зниження обсягів виробництва і збитків в галузі. Російська електроенергія перекривала дефіцит потужностей, але за цей час уряд так і не вирішив питання з нарощуванням власних потужностей і поставки вугілля для їх роботи в достатніх кількостях.

В зиму 2015 року Україна входила з рекордно низьким запасом вугілля, падінням вуглевидобутку на 38,8 % і скороченням виробництва електроенергії. За 11 місяців 2015 року виробництво скоротилося на 12,9 %. Приблизно в таких же обсягах скоротилося і промислове виробництво, на 14,4 % в порівнянні з 11 місяцями 2014 року. При цьому, обсяг спалювання вугілля на українських ТЕС в порівнянні з 2013 роком впав більш ніж на третину. Уже тривалий час усі українські ТЕС працюють на технологічному мінімумі. НЕК «Укренерго» змушена розвантажувати атомні електростанції.

Станом на 6.01.2015 року залишки вугілля на теплових електростанціях склали 1 117 тис. т при планових 5 230 тис. т (дефіцит 4 113 тис. т від прогнозного балансу) (табл. 1.1):

Таблиця 1.1

Залишки вугілля на ТЕС		
	Працюючих на газовому вугіллі	Працюючих на антрацитах
План, тис. т	2484	2745
Факт, тис. т	881	235
Дефіцит, тис. т	1602	2510

Скорочення обсягів виробництва електроенергії безпосередньо пов'язано з недостатнім обсягом запасів вугілля, в тому числі антрациту. В Україні видобуток антрациту ведуть об'єднання: ДТЕК «Свердловантрацит», ДТЕК «Рівненкиантрацит», ДП «Донбасантрацит», ДП «Сніжнеантрацит», ДП «Торезанції», ДП «Шахтарськантрацит», ДП «Антрацит». Дефіцит вугілля стримує виробництво електроенергії та постачання її на експорт.

В результаті, вирішення проблем, що склалися у вугільній галузі України призведе до нормалізації роботи енергетичного комплексу.

1.2. Державне підприємство «Антрацит»

Державне підприємство «Антрацит» розташоване на території Антрацитівського району Луганської області, однак має юридичну адресу на підконтрольній Україні території.

З 1936 по грудень 1962 року в м. Боково-Антрацит працював трест «Боково-Антрацит», а з грудня 1962 роки (після перейменування міста) по 1970 рік – трест «Антрацит». У 1970 році трест «Антрацит» припинив свою діяльність. Підприємства вугільної промисловості міста Антрацит, що підпорядковувались тресту, перейшли в структуру комбінату «Донбасантрацит», який розташовувався в місті Красний Луч. ДП «Антрацит» розпочало свою діяльність, з видобутку антрациту в 1981 році шляхом виведення зі складу виробничого об'єднання «Донбасантрацит» групи антрацитових шахт і підприємств. Промислові запаси вугілля складають 5,6 млн. т, проектна потужність – 2500 тис. т на рік, виробнича – 1670 тис. т на рік.

У складі державного підприємства – 9 відокремлених підрозділів, в тому числі: 2 діючі шахти «Комсомольська» і «Партизанська» (рис. 1.1), «Шахта ім. 50 років Радянської України» і шахта «Крепенська» вибули в 2008 і 2012 рр. відповідно. Статутний капітал держпідприємства на 01.01.2012 р. становив 164 млн грн.

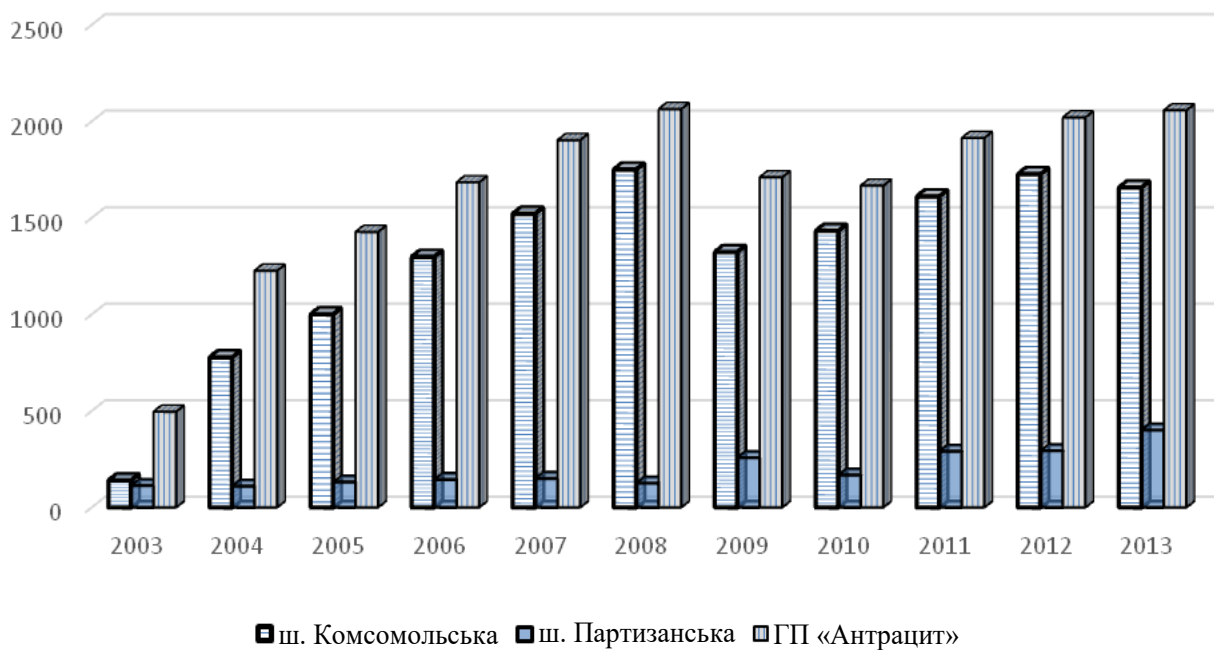


Рис. 1.1. Обсяг видобутку вугілля ДП «Антрацит»

1.2.1. Загальна характеристика ВП «Шахта «Комсомольська»

ВП «Шахта «Комсомольська» введена в експлуатацію в грудні 1980 році. Промислові запаси вугілля станом на 01.01.2012 року – 77,34 млн т, проектна потужність – 2100 тис. т/рік, виробнича – 1400 тис. т на рік. На шахті 25 структурних підрозділів (дільниць), в тому числі: 4 дільниці з видобутку вугілля, 4 дільниці підготовчих робіт, 12 підземних допоміжних дільниць (шахтного і конвеєрного транспорту, вибухових робіт, монтажу і демонтажу гірничошахтного обладнання, вентиляції і техніки безпеки й ін.) і 5 дільниць поверхневого комплексу.

1.2.2. Загальна характеристика ВП «Шахта «Партизанська»

ВП «Шахта «Партизанська» введена в експлуатацію в 1913 році. Остання реконструкція шахти проводилася в 1961 році. Виробнича потужність шахти 220 тис. т на рік. Промислові запаси вугілля – 21,8 млн т.

Відповідно до протоколу технічної ради про розгляд фактичного положення розвитку гірничих робіт шахти «Партизанська» та завданням Мінвуглепрому України від 26.06.2007 року, інститутом «Луганськдіпрошахт» розроблений проект «Розкриття і підготовка горизонту 20-х штреків пласта h_{10} ». Основні технічні рішення проекту включають:

- освоєння проектної потужності шахти одним очисним вибоєм;
- будівництво вентиляційної установки з вентилятором ВЦ-31,5М2;
- введення в дію вентиляційної свердловини діаметром 2,80 м;
- проведення похилого квершлягу № 10 з пласта h_{10} на пласт h_8 ;
- повна конвеєризація транспортування вугілля від очисного вибою до скіпового ствола;
- проведення конвеєрного і людського уклонів;
- кондиціонування шахтного повітря;

– механізована доставка людей до очисних та підготовчих вибоїв.

Наказом Міністерства вугільної промисловості України від 21.08.2009 року № 361а проект «Розкриття і підготовка горизонту 20-х штреків пласта h_{10} » шахти «Партизанська» ДП «Антрацит» затверджений з вартістю будівництва 96 421,91 тис. грн.

Роботи по здійсненню технічних рішень проекту розпочато в 2009 році. За цей час за рахунок власних коштів шахти були виконані роботи:

- проведення похилого квершлягу №10 з пласта h_{10} на пласт h_8 ;
- повна конвеєризація транспортування вугілля від очисного вибою до скіпового ствола;
- будівництво накопичувального бункера.

Затвердженим проектом передбачалася робота одного очисного вибою, обумовлена веденням гірничих робіт на глибинах 1150...1250 м і неможливістю забезпечити нормалізацію температурних умов існуючими засобами кондиціонування шахтного повітря. В таких умовах очікувалося зниження видобутку при збільшенні глибини розробки до 400 тис. тон вугілля на рік.

З метою збереження видобутку вугілля в обсязі 600 тис. тон на рік інститутом «Луганськдіпрошахт» у 2010 році виконані передпроектні обґрунтування відпрацювання запасів шахтного поля двома очисними вибоями.

Відпрацювання запасів шахтного поля двома очисними вибоями можливе при виконанні наступних технічних рішень:

- будівництво вентиляційної установки ВЦ-31,5М2 на проммайданчику західних вентиляційних свердловин;
- застосування комбінованої схеми провітрювання (нагнітально-всмоктувальної) з роботою вентилятора головного провітрювання на свердловинах діаметром 1,4 м на нагнітання, а вентилятора ВЦ-31,5М2 на свердловині діаметром 2,8 м – на видачу вихідного струменя повітря з шахти;
- осушення свердловини діаметром 2,8 м і проходження на неї збійки;
- доведення перерізу 28 західного відкотного штреку пласта h_8 до розрахункового перерізу, що забезпечує надходження необхідної кількості повітря в очисні та підготовчі виробки;
- удосконалення електропостачання проммайданчика західних вентиляційних свердловин;
- будівництво котельні, калориферної та теплових мереж для підігрівання шахтного повітря, що надходить в шахту в зимовий час.

Згідно [13] проектна потужність шахти становитиме 600 тис. т вугілля на рік, яка забезпечується роботою двох очисних вибоїв, з добовим навантаженням основний лави 1500 т на добу, і резервно-діючої лави – 500 т на добу. Термін служби шахти збільшиться ще на 32 роки.

Даний проект не передбачав проведення додаткових розкриваючих виробок. При цьому не будуть провітрюватися виробки пласта h_7 , що не експлуатуються. Додатково передбачалося введення в експлуатацію вентиляційної свердловини діаметром 2,8 м.

Враховуючи гірничо-геологічні умови і досвід роботи західних лав пласта h_{10} , проектом [13] збережений прийнятий на шахті панельний спосіб підготовки. Відпрацювання ярусів в панелі в низхідному порядку.

Також передбачається одночасне відпрацювання горизонту 20-х штреків пласта h_{10} двома очисними вибоями – 207 західної лави і 206 верхньої західної лави, яка для скорочення терміну введення очисного вибою в експлуатацію буде відпрацьовуватися прямим ходом.

Конвеєрна виробка зберігається для подальшого використання в якості вентиляційної для наступного стовпа. Вентиляційна – погашається слідом за очисним вибоєм.

Нововведена 206 верхня західна лава і 207 західна лава, яка перебуває у відпрацюванні, обладнуються механізованими комплексами – ЗМКД90 (очисний комбайн 1ГШ68, механізоване кріплення ЗКД90, скребковий конвеєр СП 250). Верхня 206 західна лава вводиться в експлуатацію як резервно-діюча. Управління покрівлю – повне обвалення.

Основні показники скоригованого проекту «Розкриття і підготовка горизонту 20-х штреків пласта h_{10} » шахти «Партизанська» ДП «Антрацит» представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Кількість
Проектна потужність шахти, тис. т на рік	600
Запаси вугілля станом на 01.01.2011 р., млн т:	
– балансові	28,73
– промислові	21,82
Кількість робочих місць, чол.:	
– всього	1424
– робітників з видобутку	1248
Продуктивність праці робітника з видобутку, т/міс	40,1
Собівартість 1 т готової вугільної продукції, грн/т	655,62
Кошторисна вартість будівництва, млн грн, в тому числі:	96,46
– гірські, будівельні і монтажні роботи	49,85
– обладнання	26,6
– інше	19,97
Тривалість будівництва, міс	30
Термін окупності капітальних вкладень, років	2,5

Система розробки при відпрацюванні виймального стовпа 206 верхньої західної лави – суцільна, при відпрацюванні виймального стовпа 207 західної лави і всіх наступних стовпів горизонту 20-х штреків пласта h_{10} – стовпова з відпрацюванням довгими стовпами по простяганню (табл. 1.3).

Подальше відпрацювання стовпів передбачається зворотним ходом в зв'язку з необхідністю забезпечення прямої схеми провітрювання з підсвіженням, необхідної за температурним фактором. Проведення підготовчих вибоїв (табл. 1.4) передбачається вузьким ходом, буропідривним способом. Пластові виробки передбачається проходити без поділу вугілля і породи із застосуванням буронавантажувальних машин типу 2ПНБ-2Б.

Таблиця 1.3

Основні показники за системою розробки

Найменування показників	Показники	
	207 захід-на лава	206 захід-на лава
Середня потужність пласта, що виймається, м	1,46	1,46
Довжина очисного вибою, м	235,0	160,0
Середньодобове навантаження на лаву, т/добу	1500,0	500,0
Середньодобове посування лінії очисного вибою, м/добу	2,6	1,6
Річне посування лінії очисного вибою, м/рік	780,0	480
Кількість підготовчих вибоїв	1	1
Механізація проведення підготовчих вибоїв	2ПНБ-2Б	2ПНБ-2Б
Добове посування підготовчих вибою, м/добу	3,4	2,0

Таблиця 1.4

Проектний будівельний об'єм гірничих виробок

Найменування гірничих виробок	Будівельні об'єми гірничих Виробок в світлі, м ³		
	Всього	в тому числі	
		за капітал. затратам	за експлуатацією
Виробки з підготовки шахтного поля	12716	–	12716
Виробки з підготовки лінії очисних вибоїв	5594	–	5594
Інші гірничі виробки	916	916	–
Разом	19226	916	18310

Проектом зберігається повна конвеєризація з транспортування антрациту від очисних вибоїв уклонного поля пласта h_{10} до завантажувального пристрою скіпового ствола пласта h_{10} .

Для передачі гірської маси від очисних вибоїв існуючу конвеєрну лінію доповнюють: конвеєрний уклон пласта h_{10} обладнується другим стрічковим конвеєром типу ЗЛ100У, проміжний штрек 207 західної лави і проміжний штрек 206 верхньої західної лави обладнуються стрічковими конвеєрами типу 1Л1000.

Існуюча конвеєрна лінія має максимальну продуктивність 280 т/рік (стрічковий конвеєр типу КРУ260 головного конвеєрного уклону пласта h_8).

1.2.3. Загальні відомості про стан капітальних і підготовчих гірничих виробок

В табл. 1.5 наведені дані про характерні перерізи гірничих виробок і технології їх проведення, що використовуваних на шахті.

Таблиця 1.5

Загальні відомості з експлуатації гірничих виробок

№	Найменування показника	Значення показника
1.	Переріз гірничих виробок, тип кріплення	1. КМП-А3-11,2; $S_{св} = 10,4 \text{ м}^2$; $S_{np} = 13,0 \text{ м}^2$. 2. КМП-А3-13,8; $S_{св} = 12,8 \text{ м}^2$; $S_{np} = 15,9 \text{ м}^2$.
2.	Технологія проведення виробок	1. Руйнування порід – БПР. 2. Прибирання гірської маси – механізована (2ПНБ-2Б, МПК-1600, ЛС-30, ЛС-55).
3.	Характерні прояви гірського тиску	1. Підготовчі виробки – вивалоутворення, підвищений тиск на кріплення. 2. Капітальні виробки – здимання порід підшоши, вивалоутворення.
4.	Доля витрат на підтримку виробок	В загальній собівартості вугілля становить 12 %.
5.	Застосування анкерного і рамно-анкерного кріплення	Не виконувалось.
6.	Конструкція кріплення сполучень	Камерні балки, коробчатого перерізу зварені з двотаврів і швелерів. В якості опори представлені відрізки труб, довжиною відповідно висоті виробки, діаметром 219 мм і 273 мм. Як перекриття сполучення застосовується спеціальний профіль СВП-22 и СВП-27.

Стан капітальних і підготовчих виробок показано на рис. 1.2.

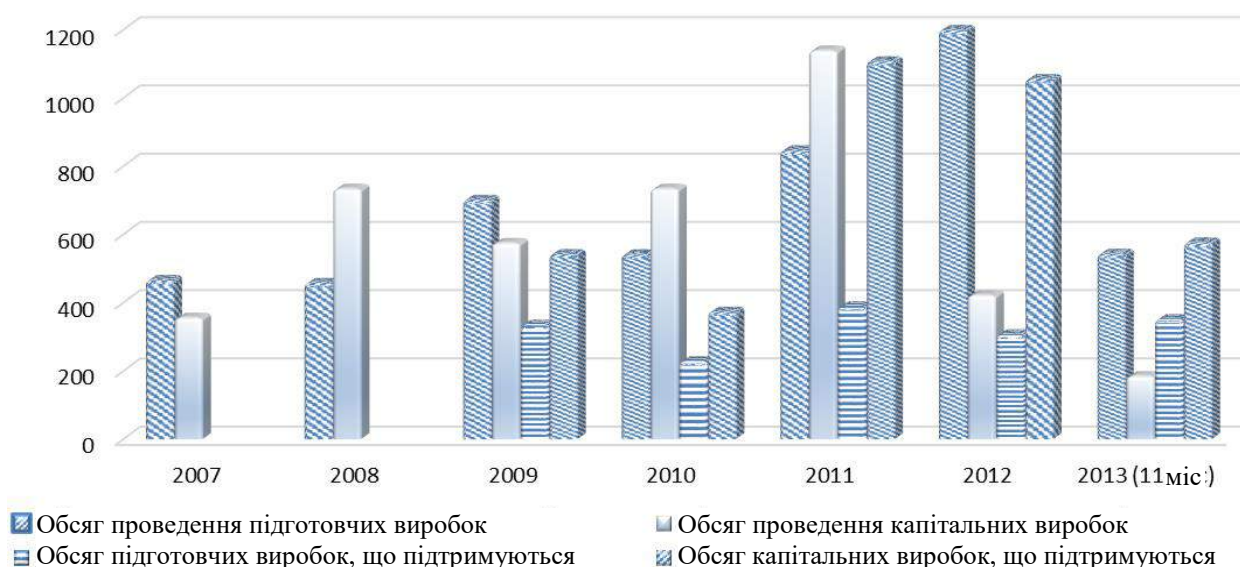


Рис. 1.2. Обсяги проведення і підтримки гірничих виробок

В розглянутому вище проект 20-х штреків [13] передбачалося повторне використання виробок з охороною їх вугільними ціликами. Однак, глибина розробки і проблеми, що виникли, при підтриманні виробок вугільними ціликами в 204 і 205 пром. штреках, вимагають обґрунтування більш ефективних рішень. Для цього доцільно узагальнити досвід підтримки виробок різними охоронними конструкціями з метою визначення найбільш ефективних з них.

1.3. Сучасний стан та напрямки розвитку способів охорони виробок в зоні впливу очисного вибою

Безремонтне повторне використання підготовчих виробок неможливе без обґрунтовано підібраної технології їх охорони. Основні функції охоронних конструкцій: мінімізувати вплив гірського тиску на елементи кріплення виробок, максимально зменшити обсяги ремонтно-відновлювальних робіт та забезпечити можливість безпечного ведення робіт в лаві. На даний час відомо безліч способів і засобів охорони, однак робота над їх вдосконаленням проводиться безперервно.

Сучасні конструкції для охорони виробок від негативного впливу очисних робіт відповідно до [14, 15], за принципом впливу на навколишній масив можна розділити на розвантажувальні, підтримуючі та обрізні. До розвантажувальним відносяться примусове обвалення порід покрівлі, буріння розвантажувальних свердловин, щілин і розміщення порід навколо виробки. До підтримуючих відносяться вугільні цілики і штучні конструкції. Обрізними конструкціями є органне кріплення і «костри».

Обсяги застосування різних способів охорони в загальному на шахтах Східного Донбасу показана в табл. 1.6 [16], їх розподіл щодо підприємств наведено в табл. 1.7 [17].

Таблиця 1.6

Динаміка зміни обсягів застосування різних способів охорони гірничих виробок на шахтах Східного Донбасу

Вид охорони	Обсяги застосування різних способів охорони, %			
	1985 р.	1990 р.	1995 р.	2000 р.
Вугільні цілики	24,5	36,8	37,8	35,1
Бутова смуга	19,7	9	10	9,5
Бутокостри, дерев'яні костри	42,7	39,9	38,2	42,1
Тумби з блоків БЗБТ, БДБ	13,5	14,3	14	13,4

Розглянемо сучасні напрямки розвитку підтримуючих та обрізних конструкцій. Для цього розділимо їх дві частини: охорона вугільними ціликами і штучними конструкціями.

Таблиця 1.7

Способи охорони виробок в зоні впливу лав на шахтах
північної і східної частин Донбасу

Державні підприємства	Загальна протяжність, м	Погашаються слідом за лавою		Охороняються штучними конструкціями, технологічними ціликами		Проводяться вприсічку		Оформлення виробки позаду вибою лави	
		м	%	м	%	м	%	м	%
Ровенькиантрацит	27800	11650	41,9	13535	48,7	0	0	2615	9,4
Свердловантрацит	27380	8990	32,8	10415	38	1750	6,4	6225	22,7
Донбасантрацит	16520	9110	55,1	5260	31,8	0	0	2150	13
Луганськвугілля	36800	13910	37,8	17190	46,7	0	0	5700	15,5
Лисичанськвугілля	4180	2180	52,2	0	0	2000	47,8	0	0
Первомайськвугілля	8000	0	0	3800	47,5	0	0	4200	52,5
Антрацит	6522	2361	36,2	3761	57,7	0	0	400	6,1
ДУЕК	37700	10550	28	23800	63,1	3350	8,9	0	0
Всього	164902	58751	35,6	77761	47,2	7100	4,3	21290	12,9

1.3.1. Охорона гірничих виробок із залишенням ціликів вугілля

В історії вітчизняної і закордонної гірничої справи охорона виробок ціликами вугілля відіграла важливу роль. Однак, цей спосіб показував себе достатньо ефективно на малих глибинах розробки – до 200...300 м. Зі збільшенням глибини розробки, яка на шахті «Партизанська» становить 1000...1200 м, і розвитком засобів комплексної механізації очисних робіт охорона вугільними ціликами показує свою неефективність не тільки на даному підприємстві. У зв'язку з цим, на сучасному етапі ведення гірничих робіт існує ряд напрямків розвитку даного способу охорони, а пошуком збільшення його ефективності займається багато вчених.

На глибині відпрацювання понад 500 м, а в даний час на деяких підприємствах роботи ведуться на горизонтах 1000...1200 м, залишення ціликів вугілля малої ширини призводить до негативних наслідків, і, в більшості випадків, до неможливості повторної експлуатації виїмкових виробок. Прикладом є порівняння різних способів охорони при підтримці підготовчих виробок на шахті «Кочегарка» об'єднання «Артемвугілля» [18]. При залишенні для охорони цілини шириною 6 м бічні зміщення в штреку досягали 600 мм, а вертикальні – 450 мм. Причому, на ділянках, що примикають до лави, зміщення досягали 250...300 мм, тобто були сумірні з величиною податливості металевих кріплення. На рис. 1.3 дана класифікація сучасних способів охорони з залишенням вугільних ціликів.



Рис. 1.3. Класифікація способів охорони з залишенням вугільних ціликів

Звідси випливає необхідність збільшення ширини ціликів для підвищення ефективності їх роботи (рис. 1.4) [19, 20, 21]. Це підтверджується описаною в роботі [22] технологією із залишенням цілика шириною 70 м при відпрацюванні запасів підприємства ВП «Харківська» ДП «Свердловантрацит». У той же час, збільшення ширини до 30...50 м призводить до значних втрат вугілля, що становить 25...30 %.

Вирішення проблеми з печами і просіками показано в роботах [23, 24, 25], де наведені результати охорони виробок косокутними ціликами на шахті «Довжанська-Капітальна». Цілики формуються до підходу очисного вибою. Дана форма дозволяє винести привід конвеєра на підготовчу виробку, проте передбачається його періодичний демонтаж для перенесення через цілик. Незважаючи на це, вугільний цілик виконує функції тимчасової підтримки сполучення і в якості додаткових елементів між ціликами зводять дерев'яні костри, а з боку виробленого простору – ряд органного кріплення [24].

У роботах [21, 26-28] авторами запропоновано спосіб охорони спареними вугільними ціликами. Сутність його полягає в тому, що безперервний цілик шляхом проведення в ньому виробки по всій довжині ділиться на дві нерівні за шириною частини. Вузкий цілик, що знаходиться біля виробки, яку охороняють, формують до впливу очисних робіт. Він виконує в основному підтримуючі функції. А більший широкий цілик, що утворюється при проході лави, несе функції охоронного елемента. Виробка, що проводиться, є розвантажувальною порожниною [26].

Даний спосіб був впроваджений і добре себе зарекомендував на шахтах ім. Фрунзе, Вахрушева, Космонавтів та Дзержинського ДП «Ровенькиантрацит». Він дозволив скоротити втрати запасів в 2...4 рази, в порівнянні з втратами при одинарних ціликах. Також, в 3 рази зменшилися втрати площі підготовчих виробок [26].

Використання охорони вугільними ціликами та органомним кріпленням розглянуто в роботах [29, 30]. Авторами запропонований і впроваджений на шахті «Харківська» «ДТЕК Свердловантрацит» спосіб зміцнення вугільного цілика органомним кріпленням, тобто встановлення за його периметром дерев'яного органомного кріплення. Один ряд встановлюється з боку підготовчої виробки, два ряди – з завального боку. Ширина цілини при цьому склала 5 м.

В результаті впровадження даного способу підготовча виробка з проектним перерізом $13,8 \text{ м}^2$ на всьому протязі залишалася в експлуатаційному стані з площею поперечного перерізу $10,2...12,5 \text{ м}^2$ [30].

В роботі [16] автором запропоновано на шахті «Лутугінська» спосіб охорони вугільними ціликами шириною 6 м, двома рядами органомного кріплення і одним рядом дерев'яних кострів з завального боку.

Охорона підготовчої виробки вугільними ціликами і породними смугами розглянута в роботі [31]. Автор пропонує часткове вибурювання вугілля з ціликів бурошнековим комплексом і заповнення свердловин породою від проходки, за допомогою того ж комплексу.

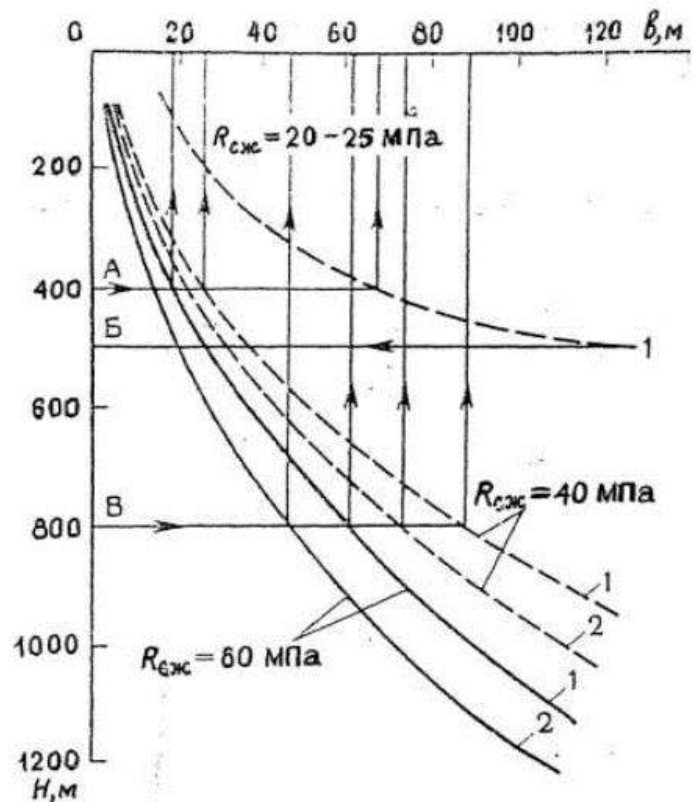


Рис. 1.4. Вплив глибини гірничих робіт на ширину вугільних ціликів для охорони підготовчих виробок: 1 – дерев'яне кріплення з піддатливістю 200 мм; 2 – металеве кріплення з піддатливістю 500 мм; R_{cm} – міцність порід на одновісне стиснення, МПа; H – глибина розробки, м; B – ширина цілика, м.

Не дивлячись на великий економічний ефект від додаткової виїмки вугілля і розвантаження масиву, для застосування даного способу необхідно придбання дорогого бурошнекового комплексу. Також, варто врахувати, що дані комплекси мають значні габарити і не працюють у виробках з малим перерізом.

Застосування способу охорони вугільними і закладними ціликами на одній з шахт Східного Донбасу розглянуто в [32]. Цементогіпсові закладочні цілики, довжиною 7 м, зводилися між вугільними, довжиною 2 м.

У роботах [33, 34] описаний спосіб охорони піддатливими вугільними ціликами, тобто розвантаженими від опорного тиску. Теоретично це обґрунтовується тим, що «жорсткі» цілики по периметру роздавлюються, а в їх центрі в зоні тривісного стиснення з'являються такі напруження, внаслідок чого породи, що вміщують, набувають пластичних властивостей і видавлюються з-під ціликів, а в виробки відбуваються значні деформації. Напруження в розвантажених ціликах менші ніж в «жорстких» [35].

Існують різні способи надання піддатливості вугільним ціликам. Так, в роботі [36] авторами розглянуті способи розвантаження шляхом буріння свердловин, камуфлетного підривання і проведення розвантажувальних печей. Випробування даного способу охорони відбувалося на шахтах «Травнева» і «Південна». Буріння свердловин здійснювалося діаметром 300 мм, відстань між ними варіювалася від 0,9 до 1,8 м. Камуфлетне підривання проводилося в шпурах довжиною 4 м, пробурених з підготовчої виробки. Відстань між шпурами – 2 м. Розвантажувальні печі, шириною 3 м, проводилися довжиною 7 м в цілику шириною 14 м, відстань між печами – 8 м.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що надання охоронним ціликам піддатливості зменшує величину зміщень на 40 % [36]. Також, встановлено що найбільш ефективним є спосіб надання піддатливості вибурюванням свердловин на 1/3 ширини цілика з кожного боку.

У роботах [37, 38] виконано дослідження залежності піддатливості ціликів від діаметра і щільності свердловин. Встановлено, що частка вугілля, що виймається з ціликів, повинна перевищувати 30 %, а величину піддатливості можна регулювати щільністю свердловин.

Інший спосіб надання піддатливості розглянуто в роботах [33, 39] і полягає в гідророзпушенні й насиченні крайової частини пласта водним розчином поверхнево-активної речовини (водний 0,5 % розчин сульфанола). Розвантаження відбувається поза зоною впливу очисних робіт. В даному випадку знижується міцність вугілля і для стійкості просіка потрібно зміцнення місць його проведення.

В роботі [40] автором запропоновано спосіб розміцнення шляхом гідророзриву гідростволом з насадкою. Тиск перед насадкою становить 36 МПа.

В [35] розглянуто спосіб надання піддатливості врубовою машиною. Ширина охоронного цілика складає 6 м, його підрублювання виконується на глибину 3,5 м з боку очисного вибою перед його проходом. Застосування даного способу дозволило скоротити в 3 рази втрати вугілля в ціликах і забезпечити достатню стійкість виробки.

В роботі [41] розглянуто спосіб розміцнення вугільного пласта вибухопо-
рожнним способом на шахті «Карбоніт».

З огляду на вищевикладене, спосіб охорони підготовчих виробок вугіль-
ними ціликами без застосування додаткових засобів охорони і технологій на
великих глибинах розробки є малоефективним. У той же час, застосування до-
даткового обладнання та засобів, робить процес охорони ще більш складним і
трудомістким.

До недоліків охорони вугільними ціликами слід також віднести склад-
ність схем транспорту, велика кількість прохідницьких робіт з проведення печей і
просіків. Залишені цілики вугілля в вищерозміщеній частині повторно ро-
зроблювальної товщі формують в породах між пластами вугілля аномальні зони
високих напружень, які спричиняють негативну і небезпечну поведінку порід у
виробках пласта, що підробляється [20].

Також, до істотних недоліків охорони ціликами відносяться втрати вугіл-
ля, особливо при збільшенні їх ширини при великій глибині розробки.

1.3.2. Безціликові способи охорони підготовчих виробок

Охорона виробок литими смугами

Охорона підготовчих виробок литими смугами давно використовується
на шахтах Німеччини, Англії та Польщі і є перспективною. До основних досто-
їнств литих жорстких смуг, поряд з повною механізацією їх зведення, відно-
сяться висока несуча здатність, що забезпечує охорону виробок на пластах із
середньо- і важкообвалюваними покрівлями, безпека робіт на сполученнях з
очисними вибоями і хороша ізоляція виробленого простору. Основний ефект
полягає в розвантаженні гірського масиву від напружень, викликаних шкідли-
вим впливом очисних робіт, шляхом обвалення консолі завислих порід на жор-
сткій опорі високої міцності [14, 15].

На даний час застосування литих смуг стримується відсутністю раціо-
нальних, малогабаритних і недорогих засобів їх зведення і, в ряді випадків, висо-
кою вартістю матеріалу. Також, при наявності маломіцних порід підшви від-
бувається вдавлювання в неї смуги. Вирішенню цих, і ряду інших проблем, які
пов'язані із застосуванням литих смуг присвячено безліч робіт.

Однією з проблем застосування литих смуг є те, що вони не встигають
набирати необхідну міцність до підходу зони опорного тиску за лавою. Вирі-
шення даної проблеми розглянуто в роботах [42, 43], шляхом використання по-
силеною органного кріплення і литої смуги. Два ряди органного кріплення
встановлюють впритул і ще 2 – на відстані 0,8...1,0 м з боку виробленого про-
стору. Даний спосіб дозволяє при великих швидкостях посунання очисного ви-
бою набрати необхідну міцність литій смузі.

Вирішення даного питання автором в роботах [44, 45] досягається шля-
хом застосування комбінації литої смуги і залізобетонних блоків (ЗББ), що чер-
гуються за довжиною, литої смуги зі стінкою з ЗББ з боку лави і комбінованої
смуги з ЗББ і залізобетонної стінки, які чергуються, з боку лави.

Інший спосіб вирішення розглянуто в роботах [46, 47, 48] шляхом зве-
дення литих смуг попереду очисного вибою поза зоною впливу опорного тиску.

Вирішенню проблеми впливу перекидаючого моменту на литу смугу присвячені роботи [42, 49]. Авторами запропонована охорона двома литими смугами різної твердості. Основна жорстка смуга віддалена від штреку на відстань, що не перевищує 4,5 м, вона сприймає основне навантаження. Друга смуга – піддатлива, розташовується впритул до жорсткої з боку виробки, що охороняється. Вона забезпечує створення бічного підпору для основної смуги і протидіє перекидаючого моменту, що діє на основну смугу.

В роботі [50] авторами розглянута охорона двома різножорсткими литими смугами, розташованими на певній відстані одна від одної. Між смугами встановлюється органне кріплення.

В [51, 52] авторами запропоновано замість двох смуг різної твердості при зведенні однієї смуги робити її різножорсткою. Це досягається шляхом створення штучної розвантажувальної щілини, що розташована з боку виробки, яка охороняється, на всій її довжині [52]. Глибина щілини повинна бути менше ширини смуги, а її висота зменшується при віддаленні від штреку. Щілина формується при заливці шляхом встановлення перекриття.

Вирішенню проблеми вдавлювання литої смуги в слабкі породи підосви присвячені роботи [53, 14]. Пропонується застосувати литу смугу клинової форми з прогонами з куточка на вершині. При опусканні покрівля стикається зі смугою, яка виконує роль ножа. Внаслідок цього відбувається обвалення завислої консолі порід [54]. Спосіб дозволяє зменшити витрати на матеріали в 2 рази.

Одним із стримуючих факторів зведення литої смуги є трудомісткість зведення опалубки у виробленому просторі, яка за даними [55, 56] в деяких випадках становить 44...50 % всього часу. Одне з рішень цього питання розглянуто в роботі [57]. На ШУ «Покровське» охоронні смуги зводилися із застосуванням гнучкої опалубочної ємності (поліетиленового мішка), розміром 1,85x1 м, яка за петлі підвішувалася на органне кріплення під верхняк і заповнювалася розчином.

У роботах [55, 58] авторами описано впровадження на шахті «Комсомолец Донбасу» пересувної збірно-розбірної дерев'яної опалубки, довжиною 3 м, з футеруванням конвеєрною стрічкою. Опалубка дозволила значно знизити трудовитрати при зведенні смуги.

Для зведення біляштрекових смуг на шахтах Німеччини з 1966 р. широко використовується природний ангідрит і швидкотвердіюче «бліцдеммер» [44, 47]. Також є і вітчизняний досвід застосування фосфогіпсових в'язучих [59, 55, 60]. На даний час закордонний сегмент ринку представлений сумішами «Текбленд» (Польща), «Про Монт П-Ашб1» (Німеччина), «Спрайкон» (Канада). Випробування цих матеріалів на шахтах України [60, 61] виявили ряд недоліків. Найважливішими з них є порівняно висока вартість, низька швидкість набору міцності та недостатня міцність в кінці терміну затвердіння [44].

У 2002 р закінчилися роботи зі створення вітчизняного матеріалу «БІ-Кріплення» (Патент України № 53569А) [43]. Проведені дослідження і досвід впровадження на ШУ «Покровське» показав, що матеріал швидко набирає міцність (через 1 добу – 11 МПа), має хорошу міцність в кінці терміну твердіння

(через 28 діб – 39 МПа) і вартість зведення 1 м³ литої смуги менше в 1,8...4,1 рази в порівнянні з закордонними аналогами [62, 60].

На даний час підприємством ТОВ «Мінова Україна» випускається суха цементно-мінеральна суміш (СЦМС) «ТЕКХАРД» [63]. Дана суміш після змішування з водою являє собою швидкотвердіючий високоміцний бетон. СЦМС має підвищену гідрофільність і не потребує перемішування при замішуванні. Смугу з мішків з сумішшю (20 кг) викладають безпосередньо слідом за очисним вибоєм. Змішування виконують шляхом нагнітання 4 л води в один мішок через голчастий ін'єктор. Спосіб охорони смугами «ТЕКХАРД» добре себе зарекомендував на шахтах ім. А.Ф. Засядька, «Чайкіно», «Бутівська» [63]. При його використанні відсутні такі недоліки, як трудомістке зведення опалубки, велике пилоутворення при пневматичному транспорті матеріалу в литу смугу, наявності у виробки додаткового обладнання та складності замішування матеріалу.

Застосування охорони гірничих виробок литими смугами ускладнюється необхідністю наявності додаткового обладнання, складністю виконання робіт зі зведення, високою швидкістю руху очисних вибоїв і високою вартістю матеріалу. Альтернативою даному способу може бути охорона смугами з мішків з сумішшю «ТЕКХАРД». Однак, на даний час, вартість цього компонента є досить високою, що і стримує широке використання даного способу охорони.

Охорона виробок породними смугами

Охорона виробок породними смугами використовується у вітчизняній практиці давно. Поряд з перевагами економії коштів від залишення породи в шахті та малою вартістю матеріалу спосіб має низку недоліків.

Незважаючи на те, що для механізації закладних робіт розроблені спеціальні дробильно-закладні комплекси «Титан-1», «Титан-1М», ПЗК [64], з огляду на їх велику вартість і складність технології робіт зі зведення бутових смуг на вітчизняних підприємствах залишаються дуже трудомісткими. Для їх влаштування використовується ручна праця та скреперні установки.

Один з варіантів вирішення даного питання розглянуто в роботі [65]. Так, на шахті «Червоногвардійська», при проведенні виробки слідом за очисним вибоєм комбайнами 4-ПП-2 та ПК-3М, в їх конструкцію були внесені зміни. Замість закріплених лап і навантажувача були встановлені на домкратах пристрої у вигляді ножа бульдозера. Це дозволило механізувати зачистку підшви, переміщення і буртування гірської маси на скреперній доріжці.

В роботі [66] розглянуто встановлення такого ж виконавчого органу бульдозерного типу позаду кінцевої секції механізованого кріплення. Для розміщення породи зі стійок органного кріплення формують ємність, яку за допомогою конвеєра заповнюють породою і ущільнюють секціями механізованого кріплення.

В роботі [67] автором розглянуто спосіб зведення смуги з застосуванням пневмозакладного комплексу і її ущільнення за допомогою гідродомкратів, що прикріплені до трьох останніх секцій механізованого кріплення. До кінців гідродомкратів прикріплені штамп, який при їх висуненні ущільнює породу.

В [68, 69] розглянуто буропідривний спосіб зведення бутової смуги. Його сутність полягає в обваленні консолі покрівлі, і створення смуги з попереднім розпором уздовж виробки. Під частиною консолі, що залишилася, утворюється бутова смуга попереднього розпору, для чого підривають шпури спочатку в підошві, а потім, з уповільненням, в покрівлі. Для підвищення міцності в бутову смугу можна нагнітати ущільнюючий розчин. Дана технологія була впроваджена на шахті «Ворошиловградська №1» і показала хороші результати [68].

В роботі [70] автором запропоновано спосіб охорони шляхом формування охоронного цілика. В обвалених породах розміщуються перфоровані труби і, в одну з труб нагнітається аерозоль твердих частинок, в іншу – аерозоль води з уповільнювачем захоплення сполучного матеріалу.

Одним із стримуючих чинників застосування бутової смуги є її велика податливість, яка негативно впливає на стійкість підготовчих виробок [71]. В роботі [72] наведено варіант вирішення даної проблеми шляхом комплексного застосування литої і бутового смуг.

В роботі [73] авторами запропоновано спосіб зведення бутової смуги пневмозакладним комплексом з подальшою подачею в крайові частини смуги скріплюючого розчину під тиском. Зміцнення відбувається не всієї бутової смуги, а тільки її крайової частини.

Спосіб зведення охоронних конструкцій за допомогою розміщення породи в спеціальних бункер-ящиках та заповнення їх в'язучою речовиною розглянуто в роботі [64]. Однак, для цього обшивка повинна бути герметичною.

В [74] авторами запропоновано спосіб охорони шляхом встановлення металеві обійми і заповнення її породою. На поверхню породи укладають спеціальну оболонку і заповнюють її саморозширюваним швидкотвердіючим розчином. В результаті твердіння розчину відбувається активний розпір охоронної конструкції.

В [75] розглянуто спосіб охорони, який спрямований на відділення породи від покрівлі шляхом випилювання, керованого буріння або відбивання за допомогою буропідривних робіт великогабаритних блоків призматичної або циліндричної форми висотою, яка дорівнює відстані від покрівлі до підошви в місці встановлення штучної огорожі. Однак, для застосування даного способу відсутні засоби механізації.

Поліпшення показників стійкості бутової смуги шляхом застосування прокладок з тканини і мішковини розглянуто в [76]. Лабораторні дослідження показали хороші результати від використання поверхонь, що обмежують.

Формування породних смуг з породних блоків описано авторами в роботах [77, 78]. Суть методу полягає в наступному. Попереду очисного вибою уздовж межі виробки за допомогою БПР створюють площину розколу порід таким чином, щоб не були порушені ані контур виробки, ані породи покрівлі з обох боків площини розколу. Смугу покрівлі шириною 2...3 м, що примикає до площини розколу, зміцнюють анкерами на глибину рівній потужності пласта, що забезпечує обвалення зміцненої смуги порід покрівлі за секціями кріплення у вигляді блоків, які надійно охороняють виробку від тиску обвалених порід. Випробування цього способу показали хороші результати на шахтах «Полосу-

хінська» і «Долинська» [78]. Для реалізації запропонованої технології охорони потрібно виконати великий обсяг бурових і підривних робіт з обвалення породних блоків, при цьому сам процес укладання блоків досить складний в управлінні [79].

Охорона виробок породними смугами з механізованою їх укладкою є технічно складним процесом, що вимагає дорогого устаткування. На даний час на шахтах Донбасу даний спосіб охорони здійснюється за допомогою скреперних установок, а, в деяких випадках, тільки ручною працею робітників.

Охорона гірничих виробок «кострами»

Охорона гірничих виробок дерев'яними кострами широко використовується на шахтах Донбасу. Однак, навіть з урахуванням переваг в простоті способу, він має суттєвий недолік, що полягає в низькій несучій здатності.

Для вирішення даної проблеми в роботі [80] автором запропоновано використання кострів, що викладені з відрізків профілю СВП. Розглянуто параметри кострів з різних типів СВП і рекомендовані для апробації в натурних умовах.

В роботі [81] авторами описаний спосіб охорони виробок кострами з залізобетонних шпал. Костри формувалися за допомогою ручної лебідки. Даний спосіб впроваджений на шахті «Новодзержинська» і показав хороші результати.

В роботі [75] розглянута конструкція «костра» із заповненням зазорів між дерев'яними стійками бетонною цеглою призматичної форми товщиною рівній середньому діаметру стійок. Однак, за відсутності зв'язку речовини між цеглинами і костром можливо їх зміщення і видавлювання з конструкції.

Приклад усунення даного недоліку описаний в роботі [82]. Спосіб базується на заповненні розчином або бетоном зазорів і пустот в стінах костра, а також кутів його внутрішньої порожнини. Монолітність конструкції забезпечується підвищення питомої несучої здатності до 2,5 МПа при конструктивній піддатливості 25 % [75].

Охорона виробок «кострами», заповненими породою, або бутокострами, описана в роботі [83]. Порівняння результатів охорони бутковою смугою і бутокострами на шахті «Стаханова» показали перевагу останніх. Однак, зведення даних конструкцій досить трудомісткий процес.

В роботі [84] розглянуті породні «костри». Автори заповнили породою (фракцією 1...20 мм) рукавну тканину СТН-97, СТН-99 з високими міцностними властивостями, яку відрізками по 1,2 м викладали у вигляді накатного «костра».

Клинові куці зі стійок з конусоподібним залізним ковпаком і поясами жорсткості розглянуті в роботі [53].

Також на шахтах Західного Донбасу апробований спосіб охорони зведенням стінки зі шпального бруса з боку виробки. Стіна формується від подошви до покрівлі виїмкових виробок позаду очисного вибою. Даний спосіб успішно впроваджений і показав хороші результати.

Спроби запровадити нові матеріали для «кострів» не досягли бажаних результатів, на даний момент не знайшли альтернативи дерев'яним стійкам. Нові матеріали не були впроваджені на шахти в масовому порядку. Шпальний брус,

який себе добре зарекомендував, потребує хорошого стану дільничних і магістральних виробок для його транспортування в великих обсягах. А з огляду на позитивний досвід застосування дерев'яних кострів [52] і простоту їх зведення (табл. 1.8) [85] даний спосіб охорони прийнятний при строгому дотриманні технології їх спорудження і паспорта кріплення.

Таблиця 1.8

Показники зведення охоронних конструкцій

Спосіб охорони	Дальність транспортування, м	Трудомісткість зведення 1 м, чол.-зм	Продуктивність, м ³ /год
Природний ангідрит	300	0,5	20
Швидкотвердіючий бетон	400	1,0	10
Залізобетонні тумби	–	0,67	–
Бутова смуга	300	0,57	50
«Костри» і дворядне органне кріплення	–	0,20	–

Охорона гірничих виробок блоками і тумбами

Охоронні конструкції із залізобетонних тумб (БЗБТ) відрізняються від кострів відсутністю податливості, тобто є жорстким кріпленням. Найбільш широкого поширення набули два типи блоків БЗБТ-6 і БЗБТ-7, масою 75 кг і 50 кг відповідно.

В [86] розглянуто спосіб охорони рядом кострів шириною 2 м з боку виробки і стінкою з БЗБТ шириною 0,8 м і довжиною 2 м з боку виробленого простору. Спосіб успішно впроваджений на шахті ХХV з'їзду КПРС.

Через жорсткість кріплення при відносно невеликих зближеннях бічних порід відбувається руйнування конструкцій з втратою несучої здатності. В роботі [39] розглянуті способи створення піддатливості конструкціям з блоків застосуванням прокладок з ДСП, шпального бруса, розпилу та ін. Розрахунки показали, що найбільш раціональним є застосування прокладок з розпилу і шпального бруса. Несуча здатність конструкції, в цьому випадку, збільшується в 1,5...2,0 рази. Впровадження прокладок з затяжки показало хороші результати на шахті «Кочегарка» [39].

В роботі [87] досліджено вплив на смугу прокладок з металу.

Зведення смуги з БЗБТ є досить трудомістким процесом, враховуючи їх вагу. В роботі [88] розглянуто спосіб вирішення даної проблеми шляхом застосування газобетонних блоків, які є значно легше БЗБТ. Використання методу охорони газобетонними блоками на шахті «Червоногвардійська» дало позитивні результати.

В роботі [89] автором розглянута технологія охорони виробок зведенням смуг з полегшених золоцементних блоків. Для їх виробництва використовується золотошлакові відходи. Між рядами блоків укладався допоміжний шар з мі-

цішого матеріалу. Впровадження здійснювалось на шахті «Воркутинська» і даний спосіб охорони показав хороші результати.

Спосіб охорони виробок смугами з породних напівблоків розглянуто в [58]. Породні напівблоки мають розмір $0,3 \times 0,15 \times 0,09$ м і їх основою є шахтна порода з териконів. Вони виготовляються на поверхні й укладаються в два ряди з використанням органного кріплення з двох сторін. Даний спосіб охорони добре себе показав в умовах шахти «Щегловська-Глибока».

В роботі [90] описано пристрій для охорони виробок з залізобетонних елементів П-подібної форми зі збільшеною площею опорної поверхні. Істотним достоїнством П-подібних блоків є можливість їх взаємної перев'язки в конструкції із заповненням внутрішньої порожнини матеріалом. Істотними недоліками даної конструкції є незручність транспортування блоків і їх велику вагу [75].

Виготовлення блоків з спресованих порід розглянуто в роботі [66]. Для їх виготовлення застосовується пересувний гідравлічний прес, який живиться від очисного комплексу. Стискує зусилля преса 600 кН. Розміри блоків $250 \times 125 \times 125$ мм. Після пресування блоки висушують на повітряному струмені і викладають між підшвою і покрівлею пласта у вигляді пілонів шириною 2 м і довжиною 0,9 м з інтервалами 0,7 м.

Авторами робіт [91, 92, 93] розглянуто спосіб охорони дерев'яно-бетонними блоками (БДБ). Блоки БДБ включають в себе дерев'яні стійки, встановлені в металеву обойму товщиною 1,5...3 мм і закріплені в ній твердіючим розчином. Характеристика блоків БДБ дана в роботі [94]. Успішні випробування охорони виробок БДБ пройшли на шахтах «50-ти річчя Жовтня» [95] і «Садківська» [96].

В роботі [97] описані випробування блоків БЗБТ, БДБТ, БКБТ – з суміші бетону і керамзиту, БТБТ – з суміші бетону і дерев'яної тирси.

Конструкція тумб з рукава Булфлекс описана в роботі [98]. Тумба складається з відрізка тканинного рукава Булфлекс з дерев'яними пластинами на торцях товщиною 19 мм і зовнішнього армування з трьох вигнутих дугою сегментів ґратчастої зтяжки, з'єднаних гаками.

Розрахунок і успішні випробування телескопічних стійок ВТС на шахті «Міністр Ахенбаха» описані в роботах [99, 100]. Вона являє собою розсувну і розпірну механічним способом стійку, яку після розпору в покрівлю заповнюють швидкотвердіючою сумішшю.

В роботі [84] також описані породні стійки, зроблені за принципом вищевказаних «кострів». Діаметр стояків 600 мм.

Охорона підготовчих виробок блоками і тумбами є вельми трудомісткою. Крім того, вони є складними у виробництві. Спроби знаходження альтернативного матеріалу для блоків і тумб, і їх оптимальної конструкції, на даний час не привели до оптимального рішення.

Охорона виробок органним кріпленням

Дерев'яні стійки органного кріплення встановлюють вручну рядами або кущами на зачищену підшву пласта по нормалі до неї під брус. При слабких породах підшви встановлення дерев'яних стійок виконують на дерев'яні леж-

ні. Цим забезпечується конструктивна податливість органного кріплення в межах 10...15 % [75].

Органне кріплення є жорсткою охоронною конструкцією, яка виконує обрізну функцію. Стійки органного кріплення нерівномірно сприймають і передають на основу навантаження від покрівлі, тому часто вдаються в підлогу і сприяють сколюванням берми [75]. Його доцільно використовувати в комплексі з іншими охоронними конструкціями.

Інші способи охорони виробок

В роботі [101] описаний спосіб охорони, при якому слідом за проходом очисного вибою в виробці, що охороняється, витягають затяжку і випускають породу між рамами кріплення над виробкою, повністю заповнюючи весь переріз останньої обваленою гірською масою. Після затухання зрушень гірських порід над виробкою прибирають породу з неї і встановлюють затяжку між рамами кріплення, використовуючи відновлену виробку для відпрацювання суміжного стовпа. У виробці перед обваленням породи може бути розміщена вентиляційна труба, яку демонтують при відновленні виробки.

Застосування в якості охоронної конструкції пневмобалонного кріплення розглянуто в роботі [102]. Жорсткість кріплення регулюється контрольованим закачуванням в балон рідини.

В роботі [103] розглянуто спосіб охорони за допомогою рухомого гідравлічного бортового кріплення. Секції бортового охоронного огорожувального кріплення послідовно вводяться за механізованим комплексом після первинного обвалення основної покрівлі до набору необхідної довжини (35...40 м). Гідросекції попарно об'єднані поперечно-поздовжніми шарнірними зв'язками – гідродомкратами, що забезпечують переміщення будь-якого ряду половини секції відносно розпертої слідом за посування лави.

На шахті «Центральна» ВАТ «Воркутавугілля» проведені випробування гумово-породних тумб [104]. Сутність способу охорони полягає в розміщенні один на одного старих шин і заповнення їх шматками породи і вугільно-породним штибом з тирсою.

Перераховані вище способи охорони не знайшли широкого застосування.

1.4. Основні напрямки підвищення ефективності видобутку вугілля на шахтах ДП «Антрацит»

На даний час одним з основних напрямків розвитку ДП «Антрацит» є скорочення витрат на підтримку протяжних виробок і, тим самим, зниження собівартості вугілля і підвищення рентабельності шахт. Вирішення поставленого завдання може бути досягнуто за рахунок реалізації програми повторного використання виробок на базі використання сучасного високотехнологічного обладнання та прогресивних технологій кріплення і підтримки виробок, оптимізації технології вуглевидобутку, підвищення навантаження на очисні вибої, зменшення втрат вугілля в ціликах.

Одним із способів вирішення поставленого завдання є збільшення темпів посування очисного вибою за рахунок оптимізації транспортного ланцюжка на

сполученні «лава-штрек» і скорочення часу на виконання кінцевих операцій у вибоях високонавантажених лав. Також значний економічний ефект при проведенні підготовчих виробок досягається за рахунок зниження металоємності кріплення виробок.

Такий підхід планується впровадити при відпрацюванні запасів на ВП «Шахта «Комсомольська» та ВП «Шахта «Партизанська» ДП «Антрацит» в лавах, які обладнані механізованими комплексами.

Традиційно, для охорони підготовчих виробок шахти при відпрацюванні лав використовувалися вугільні цілики, що вимагало виконання додаткових робіт з проведення конвеєрних штреків і хідників, за якими транспортується гірська маса з очисного вибою. У зв'язку з підвищеним гірського тиску ширина охоронних ціликів вугілля становила близько 30 м, що призводило до величезних втрат цінного антрациту.

У зв'язку з цим, на ВП «Шахта «Партизанська» при підготовці та відпрацюванні механізованих лав (203, 204, 205 західних лав пласта h_{10}) використана технологія охорони гірничих виробок технологічними ціликами шириною 5...7 м. Наявний досвід роботи показав, що така технологія ефективна, але вимагає високих темпів підготовчих робіт при проведенні конвеєрних штреків і конвеєрних хідників, за якими здійснюється транспортування гірської маси з очисного вибою. При цьому створюється ряд додаткових технологічних процесів пов'язаних з монтажем-демонтажем скребкових конвеєрів, їх обслуговуванням і залученням додаткової кількості обладнання і людських ресурсів. На даний час на шахті планується впровадження безціликове відпрацювання виїмкових дільниць, з повторним використанням гірничих виробок, для чого необхідно переглянути питання кріплення гірничих виробок, що знаходяться в зоні впливу очисних робіт з метою зменшення металоємності кріплення, підвищення їх стійкості та зниження обсягів робіт, які пов'язані з підтриманням виробок слідом за проходом лави.

Такі умови підготовки лави (висока швидкість ведення підготовчих робіт і підвищені вимоги до стійкості виробок, що будуть повторно використовуватись) роблять очевидним використання анкерних систем кріплення у вигляді елементів комбінованого рамно-анкерного кріплення [105-108].

Для переходу на рамно-анкерне кріплення, необхідно оцінити характер роботи анкерного кріплення на всіх етапах експлуатації підготовчої виробки, починаючи з її проведення, роботи поза зоною впливу, проходження хвилі опорного тиску від першої лави і впливу очисних робіт при повторному використанні, що дозволить обґрунтовано використовувати рамно-анкерне кріплення в підготовчих виробках, прилеглих до очисних вибоїв.

Основним технічним рішенням, яке буде науково обґрунтовано в ході реалізації даної програми, є застосування комбінованого кріплення в умовах пром. штреку 206 західної лави пласта h_{10} і можливість подальшого переходу на рамно-анкерне кріплення, з метою економічно ефективної експлуатації виробки в якості вентиляційної для 207 західної лави пласта h_{10} .

Аналіз сучасних засобів охорони підготовчих виробок в зоні впливу очисних робіт показав, що використання ціликів вугілля на великих глибинах не-

доцільно. Вибір штучних охоронних конструкцій вимагає врахування їх достоїнств і недоліків, а також комплексу гірничо-геологічних і гірничотехнічних факторів в конкретних умовах ВП «Шахта «Партизанська», що передбачає проведення комплексу шахтних і аналітичних досліджень, в тому числі техніко-економічну оцінку розглянутих варіантів кріплення і охорони підготовчих виробок.

ГЛАВА 2

ВИРОБНИЧА ДІЯЛЬНІСТЬ ШАХТ ДП «АНТРАЦИТ» ТА РЕЗЕРВИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГІРНИЧИХ РОБІТ

2.1. Очисні роботи ВП «Шахта «Партизанська»

За період з 2003 по 2013 роки шахтою видобуто 2181,6 тис. т вугілля, мінімальний річна видобуток склав 113,2 тис. т у 2003 році, максимальний – 400 тис. т в 2013 (рис. 2.1). Середній середньодобовий видобуток за 5 років становить 787,6 тис. т/добу, при максимальному 1123 тис. т/добу в 2013 році.

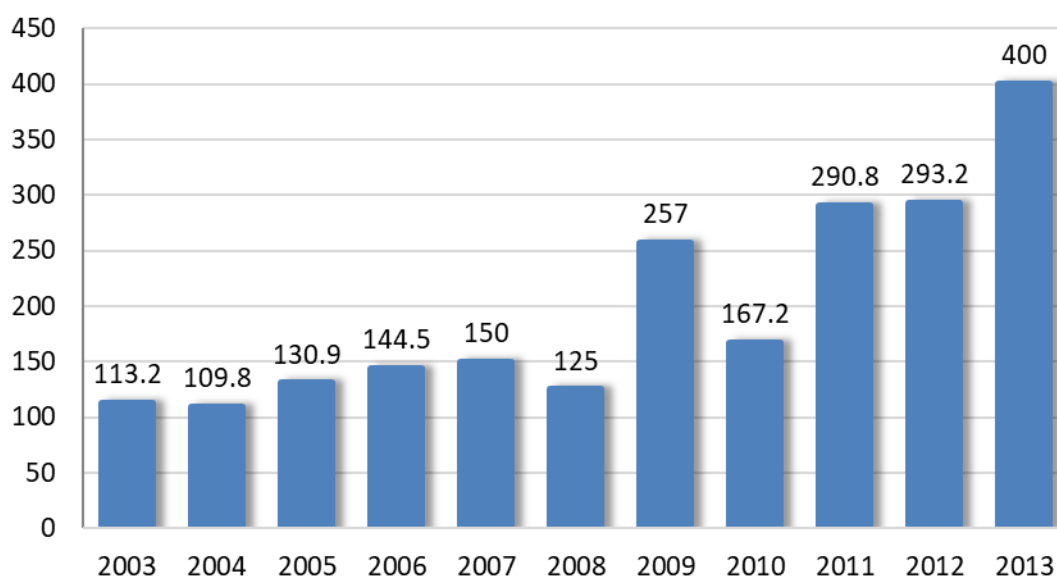


Рис. 2.1. Видобуток вугілля ВП «Шахта «Партизанська»

Довжина сумарною лінії очисного вибою з 2003 року збільшилася в 2 рази, і склала в 2013 році 300 м.

За час роботи ВП «Шахта «Партизанська» з 1987 по 2000 рік механізованими комплексами різних типів було відпрацьовано 5 очисних вибоїв. За період з 2000 по 2014 роки відпрацьовано 3 очисні вибої і ще 2 знаходяться в роботі.

З останніх очисних вибоїв 40 % відпрацьовувалися зворотним ходом, 60 % – прямим. Спосіб підготовки – панельний. Всі лави відпрацьовувалися довгими стовпами за простяганням. За час відпрацювання механізованими комплексами за підйомом відпрацьовувався один очисний вибій 201 західної лави (1997 – 1998 рр.). Застосовувана система розробки в 80 % комбінована, в 20 % – суцільна (206 західна лава). Спосіб управління покрівлею – повне обваленням.

У 80 % як вентиляційний штрек повторно використовувався конвеєрний штрек відпрацьованого очисного вибою, який погашався слідом за його проходом. Однак, в 206 західній лаві, вентиляційний штрек проводиться слідом за очисним вибоєм, а конвеєрний штрек ведуть з випередженням лави.

Швидкість руху очисних вибоїв є досить низькою. Так на відпрацювання однієї лави витрачається від 2 до 4 років, що обумовлює низькі техніко-економічні показники, тривалий термін окупності вкладених коштів, а також значне збільшення витрат на ремонтно-відновлювальні роботи у виробках виїмкової ділянки і низький рівень безпеки праці підземних робочих. З огляду на перспективу збільшення видобутку вугілля на шахті, далі наведено результати аналізу причин низької швидкості відпрацювання виїмкових ділянок, а також напрямків підвищення ефективності та безпеки гірничих робіт.

2.2. Причини простоїв очисних вибоїв

За період роботи з 2009 по 2013 рр. очисні вибої шахти «Партизанська» простояли без видобутку 265 діб, що складає 14,5 % всього часу роботи. Втрати склали 256,1 тис. т вугілля або 18,2 % від загального видобутку за 5 років (1408,2 тис. т).

Причиною таких значних втрат стала низка факторів, які можна розділити на 6 категорій: гірничоексплуатаційні, відмова гірничошахтного обладнання (без внутрішньошахтного транспорту), відмова внутрішньошахтного і конвеєрного транспорту, гірничотехнічна інспекція і причини вентиляції і техніки безпеки, інші простої (рис. 2.2).

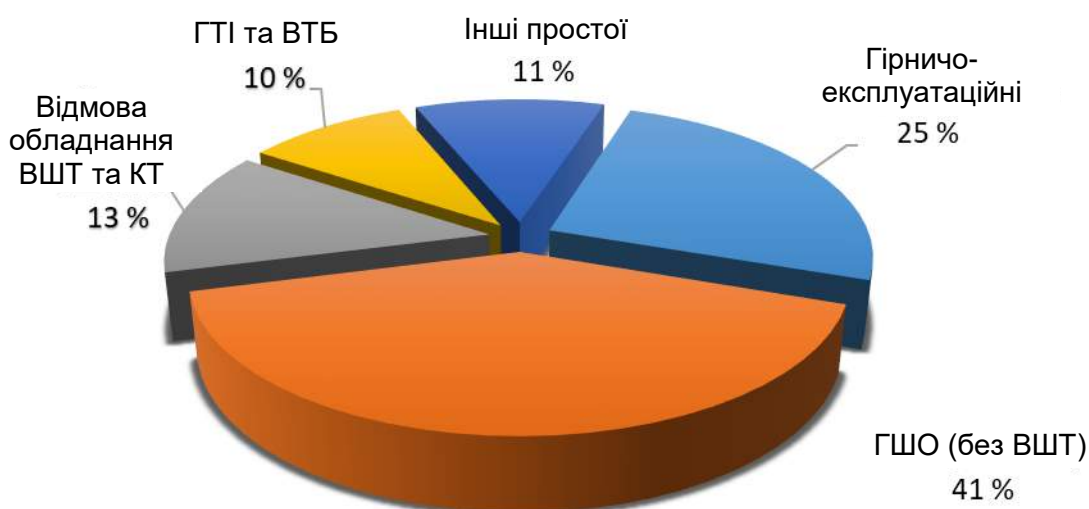


Рис. 2.2. Причини простоїв очисних вибоїв на ВП «Шахта «Партизанська»

Як показує аналіз даних, найбільші втрати склали в результаті відмов ГШО (41 %). Найбільш значними є втрати часу при відмові виїмкового обладнання: комбайна 12 % і скребкового конвеєра 15 %. Втрати при відмові стаціонарного обладнання 11 % й інші 3 %.

Враховуючи, що разом з втратами від відмов внутрішньошахтного транспорту (ВШТ) (13 %) дана категорія складе 54 % всіх втрат, можна зробити висновок про незадовільний стан шахтного фонду і необхідності розробки і реалізації перспективної програми з його оновлення.

В результаті гірничоексплуатаційних причин було втрачено 25 % всього часу, або 65 тис. т вугілля. До них відносяться: втрати від обвалення порід покрівлі очисного вибою і підготовчих виробок – 10 % і пов'язані з гірничо-геологічними порушеннями – 15 %.

Для об'єктивності, виконаємо аналіз причин простоїв на шахті «Комсомольська», яка є передовим підприємством нашого регіону і має подібні гірничо-геологічні та гірничотехнічні умови з шахтою «Партизанська».

В результаті простоїв на даному підприємстві за період з 2009 по 2013 рр. очисні вибої не працювали 137 діб. Це становить 7,5 % всього часу роботи. На шахті «Партизанська» цей показник в 2 рази вище. Втрати вугілля склали 158,5 тис. т, або 2 % щодо видобутку за цей період (7749,3 тис. т), що в 9 разів нижче відносного показника шахти «Партизанська».

У той же час, кардинально змінилася і частка кожного фактора в загальних втратах (рис. 2.3).

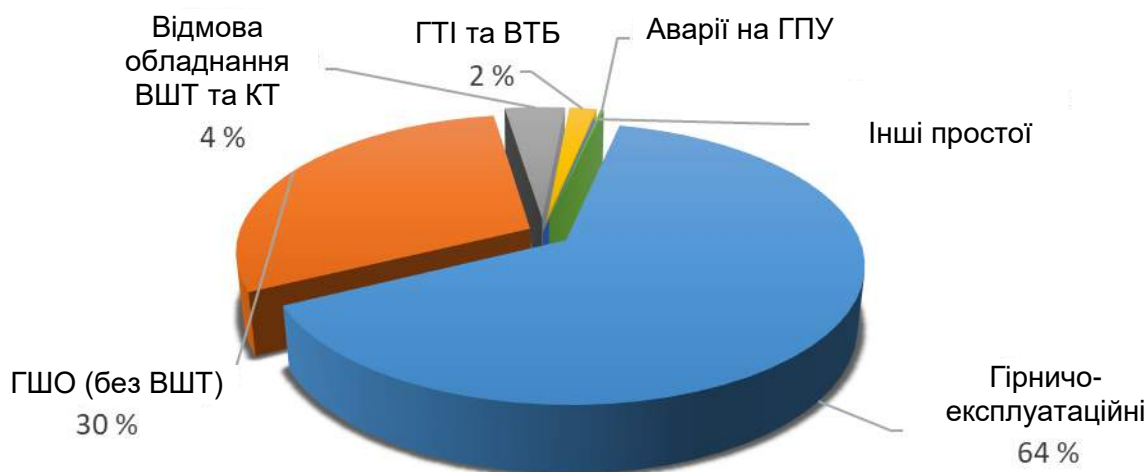


Рис. 2.3. Причини втрат часу при роботі очисних вибоїв ВП «Шахта «Комсомольська»

Відмови ГШО і ВШТ складають 34 %, що на 20 % нижче показників шахти «Партизанська». Дані цифри говорять про кращий стан шахтного фонду шахти «Комсомольська».

На даному підприємстві основною причиною втрат часу є гірничоексплуатаційні фактори (64 %), в результаті яких недовидобуто 100 тис. т.

Проведений аналіз причин простоїв очисних вибоїв показує, що для ефективної роботи існує крайня необхідність в оновленні шахтного фонду шахти «Партизанська». При виконанні цієї умови на перший план виходять гірничоексплуатаційні фактори, що впливають на простої і, в кінцевому підсумку, на прибуток підприємства.

Одним із способів зниження негативного впливу гірничоексплуатаційних чинників, є обґрунтування оптимальних параметрів кріплення й охорони підготовчих виробок. Досвід експлуатації підготовчих виробок на провідних підприємствах вугільної галузі (шахти ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», «Комсомо-

лець Донбасу», ШУ «Покровське» та ін.) свідчить, що оптимізація параметрів кріплення та використання активних засобів управління масивом порід призводить до суттєвого підвищенню стійкості виробок, виключенню вивалам порід покрівлі та необхідності перекріплення, зниження здимання підосви, що дає можливість економити величезні кошти при підтримці виробок в експлуатаційному стані, повторно використовувати їх при відпрацюванні очисних вибоїв, а також істотно підвищують безпеку гірничих робіт.

2.3. Проведення підготовчих виробок ВП «Шахта «Партизанська»

2.3.1. Обсяги проведення

Після затяжної кризи (до 2003 р.) шахта «Партизанська» почала нарощувати обсяги видобутку і для своєчасної підготовки нових потужностей, збільшувати обсяги проведення гірничих виробок (рис. 2.4).

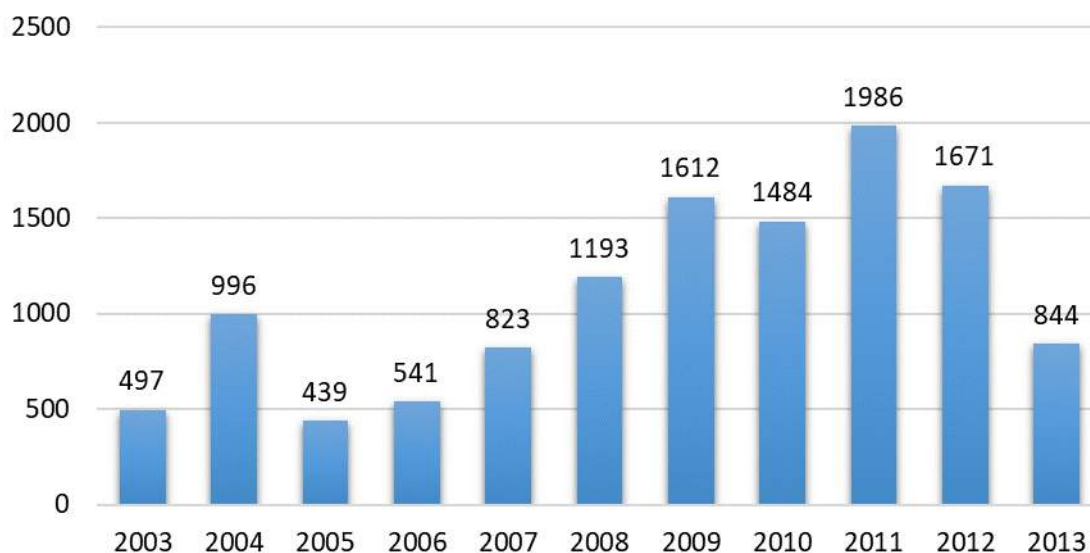


Рис. 2.4. Обсяги проведення гірничих виробок на шахті «Партизанська»

За період з 2009 по 2013 рр. проведено 29 виробок, з яких: просік з печами – 6,9 %, уклони з ходками – 34,5 %, підготовчі штреки – 31 %, магістральні штреки – 3,4 %, квершлагги – 6,9 % інші виробки – 17,2 %. Частка протяжності кожної категорії проведених виробок, відносно загальної, становить: просіки з печами – 27,1 %, уклони з ходками – 33,3 %, підготовчі штреки – 31,6 %, магістральні штреки – 1,6 %, квершлагги – 3,2 %, інші виробки – 3,3 %. Загальна протяжність проведених підготовчих виробок – 2008 м.

Проаналізуємо дані показники шахти «Комсомольська» за той же період. Всього проведено 92 виробки, з них: просіки з печами – 20,7 %, уклони з ходками – 39,1 %, підготовчі штреки – 35,9 %, магістральні штреки – 3,3 %, інші виробки – 1,1 %. Частка протяжності кожної категорії проведених виробок, щодо загальної протяжності становить: просіки з печами – 28,2 %, уклони з ходками –

27,2 %, підготовчі штреки – 42,8 %, магістральні штреки – 1,6 %, інші виробки – 0,1 %. Загальна протяжність проведених підготовчих виробок – 17 496 м.

2.3.2. Чисельність прохідників

Чисельність прохідників на шахті «Партизанська» в 2013 р. дорівнювала 119 осіб, і становила 7 % від чисельності промислово-виробничого персоналу (ПВП). На шахті «Комсомольська» – 441 чол., що становило 13,2 % ПВП.

Слід зазначити, що в останні роки прохідницькі роботи на розроблених шахтах отримали інтенсивний розвиток. Збільшення обсягів проведення виробок йде в основному не за рахунок модернізації обладнання та удосконалення технології проведення, а за рахунок збільшення чисельності прохідників (рис. 2.5).

На шахті «Комсомольська» кількість робочих, зайнятих на підтриманні та ремонті виробок в 2013 р. склало 5,8 %. На шахті «Партизанська» цей показник дорівнює 10 % ПВП, тобто майже в два рази вище! Дані цифри свідчать про більш складні умови спорудження та підтримку виробок на шахті «Партизанська».

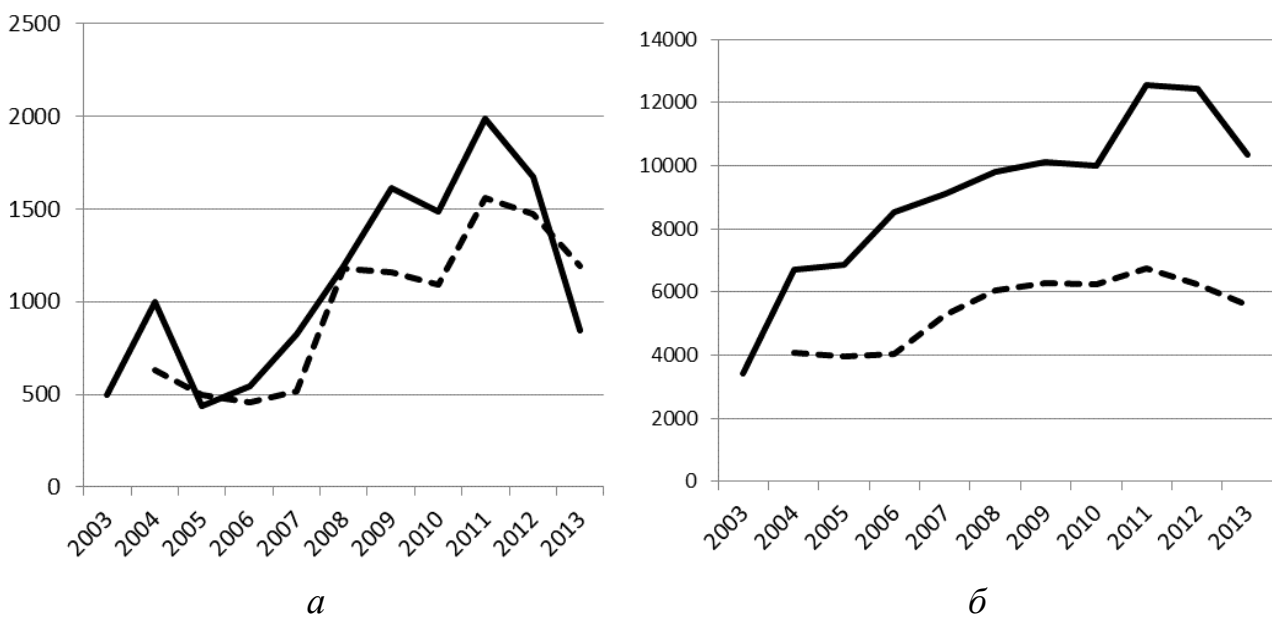


Рис. 2.5. Обсяги проведення виробок та чисельність прохідників на шахті:
а – «Партизанська», б – «Комсомольська»

Значно збільшилася і чисельність робітників, зайнятих на підтриманні та ремонті гірничих виробок (рис. 2.6).

2.3.3. Темпи проведення гірничих виробок

Виконаємо аналіз темпів проведення розкривних та основних підготовчих виробок за 10 років і порівняємо з показниками шахти «Комсомольська» (рис. 2.7, 2.8).

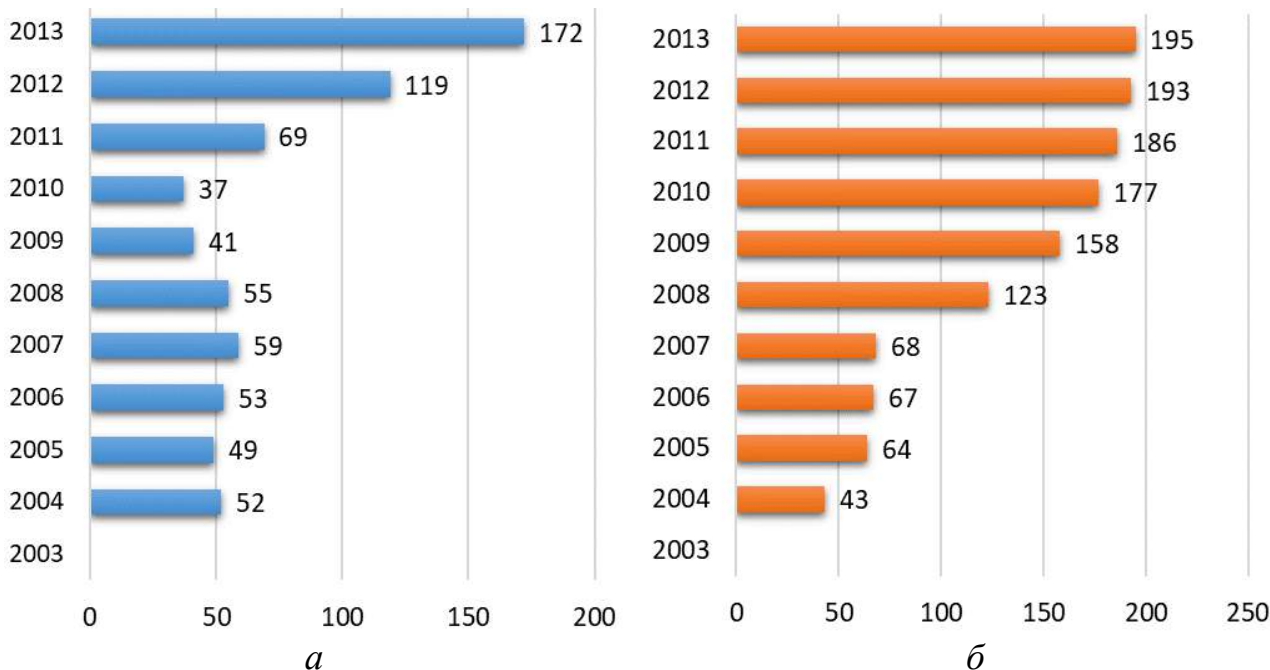


Рис. 2.6. Динаміка чисельності робітників зайнятих на підтриманні та ремонті гірничих виробок на шахті: *а* – «Партизанська», *б* – «Комсомольська»

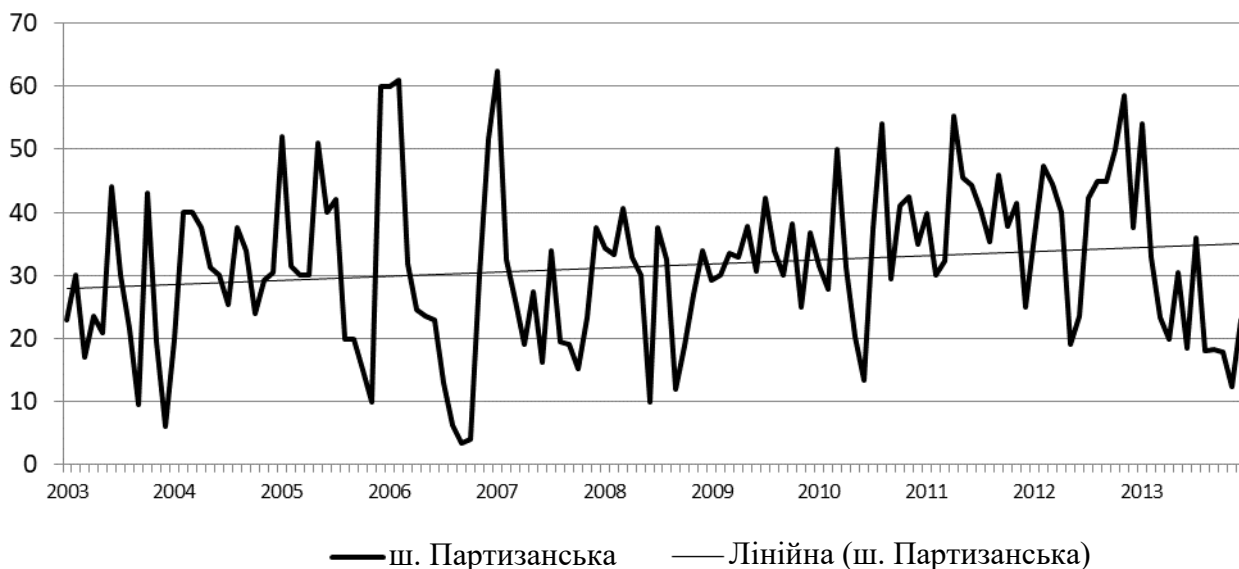


Рис. 2.7. Темпи проведення виробок на шахті «Партизанська»

Величина швидкості проведення виробок на шахті «Партизанська» дуже не стабільна, у багатьох випадках вона опускається до 10...20 м/міс., потім різко зростає. За останні 10 років роботи середня швидкість проведення зростає лише на 7 м/міс.

На шахті «Комсомольська» за цей же період темпи проведення збільшилися на 20 м/міс. Зростання темпів проведення відбувалося більш стабільно, ніж на шахті «Партизанська».

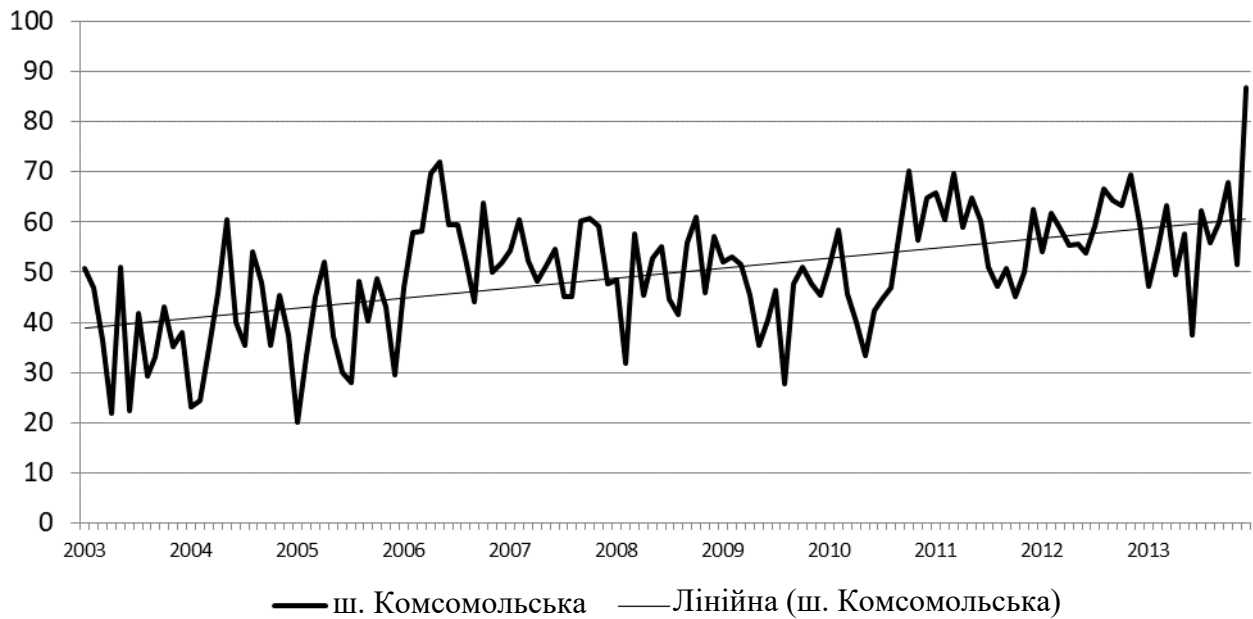


Рис. 2.8. Темпи проведення виробок на шахті «Комсомольська»

За період з 2009 по 2013 рр. середня швидкість проведення на шахті «Партизанська» склала: просіків і печей – 51,9 м/міс., уклонів з ходками – 31,4 м/міс., підготовчих штреків – 31,8 м/міс., магістральних штреків – 25 м/міс., квершлагів – 15,7 м/міс., інших виробок – 31,6 м/міс.

На шахті «Комсомольська» швидкість проведення склала: просіків і печей – 64,5 м/міс., уклонів з ходками – 50 м/міс., підготовчих штреків – 55,1 м/міс., магістральних штреків – 35,2 м/міс.

Порівняння даних показує, що швидкість проведення печей і просіків на шахті «Партизанська» на 19,5 % менше ніж на шахті «Комсомольська», уклонів з ходками – на 37,2 %, підготовчих штреків – на 43 %.

2.3.4. Вплив темпів проведення підготовчих виробок на швидкість руху очисного вибою

Для своєчасної підготовки нових запасів до відпрацювання, швидкість проведення підготовчих виробок повинна бути стабільно високою. Якщо ця умова не буде виконуватися, то швидкість посування очисних вибоїв знизиться.

За результатами порівняння середньомісячного посування діючої очисної лінії вибоїв, за період з 2009 по 2013 рр., зі швидкістю проведення підготовчих штреків, побудовані графіки (рис. 2.9, 2.10).

Аналіз даних показує, що зниження або підвищення швидкості проведення підготовчих виробок, практично дзеркально відбивається на швидкості руху діючої лінії очисних вибоїв (рис. 2.11, 2.12).

Період повторення зниження або підвищення швидкості різний. На шахті «Партизанська» він показує зниження від 14 місяців до 2-х протягом 3-х років (рис. 2.13, 2.14).



Рис. 2.9. Порівняння темпів по шахті «Партизанська»



Рис. 2.10. Порівняння темпів по шахті «Комсомольська»



Рис. 2.11. Фази відображення змін швидкості по шахті «Партизанська»



Рис. 2.12. Фази відображення змін швидкості по шахті «Комсомольська»

На шахті «Комсомольська» скорочення відрізка часу на повторення йде з 9 місяців до 0. Це обумовлено більш високими темпами підвищення швидкості руху лінії очисного вибою, ніж проведення виробок. Відрізок часу рівний 0 означає, що відсутні попередньо підготовлені запаси і швидкість руху лави залежить від швидкості проходки.



Рис. 2.13. Періоди шахти «Партизанська», міс.



Рис. 2.14. Періоди шахти «Комсомольська», міс.

Великі відрізки часу повторення на шахті «Партизанська» обумовлені малою швидкістю руху лінії очисного вибою, а зменшення свідчить про зниження швидкості проведення.

2.4. Ефективність збільшення довжини лінії очисного вибою на шахтах ДП «Антрацит»

За обсягами видобутку вугілля до недавнього часу Україна входила в десятку провідних країн світу, однак за техніко-економічними показниками значно поступалася багатьом з них. Наприклад, місячна продуктивність праці робітника очисного вибою в Україні становила 27,4 тон, що майже в п'ять разів нижче, ніж в Росії (132,9 тон).

Одним із шляхів підвищення техніко-економічних показників підземного видобутку вугілля є збільшення довжини лави. У вугільній промисловості Німеччини лави довжиною до 450 м стали звичайним явищем починаючи з 1990-х років. При розробці аналогічних вугільних родовищ в США відзначається тенденція збільшення довжини лав. В Австралії також помітна тенденція до збільшення довжини лав до 300 м і більше, хоча на даний час середня довжина лави становить 240 м при середній потужності пластів близько 3 м. Високопродуктивні дільниці працюють і на підприємствах компанії «Шеньхуа» в КНР, де при довжині виїмкового поля 3...6 км і потужністю пластів до 6,5 м довжина лави дорівнює 300 м [109].

В Україні на багатьох вугільних шахтах довжина лави не перевищує 200 м. Наприклад, в об'єднаннях «Макіїввугілля» вона становить 191 м, «Донбасантрацит» – 188 м, «Ровенькиантрацит» – 187 м, «Донецьквугілля» – 201 м.

Протягом останніх 10...20 років у вугільній галузі України відбувся значний прогрес в плані вдосконалення засобів механізації для очисної виїмки. Для відп-

рацювання тонких вугільних пластів впроваджені нові вітчизняні високопродуктивні комбайни, потужне механізоване кріплення другого покоління, лавного конвеєри важкого типу, стали застосовуватися закордонні стругові комплекси. Це призвело до зростання навантаження на очисні вибої до 2,0...3,0 тис. т/доб., посування лав до 200 м/міс і необхідності швидкого відтворення очисної лінії [110].

Автори роботи [110] відзначають, що до основних напрямів розвитку і подальшого вдосконалення систем розробки вугільних пластів відносяться:

- подовження лав і виїмкових полів для збільшення обсягів підготовлених до виїмки запасів і зниження питомої довжини проведених виробок;
- зміна технологій кріплення і способів охорони дільничних виробок для забезпечення їх повторного використання і прямого провітрювання вибоїв.

Аналіз показників роботи провідних підприємств показує, що зі збільшенням довжини лави скорочується їх кількість, зростає навантаження на вибій, транспортну виробку, збільшується концентрація виробництва, зменшується обсяг допоміжних робіт. У той же час, збільшення довжини лави значно скорочує обсяги підготовчих робіт, а також трудові та матеріальні витрати на їх підтримку. При цьому досягнутий на сьогоднішній день технічний рівень обладнання дозволяє практично без будь-яких ускладнень збільшувати довжини лав до 300 м і більше.

Прикладом реалізації цього напрямку підвищення ефективності є компанія «ДТЕК Енерго», на шахтах якої протягом останніх років ведеться планомірне зростання довжини діючих лав. На даний час середня довжина 74-х діючих на шахтах ДТЕК очисних вибоїв (при середньодинамічній потужності пласта, що виймається, 1,16 м) становить 255 м. Середня довжина 10-ти кращих в рейтингу компанії очисних вибоїв – 273,5 м. Найдовшим є очисний вибій 42-ї панельної лави пласта k_6 шахти «Червоний партизан» (355 м), а найкоротшим – вибій 832-ої лави пласта C_8 шахти «Дніпровська» (152 м). Практичний досвід вугільної компанії показав, що при роботі в зонах відсутності гірничо-геологічних ускладнень найбільш прийнятним є інтервал 285...300 м. Подальше збільшення довжини лави, як правило, не призводить до поліпшення її техніко-економічних показників [110].

Розглянемо деякі питання ефективності роботи при збільшенні довжини лінії очисного вибою на шахтах ДП «Антрацит».

Оцінка ефективності збільшення довжини очисного вибою на ВП «Шахта «Комсомольська»

У зв'язку зі значним підйомом виробництва на ВП «Шахта «Комсомольська» в період з 2003 року істотно збільшився видобуток вугілля.

Внаслідок інтенсифікації виробництва збільшилася кількість одночасно працюючих очисних вибоїв та швидкість посування лінії очисного вибою, з чого випливає, що зменшився і час на відпрацювання однієї лави. Всі ці фактори призводять до зростання обсягів підготовчих робіт (рис. 2.15).

Підготовка вугільних пластів до відпрацювання на шахті «Комсомольська» супроводжується великими обсягами прохідницьких робіт, знизити які, зі збереженням темпів зростання видобутку вугілля і виробництва, можна при збільшенні довжини лінії очисного вибою.

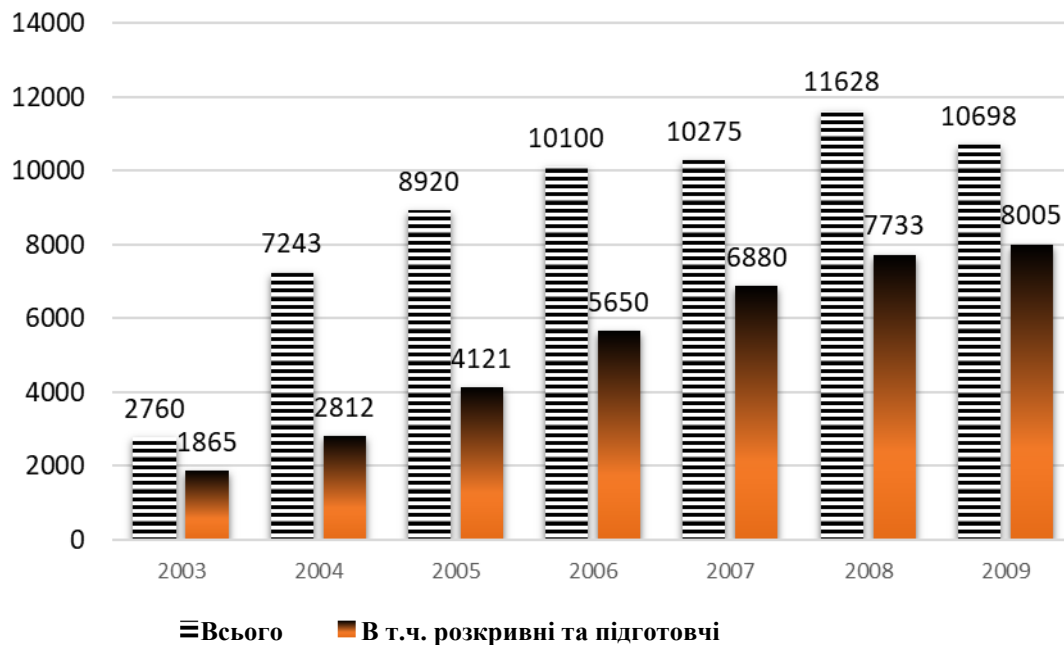


Рис. 2.15. Графік обсягів річного проведення гірничих виробок на ВП «Шахта «Комсомольська»

В результаті збільшення довжини лави, зменшення сумарної довжини підготовчих виробок досягається за рахунок збільшення ширини виїмкового стовпа. Довжина виїмкового стовпа при підготовці лавами 200 м і 300 м є однаковою, в зв'язку з цим однаковою є і довжина оконтурюючих підготовчих виробок ($L_{підг.в}$).

При відпрацюванні панелі з однаковими розмірами за падінням і простяганням вибоями довжиною 200 м і 300 м сумарна довжина підготовчих виробок ($\Sigma L_{1підг.в}$ та $\Sigma L_{2підг.в}$) буде різною.

Так, при розмірах панелі за простяганням 1000 м і за падінням 600 м для повного відпрацювання панелі буде потрібно 3 лави довжиною 200 м. Сумарна протяжність підготовчих виробок складе 4000 м (рис. 2.16).

У разі відпрацювання панелі з такими ж параметрами (за простяганням – 1000 м, за падінням – 600 м) очисними вибоями довжиною 300 м для відпрацювання запасів вугілля в панелі буде потрібно 2 лави. Сумарна протяжність підготовчих виробок, в цьому випадку, буде дорівнює 3000 м (рис. 2.17).

Прості розрахунки показують, що при відпрацюванні запасів вугілля в панелі лавами довжиною 300 м необхідна сумарна протяжність підготовчих виробок на 1000 м менше (на 25 %), ніж при відпрацюванні лавами в 200 м.

Однак залежність сумарної довжини виробок від довжини лави має більш складний характер. Крім вищесказаного, зменшується час на монтаж-демонтаж очисного обладнання, за рахунок скорочення циклів підготовчо-заклучних робіт. При довжині лави 200 м для повного відпрацювання панелі з заданими вище параметрами монтаж очисного обладнання виконується в 3-х лавах, в той же час, при довжині лави рівній 300 м – в 2-х лавах.

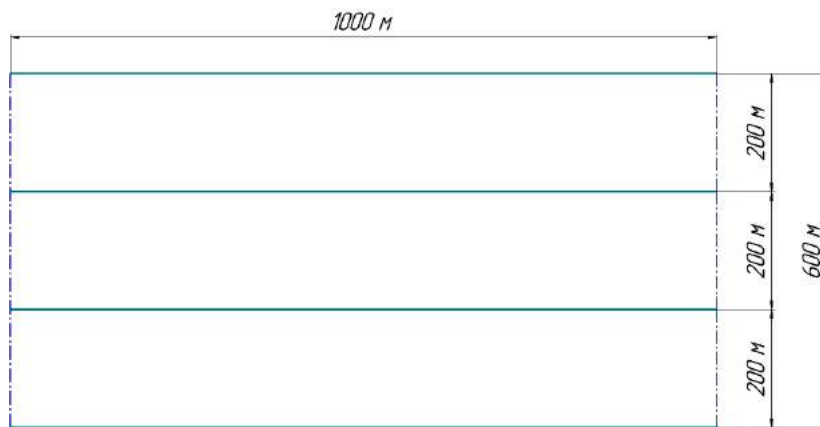


Рис. 2.16. Схема відпрацювання панелі лавами довжиною 200 м

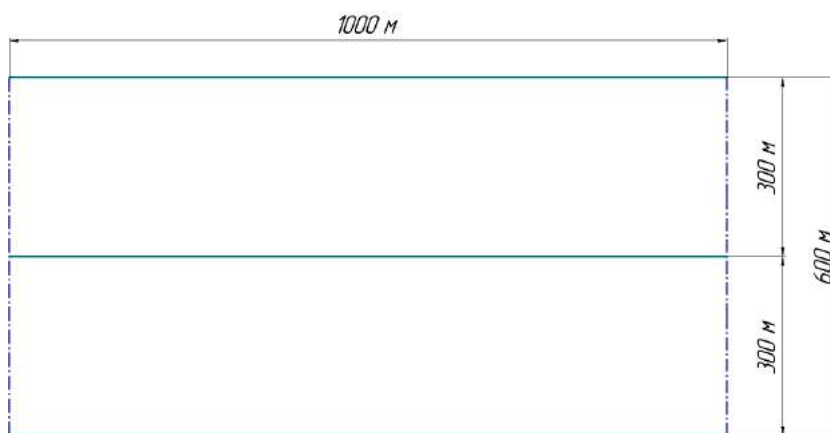


Рис. 2.17. Схема відпрацювання панелі лавами довжиною 300 м

Слід також зазначити, що збільшення довжини лави, в кінцевому рахунку, призводить до збільшення обсягів вугілля, що видається з очисного вибою, і потребує відповідного збільшення продуктивності та габаритів транспортних засобів, а також підвищення кількості повітря для провітрювання виймальної ділянки, що неминуче спричинить за собою збільшення площі поперечного перерізу підготовчих виробок.

Відомо, що інтенсифікація очисних робіт на шахтах України потребувала збільшення перерізу виробок у середньому від 9 до 13 м². В подальшому ця величина зростає до 16,6 м². Однак вже зараз на шахтах Німеччини [111], Нідерландів [112] та інших провідних вуглевидобувних країн площа поперечного перерізу підготовчих виробок становить 20...24 м² (ширина 6,5 м, висота 4,5 м), магистральних 30 м².

В період з 2007 по 2011 рр. шахтою «Комсомольська» було відпрацьовано ряд очисних вибоїв з різними параметрами (табл. 2.1).

Типовий переріз підготовчих виробок, що приймається на шахті «Комсомольська» при різній довжині лави становить $S_{св} = 12,8 \text{ м}^2$, для двох виймальних виробок, оконтурюючих лаву, відповідно 25,6 м² (рис. 2.18).

Таблиця 2.1

Дані про очисні вибої шахти «Комсомольська»

Точка на графіку	Назва очисного вибою	Вугільний пласт	Довжина лави, м	Рік введення-виведення	Сумарний переріз виробок, м ²	Переріз підготовчих виробок, що припадає на 1 м лави, м ² /м
1	19 зах. лава	h_{10}	165	2009 – 2011	25,6	0,1552
	18 зах. лава	h_{10}	165	2011	25,6	0,1552
2	3 схід. лава	h_8	180	2007 – 2009	25,6	0,1422
3	4 схід. лава	h_8	190	2010 – 2011	25,6	0,1347
4	317 лава	h_{10}	211	2007 – 2007	25,6	0,1213
5	324 лава	h_{10}	235	2007 – 2008	25,6	0,1089
	323 лава	h_{10}	235	2008 – 2008	25,6	0,1089
6	16 схід. лава	h_7	250	2009 – 2010	25,6	0,1024
	15 схід. лава	h_7	250	2010 – 2011	25,6	0,1024
7	318 лава	h_{10}	298	2007 – 2008	25,6	0,0859
8	326 лава	h_{10}	300	2008 – 2009	25,6	0,0853
	327 лава	h_{10}	300	2009 – 2010	25,6	0,0853
	328 лава	h_{10}	300	2010 – 2011	25,6	0,0853
	329 лава	h_{10}	300	2011	25,6	0,0853

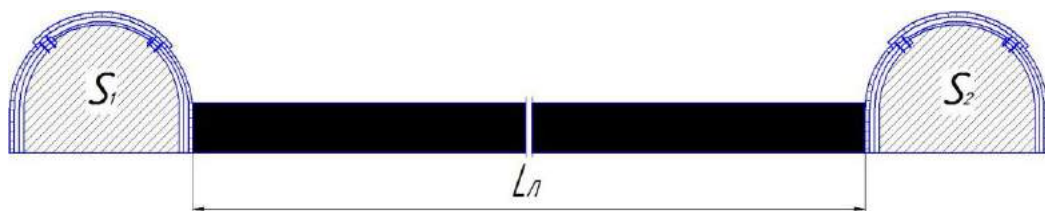


Рис. 2.18. Схема для визначення відношення сумарного перерізу підготовчих виробок до довжини лави

Площа поперечного перерізу підготовчих виробок обернено пропорційна швидкості їх проведення, яка в разі застосування суцільної або комбінованої системи розробки, безпосередньо впливає на швидкість посування очисного вибою [113].

Вартість проведення підготовчої виробки також безпосередньо залежить від перерізу.

Відомо, що в собівартість вугілля входять витрати на спорудження, ремонт і підтримку протяжних виробок. Відповідно, прийнявши обсяг підготов-

чих виробок, що необхідний для підготовки виймального стовпа $V_{nidz.e} = S_{ce}L_{nidz.e}$, можна визначити умовні витрати на підтримку визначеної площі виробок C_y , які припадають на одиницю об'єму, видобутого в розглянутому очисному вибої вугілля $V_y = mL_{oe}$. На 1 м виробки спрощено це можна виразити відношенням:

$$C_y = S_{ce} \cdot 1 / mL_{oe} \cdot 1 = S_{ce} / mL_{oe} = K_s / m, \quad (2.1)$$

де m – потужність вугільного пласта, м;

$K_s = S_{ce} / L_{oe}$ – питомий переріз підготовчих виробок у світлі, що припадає на 1 м довжини очисного вибою, м²/м.

В результаті обробки даних, наведених в табл. 2.1, отримана залежності питомого перерізу підготовчих виробок у світлі, що припадає на 1 м довжини очисного вибою K_s (рис. 2.19).

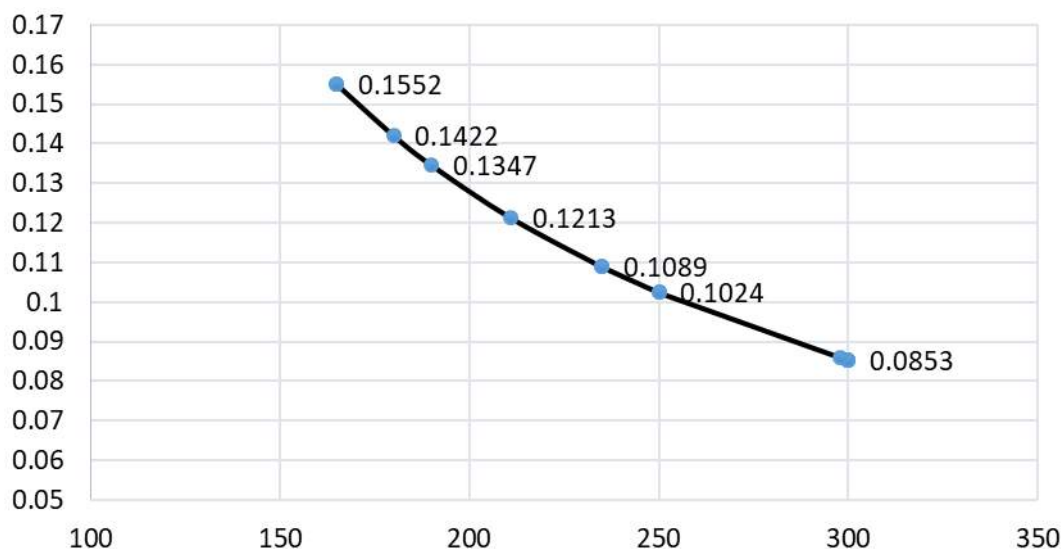


Рис. 2.19. Графік залежності питомого перерізу підготовчих виробок у світлі K_s на 1 м довжини очисного вибою від довжини лави

Отримані значення показують, що при збільшенні довжини лави є значний резерв в плані збільшення площі поперечного перерізу підготовчих виробок для забезпечення безперешкодного пропуску збільшених транспортних потоків і нормального провітрювання видобувних ділянок. Так, при площі перерізу підготовчих виробок у світлі $S_{ce} = 12,8$ м² і довжині лави $L_{oe} = 200$ м величина $K_s = 0,13$ м²/м, а при довжині лави $L_{oe} = 300$ м $K_s = 0,085$ м²/м. Це означає, що навіть при збільшенні площі перерізу підготовчих виробок S_{ce} до 18,0 м² (майже в 1,5 рази), відносні витрати на проведення і підтримку виробок будуть менше, ніж при перерізі виробок у світлі $S_{ce} = 12,8$ м² і довжині лави $L_{oe} = 200$ м [114].

Таким чином, збереження темпів зростання видобутку вугілля і виробництва на шахтах при зниженні обсягів прохідницьких робіт можна забезпечити при збільшенні довжини лінії очисного вибою.

При цьому слід враховувати, що надмірне збільшення довжини лави викликають ряд технічних і організаційних труднощів в доставці матеріалів та обладнання, в пересуванні по лаві робочих, що призводить до зниження продуктивності. Крім того, збільшення довжини лави в певних гірничо-геологічних умовах буде обмежуватися стійкістю основної покрівлі [115]. Вивченню цих питань повинні бути присвячені окремі дослідження.

Питанням скорочення загальної протяжності підготовчих виробок при підготовці нових очисних вибоїв, зокрема, за рахунок повторного використання пром. штреків в якості вентиляційних виробок, присвячені глави 3, 4 і 5.

Обґрунтування цих рішень і подальша їх реалізація істотно поліпшить техніко-економічні показники роботи вугільних шахт. Це дозволить зменшити вплив темпів проведення підготовчих виробок на швидкість руху очисного вибою, знизить простой очисних вибоїв через завали підготовчих виробок, дозволить уникнути матеріало- і трудомістких процесів на їх ліквідацію, підвищить безпеку гірничо-прохідницьких і очисних робіт.

2.5. Способи охорони підготовчих виробок

Охорона підготовчих виробок при видобуванні вугілля на ВП «Шахта «Партизанська» здійснювалася ціликами вугілля (72 %) і охоронними конструкціями (28 %). У зв'язку з підвищеним гірським тиском ширина охоронних ціликів вугілля досягає 30 м (202 пром. західний штрек). При цьому втрати вугілля при охороні тільки однієї даної виробки на глибині 1067 м склали 58,618 тис. т (рис. 2.20).

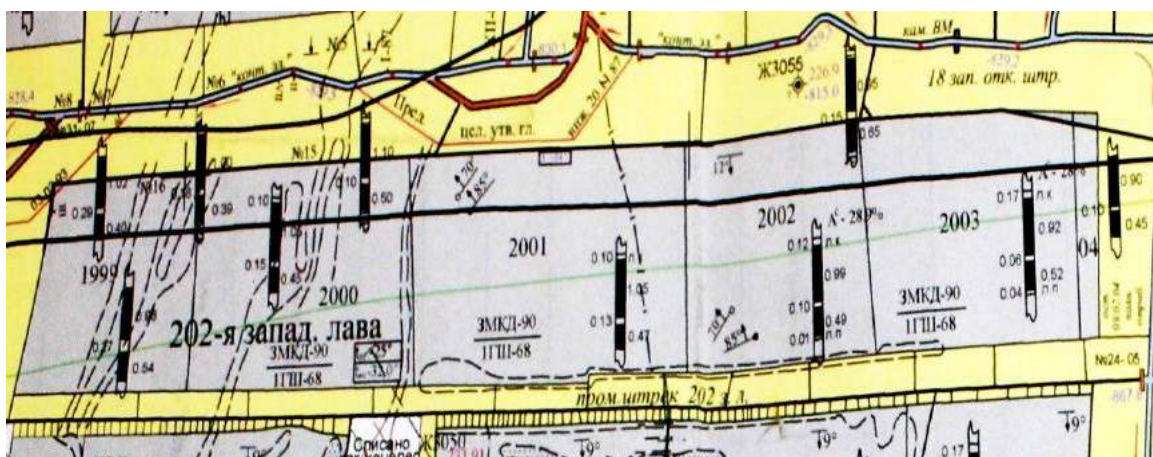


Рис. 2.20. Втрати вугілля в ціликах при відпрацюванні 202-ї західної лави

При відпрацюванні 203, 204 і 205 західних лав ширина вугільного цілика була зменшена до 5...7 м. Однак, досвід роботи показав, що в цьому випадку для утримання виробки після проходу першої лави і під час роботи другої, до-

водиться витратити великі матеріальні і трудові ресурси на її ремонт і перекріплення. Перед проходом другого очисного вибою переріз виробки часто не відповідає вимогам правил безпеки, в тому числі і за фактором нормального провітрювання, і через великі зони зруйнованих порід дуже часто відбуваються вивали.

Спосіб охорони з залишенням вугільних ціликів (203, 204 і 205 пром. штреки).

При відпрацюванні вибоїв 203, 204 і 205 західних лав підготовчі виробки охоронялися залишенням ціликів вугілля шириною 5...7 м. Відповідно, для вентиляції і транспортування вугілля проводилися просіки, що охоронялися з боку відпрацьованого простору рядом дерев'яних кострів і трьома рядами органного кріплення, та печі. Ширина просіка становить 3,2 м, ширина печі – 2,6 м в верхній частині лави і 3,6 м в нижній, кріплення – дерево. Відстань між печами верхньої частини лави 5...7 м, в нижній – 10 м (рис. 2.21).

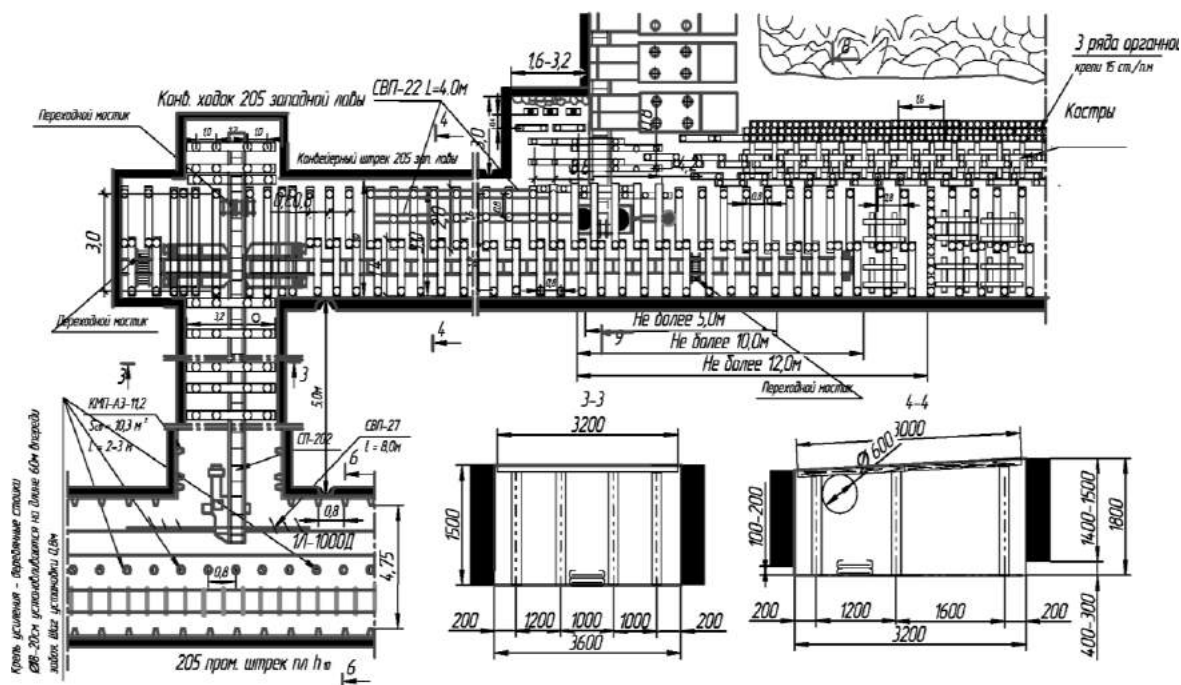


Рис. 2.21. Спосіб охорони пром. штреку 205 західної лави

На перетині робочої печі з підготовчою виробкою ніжки кріплення демонтуються і верхняки підхоплюються прямолінійним відрізком профілю СВП-27 до сусідніх ніжок.

Способи охорони із застосуванням штучних охоронних конструкцій

Дані способи почали застосовуватися на шахті в останні 2 роки. Для охорони пром. штреку 206 західної лави спочатку відпрацювання застосовувалася охорона вугільними ціликами шириною 5 м, довжиною 10 м (рис. 2.22).

Далі був здійснений перехід до безціликової технології. Як охоронна конструкція споруджується один ряд дерев'яних кострів зі встановленням 2-х рядів органного кріплення з боку виробки і 3-х рядів з боку відпрацьованого простору (рис. 2.23).

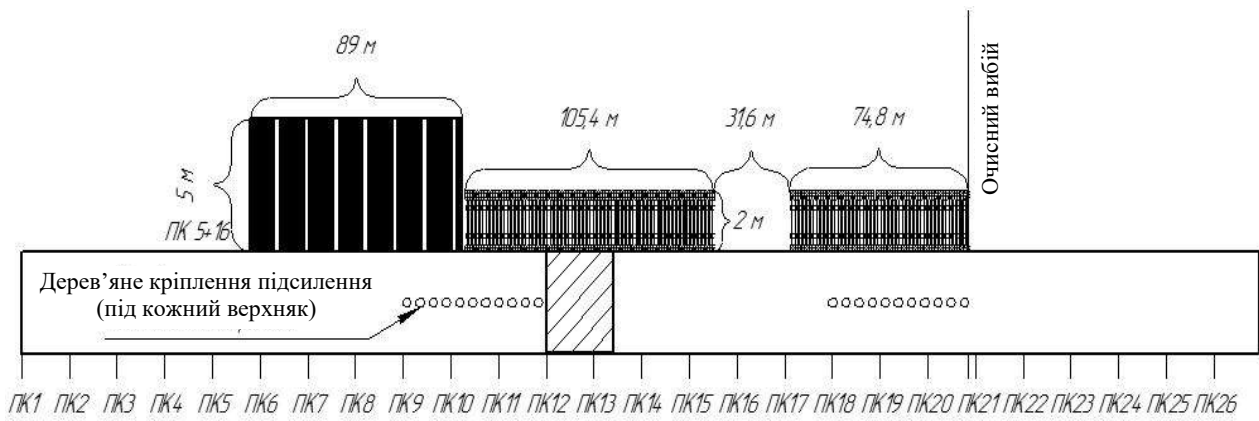


Рис. 2.22. Способи охорони пром. штреку 206 західної лави

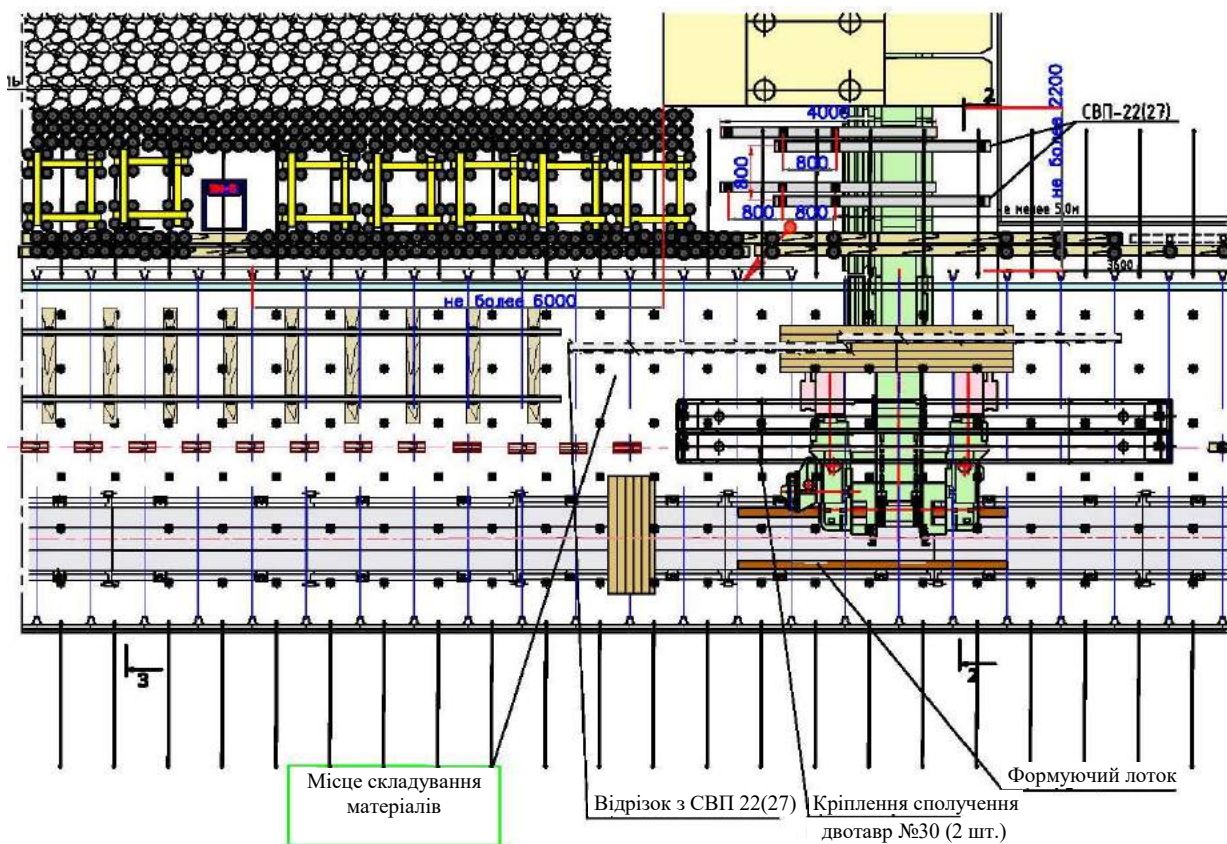


Рис. 2.23. Спосіб охорони 206 пром. штреку дерев'яними «кострами» та органічним кріпленням

Сполучення лави з підготовчою виробкою підтримується механізованим кріпленням сполучення.

Для охорони вентиляційного штреку 206 західної лави пласта h_{10} виконують викладку бутової смуги шириною 9,0 метрів (рис. 2.24).

Бровка лави за падінням закріплюється двома рядами органічного кріплення щільністю 5 ст./м, між якими зводиться кустокостер. Простір бутової смуги закріплюється в рамку з двох дерев'яних стійок під розпил. Відстань між стій-

ками в рамці за простяганням 0,8 м, відстань між рамками за підйомом 0,8 м. Порода для закладки бутової смуги доставляється із вибою вентиляційного штреку вручну.

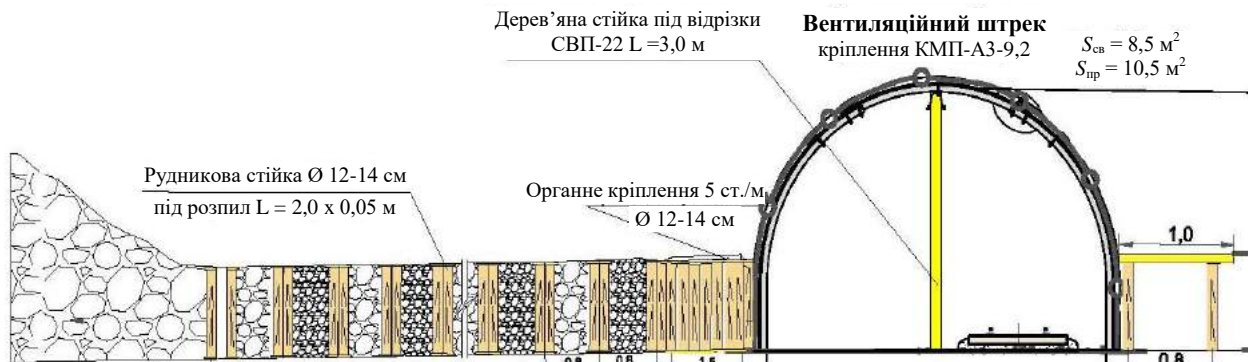


Рис. 2.24. Охорона вентиляційного штреку 206 західної лави бутовою смугою і органним кріпленням

Проведений аналіз особливостей і техніко-економічних показників способів охорони підготовчих виробок на шахті «Партизанська» показав, що технологія, яка застосовується, із залишенням цілика вугілля і використанням для транспортування вугілля із вибою печей і просіків, на даний час себе вичерпала. В умовах великої глибини відпрацювання і, відповідно, підвищеного гірського тиску, істотно збільшується трудомісткість і вартість робіт, погіршується стан виїмкових виробок, виникає потреба їх перекріплювати для забезпечення функцій вентиляції та транспорту, відбуваються вивали порід покрівлі, збільшується кількість монтажу та демонтажу конвеєрів в печах і конвеєрних штреках, збільшується час на виконання операцій на сполученні «лава-штрек» та ін.

Крім цього, залишення вугілля в шахті економічно не вигідно. Так, наприклад, при охороні 1 км 205 пром. штреку, навіть з урахуванням виїмки вугілля з печей, в шахті залишається 9,033 тис. т цінної сировини.

ГЛАВА 3

ДЕФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ В ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБКАХ ШАХТИ «ПАРТИЗАНСЬКА» У ЗОНІ ВПЛИВУ ОЧИСНИХ РОБІТ

3.1. Гірничо-геологічні і гірничотехнічні умови розробки ВП «Шахта «Партизанська» ДП «Антрацит»

Шахтне поле розкрито похилими стволами по пластах h_7 , h_8 і h_{10} . Крім того пробурено дві вентиляційні свердловини діаметром 1,0 м кожна і вентиляційна свердловина діаметром 2,8 м.

В геологічній будові родовища беруть участь відкладення середнього відділу карбону (світи C_2^3 , C_2^4 , C_2^5), перекриті четвертинними осадами. Кам'яновугільні відкладення літологічно представлені пісковиками, сланцями піщаними і глинистими, вапняками і вугіллям (рис. 3.1).

Промислове значення в межах родовища мають вугільні пласти: $h_{10}+h_{10}^6$, h_8 та $h_7+h_7^H$. На даний час основним пластом, що розробляється, є $h_{10}+h_{10}^6$.

Пласт $h_{10}+h_{10}^6$ є невтриманий за потужністю та будовою. Пласт h_{10}^6 на даний час відпрацьовується в центральній частині поля із загальною потужністю 1,35...1,69 м. На захід і схід пласт розщеплюється. Контури розщеплення побудовані за зольністю вугілля 40 %, що відповідає потужності прошарку 0,45...0,50 м. Після розщеплення пласта промислове значення має верхня пачка – h_{10} . Пласт h_{10}^6 , в основному, простої будови із загальною потужністю 0,60...1,24 м. У гірничих виробках шахти спостерігаються руслові розмиви пласта, які представлені вузькими смугами шириною 15...50 м, витягнуті в північно-західному напрямку. Умови залягання: гіпсометрія – не витримана, перепади кутів від 8 до 5 град протягом 10...30 м; кут падіння пласта – 5...7°, кліваж: вугільний – 70°, азимут – 78°; породний – 85°, азимут – 80°.

Тектоніка внутрішньопластова і дрібна: а) амплітуди 0,1...0,5 м; б) частота тріщин 9 шт. на 150 м по падінню пласта; в) зони інтенсивної тріщинуватості; г) характер ускладнень, викликаних тектонікою – наявність несправжньої покрівлі [116].

Відповідно до ДСТУ 3472-96 вугілля родовища відносяться до марки А (антрациту) і використовуються як енергетичне паливо. За величиною середніх значень зольності вугільні пласти за чистими вугільними пачками – середньо зольні (14,2...16,0 %), з урахуванням засмічення внутрішньопластовими породними прошарками – підвищено зольні (18,2...22,4 %).

За середнім вмістом сірки вугілля пласта h_8 малосірчистий (1,1 %), $h_{10}+h_{10}^6$ і $h_7+h_7^H$ – середньосірчистий (1,8...2,4 %) [117].

Існуючі усереднені водоприпливи в шахту за період 2002 – 2011 роки становлять: всього по шахті – $Q_{норм} = 240$ м³/год., $Q_{макс} = 320$ м³/год., в тому числі по пласту h_{10} – $Q_{норм} = 56$ м³/год., $Q_{макс} = 91$ м³/год.

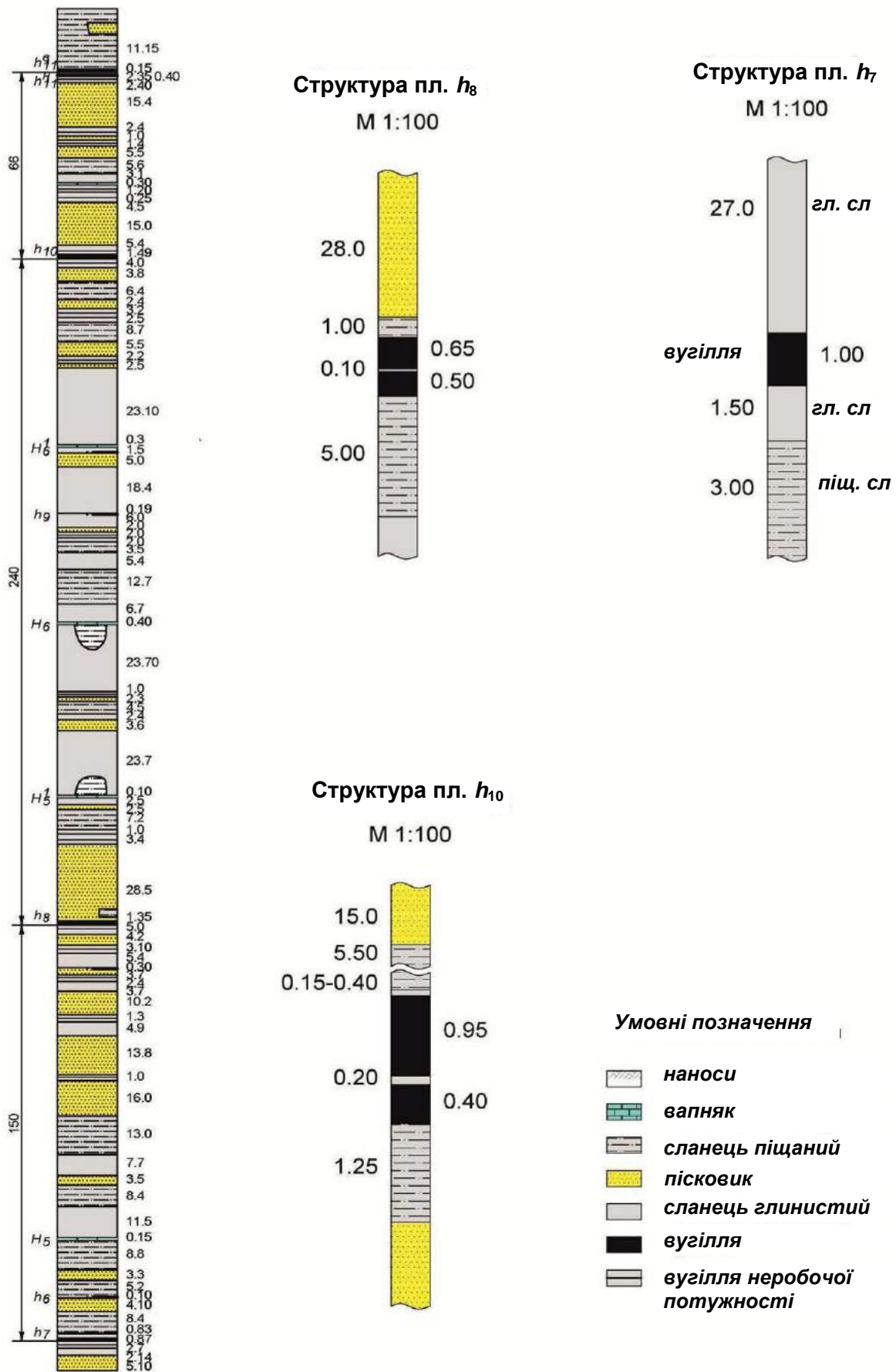


Рис. 3.1. Структурна колонка, що вміщує вугільні пласти і породи, і літологічні колонки вугільних пластів

Вугільні пласти родовища залягають в піщано-сланцевій товщі. Породи, що вміщують, представлені сланцями піщаними, піщано-глинистими та глинистими, а також пісковиками. У покрівлі в основному залягають сланці глинисті (від нестійких до малостійких), сланці піщано-глинисті й піщані (від малостійких до середньостійких), пісковики (стійкі); в підшві – середньостійкі сланці піщані.

В табл. 3.1 і 3.2 наведені відповідно зведена літологічно-стратиграфічна і літологічна колонки з описом вугільних пачок і порід, що вміщують.

Таблиця 3.1

Літологічно-стратиграфічна колонка

№ п/п	Потужність шару від-до, м	Опис вугільних пачок і порід, що вміщують	Зольність	Об'єм на вага, т/м ³	Міцність за шкалою проф. М.М. Протодьяконова	$\sigma_{ст}$, кг/см ²	σ_p , кг/см ²
1	$\frac{17,9-23,0}{20,4}$	Сланець піщаний, темно-сірий	92	2,77	7-9	770-920	64
2	$\frac{2,90-4,20}{3,55}$	Сланець піщано-глинистий, темно-сірий	90,7	2,76	4-6	480	61
3	$\frac{0,00-0,30}{0,15}$	Сланець глинистий темно-сірий, тріщинуватий, шаруватий	90,7	2,76	3-4	320	43
4	$\frac{1,35-1,50}{1,42}$	Вугільний пласт h_{10}	12,5	1,73	2	150-200	-
5	$\frac{0,00-0,30}{0,15}$	Сланець глинистий, чорний, грудкуватої текстури «кучерявчик»	90,2	$\frac{2,80-2,82}{2,81}$	5-6	494-554	45
6	$\frac{1,06-3,44}{2,25}$	Сланець піщаний, темно-сірий, шаруватий, тріщинуватий	92	2,77	6-7	750	64
7	$\frac{3,0-0,00}{1,5}$	Сланець піщано-глинистий, темно-сірий, шаруватий, шаруватість тонка, горизонтальна, монологічний	90	2,80	6-7	631	61
8	$\frac{3,5-0,00}{1,7}$	Пісковик дрібнозернистий	93	2,80	9-19	900-1900	180

Літологічна колонка

№ п/п	Потужність шару від-до, м	Опис вугільних пачок и порід, що віщують
1	<u>0,00-0,30</u> 0,15	Несправжня покрівля: сланець глинистий, темно-сірий, тріщинуватий, шаруватий, легко розпадається по площинах шаруватості дуже нестійкий, виймається разом з пластом
2	<u>1,35-1,50</u> 1,42	Вугілля чорне, блискуче, злам ступінчастий, окремість призматична, шаруватий, тріщинуватий з прошарками сланцю, кварцу, середньої міцності, сухий
3	<u>0,00-0,30</u> 0,15	Несправжня підшва: сланець глинистий, чорний грудкуватої текстури «кучерявчик», дуже слабкий, легко розпадається на шматочки, нестійкий, виймається разом з пластом

Шахта «Партизанська» є негазовою за метаном.

Ведення гірничих робіт ускладнюється наявністю вуглекислого газу, середня абсолютна вуглекислотообільність в 2010 році становила 7,20 м³/хв.

Шахта не є небезпечною за викидами вугілля, породи і газу. Вугілля пластів не схильне до самозаймання, вугільний пил не вибухонебезпечна.

Вугільний пласт h_{10} відноситься до загрозливих за гірськими ударами з глибини 1260 м.

Температура гірських порід у нижній технічній межі змінюється в межах плюс 33...36°C.

Підготовка шахтного поля – панельна. Система розробки – стовпова.

На рис. 3.2 і 3.3 наведені частини викопіювання з плану гірничих робіт вугільного пласта h_{10} , який досліджується.

На підставі аналізу гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов експлуатації, результатів геологічних вишукувань, даних маркшейдерської служби шахти, а також даних про обсяги ремонтних робіт, до основних ускладнюючих факторів, які значною мірою впливають на умови проведення і підтримки гірничих виробок в умовах ВП «Шахта «Партизанська» ДП «Антрацит», в першу чергу слід віднести наступне.

1. Наявність міцних шаруватих порід, що вміщують, схильних до розширення на значну глибину від контуру виробки.

2. Збільшення глибини розробки, що провокує для даних гірничо-геологічних умов нелінійне погіршення стійкості виробок незалежно від їх просторової орієнтації.

3. Наявність непрогнозованих дрібноамплітудних геологічних порушень навколо виробок, які досліджуються.

4. Неповна відповідність на даний час видів кріплення, що використовується, геомеханічним умовам їх експлуатації, в т.ч. і за рахунок порушення технології їх зведення.

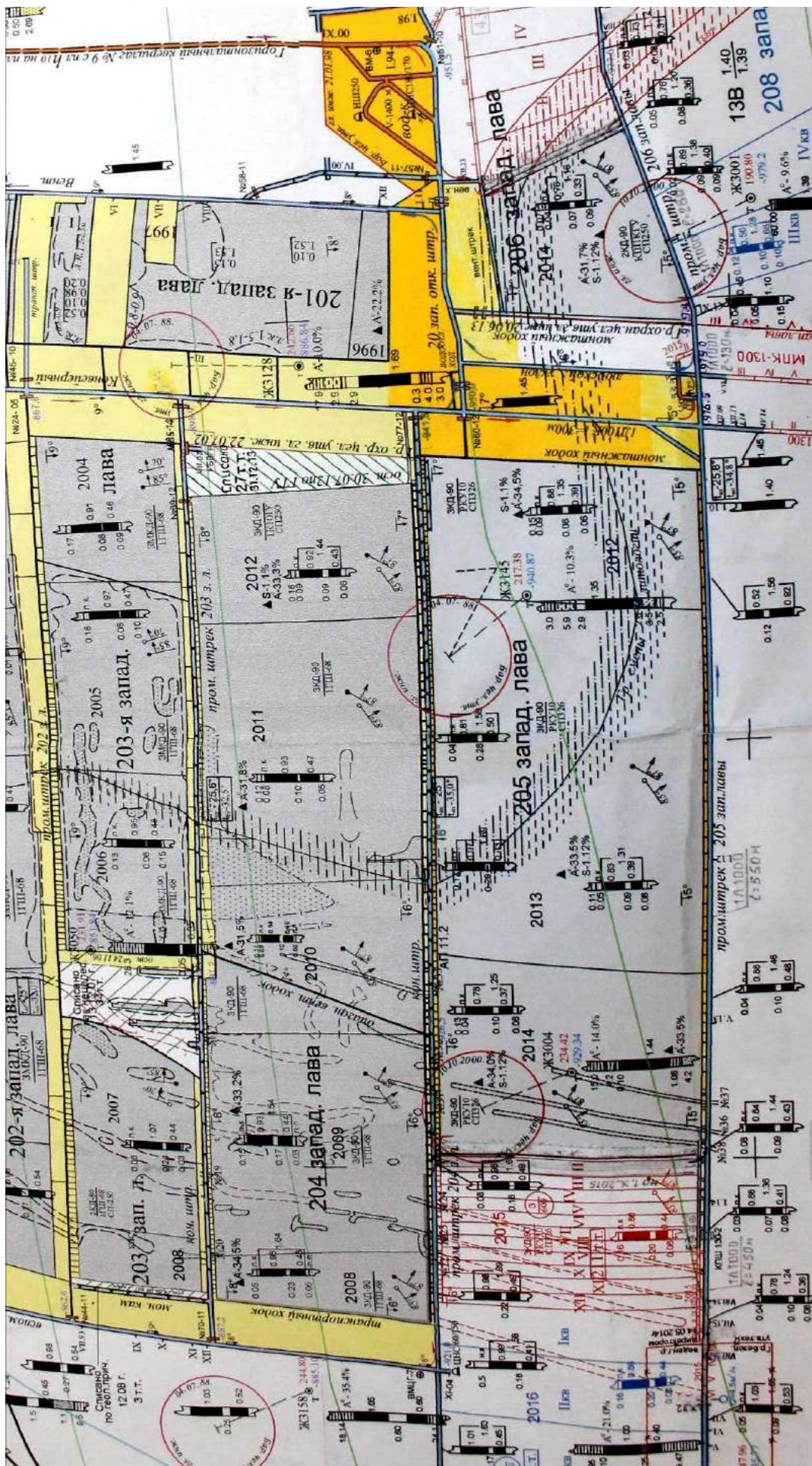


Рис. 3.2. Виколювання з плану гірничих робіт пласта І₁₀ (203, 204 і 205 західні лави)

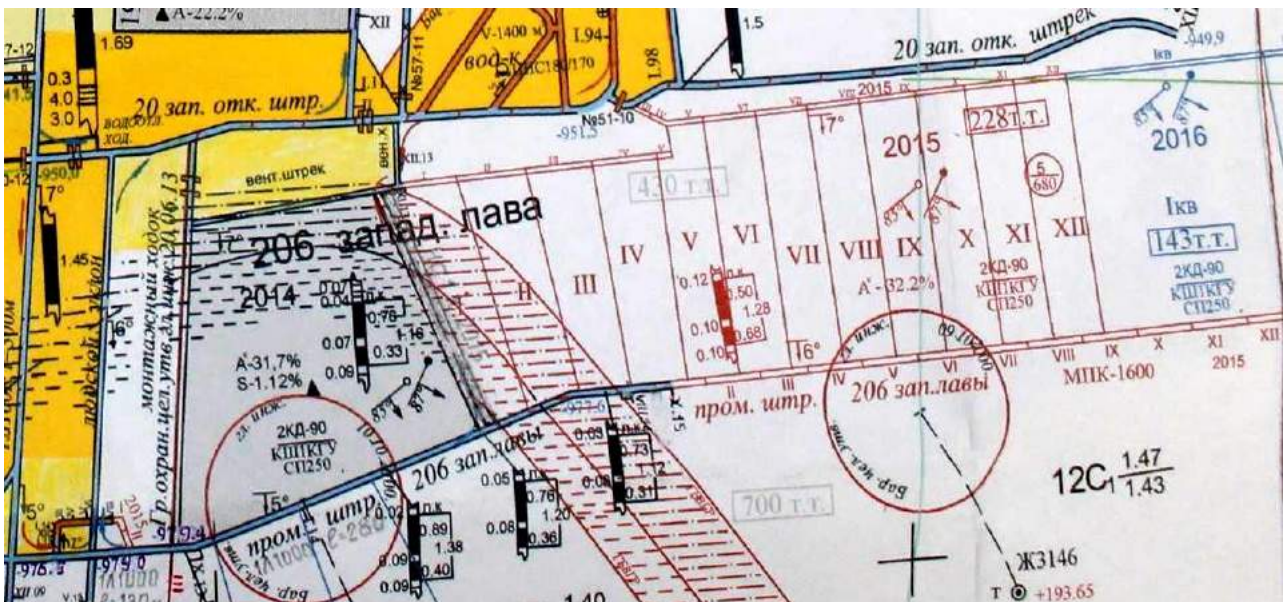


Рис. 3.3. Викопіювання з плану гірничих робіт 206 західної лави пласта h_{10}

3.2. Методика натурних досліджень в підготовчих виробках ВП «Шахта «Партизанська»

3.2.1. Методика проведення візуального моніторингу

Безпосередня оцінка поточного стану ділянки виробки, що досліджується, повинна виконуватися в ході візуального обстеження, які проводяться перед зняттям показань з вимірювальних станцій. Результати оцінки вносяться до відповідних відомості. Для отримання більш достовірних результатів, всі обстеження і вимірювання повинні виконуватися однією і тією ж бригадою.

В період проведення спостережень в робочий журнал заносяться відомості, що стосуються відхилень від паспортів кріплення, приблизних обсягів і якості забутування закріпного простору та ін.

Надалі, в процесі спостережень відзначаються всі зміни стану рам кріплення: деформації її елементів, руйнування скріплюючих деталей і т.д. Найбільш характерні зміни фотографуються або ескізуються. Дані спостережень узагальнюються і зводяться в спеціальні відомості.

Попередньо проводиться збір інформації про виробку:

1. Найменування виробки, пласт, горизонт.
2. Довжина виробки, площа перерізу, довжина пікету й ін.
3. Глибина розташування виробки.
4. Кріплення за паспортом (типорозмір, вид кріплення, крок встановлення, кількість і довжина анкерів, вид затяжки й ін.).
5. Гірничо-геологічні умови по трасі виробки (фактичний геологічний розріз, фізико-механічні властивості порід, що вміщують, й ін.).

Обстеження виробок включає наступні етапи:

- візуальні спостереження за деформаціями приконтурного масиву гірських порід і елементів кріплення;

- здійснення вимірювань, що не вимагають спеціального обладнання;
- виконання замальовок / фотографування.

Отримані дані відповідним чином узагальнюються, аналізуються, після чого робляться висновки за результатами моніторингу.

Безпосередньо у виробці виконується попікетне обстеження, яке включає оцінку загального стану виробки на пікеті, прояви гірського тиску, оцінку стану рамного й анкерного кріплення.

3.2.2. Методика проведення шахтних інструментальних вимірювань ***Загальні вимоги до облаштування замірних станцій***

Замірні станції повинні встановлюватися в межах ділянок з витриманими по довжині гірничо-геологічними умовами, поза зоною впливу лави, з незмінними параметрами кріплення (вид, типорозмір, крок встановлення кріплення, матеріал затяжки й ін.). Довжина ділянки повинна складати не менше 20 м. Кількість ділянок приймається індивідуально для кожної виробки. Ділянка для розгортання замірної станції, повинна відповідати наступним вимогам:

1. У місцях, передбачених для встановлення станцій, перебори перерізу – мінімальні, а форма контуру – максимально близька до проектної.
2. Елементи рамного або рамно-анкерного кріплення, включаючи планки і хомути замків, не мають розривів і сколів.
3. Рами кріплення відповідають паспорту в частині наявності та кількості хомутів, міжрамних стяжок, відповідності проектного кроку встановлення, наявності та цілісності затяжки [118-120].

У разі, коли за рядом технологічних або інших причин контрольна ділянка не відповідає вимогам, що пред'являються, можливе незначне корегування місць спостережень з відповідним відображенням змін, що вносяться.

Схема облаштування замірних пунктів і виконання вимірів

Спочатку передбачалося облаштування контурних замірних станцій із закладенням дерев'яних штирів в коротких шпурах, які пробурені в покрівлю і боки виробки, що досліджується. Однак, за результатами візуального обстеження цей варіант виявився неприйнятний. Причиною є великі перебори по контуру виробки при її проведенні та розшарування порід на значну глибину. Також, бригадами ділянки РВУ періодично на певних ділянках виробки проводився випуск порід, яка відшарувалася, що привело б до ліквідації контурної замірної станції.

У зв'язку з цим, були обладнані замірні станції безпосередньо на рамах кріплення, для спостереження за деформаціями елементів аркового кріплення з плином часу після зміщень бічних порід при передачі навантаження на несучі елементи рам.

Комплект необхідних інструментів і матеріалів для облаштування замірних станцій та проведення замірів наведено в табл. 3.3.

Перелік інструментів та матеріалів для виконання замірів

№ п/п	Матеріали	Параметри	Кількість
1	Рулетка	$L=5$ м	1
2	Маркшейдерський висок	Типовий	1
3	Капронова нитка	$L=5,5$ м	1
4	Будівельний рівень	$L=1$ м	1
5	Фарба	Аерозольний балон	1

Замірна станція представляє собою кілька контрольних точок, що нанесені фарбою на раму кріплення (рис. 3.4). Вимірювання виконує командою з двох чоловік.

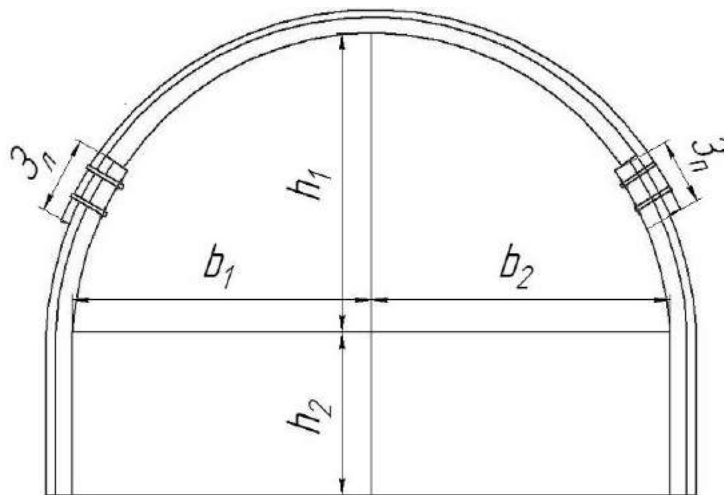


Рис. 3.4. Параметри поперечного перерізу виробки (рамного кріплення), що вимірюються

З приходом на місце вимірювань на верхняк кріплення вивішується висок, а між ніжками натягується умовний горизонт, положення якого має бути перевірено будівельним рівнем. Якщо відхилення від горизонталі є значними, то виміри необхідно виконувати за два прийоми – спочатку від умовного горизонту, «відбитого» від однієї бічної мітки, а потім від іншої. В цьому випадку горизонт натягується по черзі від кожної мітки однією людиною, а друга рівнем контролює горизонтальність нитки і виконує вимірювання від верхняка до вимірювального горизонту (h_1) і від горизонту до підосви виробки (h_2).

При наявності у виробці рейкового шляху вимірювання виконують до рівня головки рейки, найближчої до виска. При подальшій обробці за цим способом вимірювання приймається середнє значення з двох вимірів.

Для контролю зміни ширини виробки (горизонтальної конвергенції стінок виробки) вимірюється відстань між бічними мітками і лінією виска (b_1 і b_2).

Додатково контролюється входження верхняка в ніжки кріплення в замках піддатливості Z_n і Z_n .

Отримані результати фіксуються у відповідній замірній відомості – Форма 1 (табл. 3.4).

Крім цього планувалася оцінка стану виробки по її довжині шляхом вимірів тільки висоти H і ширини B перерізу на вимірювальних пунктах (рамах) через певні відстані (бажано в межах кожного пікету). За отриманими значеннями визначалася приблизна площа поперечного перерізу виробки. Дані вимірювань і розрахунків заносилися в окремі відомості – Форма 2 (табл. 3.5).

Таблиця 3.4

Результати вимірювання деформацій кріплення на замірній станції (Форма 1)

Шахта _____									
Найменування виробки _____									
Замірна станція № _____ ПК _____									
№	Дата	h_1 , мм	h_2 , мм	H , мм	b_1 , мм	b_2 , мм	B , мм	S , м ²	Відстань до очисного вибою, м (Примітки)
1									
2									

Таблиця 3.5

Результати вимірювання деформацій кріплення по довжині виробки (Форма 2)

Шахта _____						
Найменування виробки _____						
Дата замірів _____						
Пікети + м	Ширина B , м	Висота H , м	Переріз S , м ²	Замок лівий Z_l , м	Замок правий Z_p , м	Додаткові відомості
ПК1						
ПК2						
ПК3						

Вимірювання на всіх замірних станціях, що розташовані в одній виробці, повинно виконуватись в один прийом.

3.2.3. Методика визначення площі поперечного перерізу виробки

При проведенні цих та подальших шахтних досліджень площа поперечного перерізу в конкретній точці виробки визначалася приблизно, використовуючи поправочний коефіцієнт, який отримано виходячи з наступних міркувань.

З паспортного перерізу гірничої виробки відома її висота H , м і ширина B , м, а також переріз виробки у світлі $S_{св}$, м². За даними значенням висоти та

ширини можна визначити площу прямокутника $S_{\text{прм}} = B \cdot H$, м^2 , в який вписується переріз виробки арочної форми $S_{\text{св}}$, що розглядається (рис. 3.5).

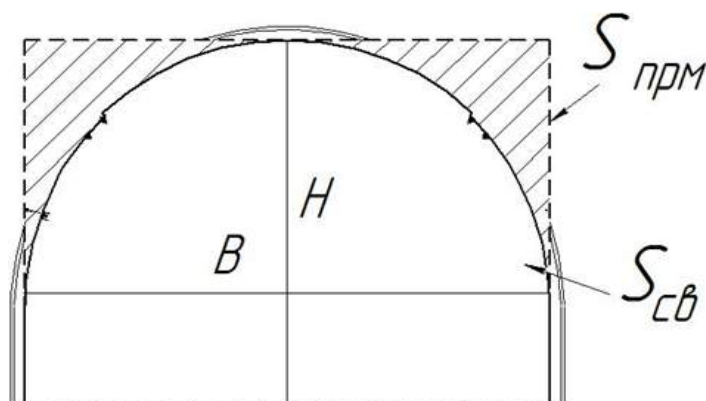


Рис. 3.5. Схема до визначення поправочного коефіцієнта для розрахунку перерізу виробки в шахтних умовах

Співвідношення цих площ дасть поправочний коефіцієнт, який можна використовувати для визначення приблизної площі поперечного перерізу штреку, що розглядається:

$$k_s = \frac{S_{\text{св}}}{S_{\text{прм}}}. \quad (3.1)$$

Для виробок, що обстежувалися, значення поправочного коефіцієнта (відповідно до 3.1) наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Поправочний коефіцієнт для виробок

Виробка	Висота, $H_{\text{св}}$, м	Ширина, $B_{\text{св}}$, м	Переріз, $S_{\text{св}}$, м^2	Поправ. коеф., k_s
Пром. штрек 204 зах. лави	3,84	4,18	10,4	0,79
Пром. штрек 205 зах. лави	3,63	4,64	13,4	0,8
Пром. штрек 206 зах. лави	3,13	4,64	13,4	0,8

В шахтних умовах на досліджуваному поперечному перерізі виробки за допомогою рулетки вимірювалася ширина (між стійками кріплення) – B_i і висота (від підошви до верхняка кріплення) – H_i . Переріз виробки в досліджуваній точці приблизно становитиме:

$$S_{\text{св}} = k_i B_i H_i. \quad (3.2)$$

Методика не дозволяє визначити ступінь несиметричності при деформуванні металевих арок під дією косонаправленого або бічного навантаження.

Найбільш точними будуть результати при рівномірному зменшенні площі поперечного перерізу виробки. Збільшення похибки при вимірах буде при вигинанні верхняка у виробку (форма наблизатиметься до прямокутної), або односторонньому чи двосторонньому вигинання боків кріплення (трикутна форма). Однак і в цьому випадку похибка не буде перевищувати 15...20 %, що цілком допустимо для дослідження таких неоднорідних систем, як кріплення виробки.

3.3. Стан підготовчих виробок очисних вибоїв пласта h_{10} ВП «Шахта «Партизанська»

3.3.1. Візуальне обстеження стану пром. штреку 204-ї західної лави пласта h_{10} (24.07.2014)

Особливості гірничо-геологічних умов проведення та підтримки пром. штреку 204 західної лави пласта h_{10}

Пром. штрек 204 західної лави проводився по пласту вугілля з верхньою підриркою порід. Кріплення виробки – металеве аорчне кріплення КМП-А3/11,2 з СВП-22 з дерев'яною затяжкою за периметром виробки.

Площа перерізу $S_{пр} = 12,9 \text{ м}^2$, $S_{св} = 10,4 \text{ м}^2$. Ширина виробки в проходці $B_{пр} = 4,5 \text{ м}$, висота – $H_{пр} = 3,36 \text{ м}$. Крок встановлення кріплення – 0,8 м. Спосіб проведення – буропідрирний. Виробка проводилася на глибині 1143 м.

Очисний вибій 204 західної лави відпрацьовувався зворотним ходом по простяганню, система розробки – комбінована. Пром. штрек проводився з деяким випередженням лінії очисного вибою. На момент обстеження виробка експлуатувалася повторно і служила вентиляційним штреком 205 західної лави, яка відпрацьовується зворотним ходом. Як результат, 204 пром. штрек погашається одразу після проходу лави, можливість виймання кріплення відсутня. Відрізок виробки, де виконувалося обстеження, склав 285 м.

Результати обстеження пром. штреку 204 західної лави

На початку виробки до ПК3 спостерігається нормальний стан кріплення. З ПК3 стан виробки погіршується. З ПК4 + 11 м змінюється форма виробки зі зменшенням поперечного перерізу до ПК6 (рис. 3.6), на ряді рам відсутні міжрамні стяжки, а самі рами завалені під кутом у бік устя виробки. На відрізку ПК7 + 10 м – ПК8 форма перерізу знову змінюється, верхняки кріплення деформовані по центру (рис. 3.7).

Також, на даному відрізку спостерігаються нависи порід боків і покрівлі виробки, на окремих ділянках рами кріплення завалені в результаті відсутності міжрамних стяжок (рис. 3.8).

На ділянці виробки ПК8 + 7 м – ПК8 + 17 м спостерігаються вивали порід покрівлі та боків виробки (рис. 3.9), затягування боків і покрівлі виконувалося в деяких місцях, дерев'яні стійки підсилення відсутні.



Рис. 3.6. Зміна форми перерізу виробки і її зменшення



Рис. 3.7. Зміна перерізу виробки



Рис. 3.8. Навіси порід і завал рам кріплення



Рис. 3.9. Вивали порід покрівлі та боків виробки

На відрізку ПК9 – ПК9 + 7 м виробка перекріплювалася з кроком 0,5 м.

Далі з ПК9 + 7 м до ПК10 + 3 м – виробка знаходиться в аварійному стані, кріплення деформоване і зруйноване (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Аварійна ділянка виробки

На відрізку ПК10 + 5 м – ПК10 + 10 м переріз пром. штреку трохи збільшується і далі, до очисного вибою, форма виробки змінюється зі зменшенням перерізу. Замки і верхні частини ніжок зруйновані (рис. 3.11).

З позначки ПК13 і до вікна лави під кожну нижню ніжку кріплення для збереження мінімальної висоти виробки встановлюються дерев'яні стійки підсилення (рис. 3.12). Оскільки охорона виробки відбувається вугільними ціликами, то для виконання технологічних операцій і провітрювання проходяться просіки з печами і привод конвеєра на виробку не виноситься.

Робоча піч знаходиться на ПК14, і вже з ПК13 + 17 м переріз підготовчої виробки становить не більше 3 м² (рис. 3.13).



Рис. 3.11. Ділянка виробки з деформованим кріпленням



Рис. 3.12. Встановлення дерев'яних стійок підсилення під нижню ніжку кріплення і руйнування верхньої ніжки



Рис. 3.13. Переріз виробки в місці розміщення робочої печі

У зоні робочої печі покрівля підтримується дерев'яним кріпленням підсилення. На відстані 3 м від печі, внаслідок підвищення гірського тиску з боку очисного вибою, починаються руйнуватися несучі елементи кріплення (рис. 3.14).



Рис. 3.14. Руйнування і деформування елементів металевого кріплення, відсутність затяжка

Слідом за проходом лави виробка ізолюється для запобігання проході повітряного струменя і погашається без можливості вилучення елементів кріплення.

Враховуючи, що виробка є повітроподавальною, поперечний переріз $S_{св} = 3 \text{ м}^2$ є недостатнім для провітрювання очисного вибою і пром. штреку 205 лави. Також, негативним явищем для вентиляції є знаходження енергопоїзди в

даній виробці, який суттєво нагріває свіже повітря. Ця проблема може бути вирішена проведенням просіка і печі для подачі повітря перед енергопоїзд.

3.3.2. Візуальне обстеження стану пром. штреку 205-ї західної лави пласта h_{10} (11.12.2013)

Особливості гірничо-геологічних умов проведення та підтримки пром. штреку 205 західної лави пласта h_{10}

Пром. штрек проводиться по пласту h_{10} з підривкою порід покрівлі та підшви. Виробка призначена для транспортування вугілля при відпрацюванні 205 західної лави. Передбачається збереження виробки для повторного використання в якості вентиляційної при роботі запланованої нижньої лави.

Спосіб проведення виробки – буропідривний. Прибирання породи і буріння шпурів здійснюється буронавантажувальною машиною 2ПНБ-2Б. Транспортування гірської маси від вибою здійснюється скребковим конвеєром СП-202 з перевантаженням на стрічковий конвеєр 1Л-1000д.

Переріз виробки $S_{св} = 13,4 \text{ м}^2$, $S_{вч} = 15,6 \text{ м}^2$; висота виробки $H_{св} = 3,62 \text{ м}$, $H_{вч} = 3,84 \text{ м}$; ширина виробки $B_{св} = 4,64 \text{ м}$, $B_{вч} = 5,09 \text{ м}$. Вид кріплення КМП-АЗРЗ-13,4, крок – 0,8 м, затяжка – дерев'яна. Замки М-24 без упорних хомутів.

Відмітка проведення пром. штреку становить 1193,0 м.

Результати обстеження пром. штреку 205 західної лави

На початку виробки кріплення встановлене з кроком 0,5 м і має хороший стан. Цьому сприяє наявність цілика для охорони конвеєрного уклону (рис. 3.15). Після розрізної печі стан виробки різко погіршується.

Протягом всієї виробки на ряді рам встановлюється по одному хомута в замках піддатливості. При цьому хомути застосовуються різних типів, в тому числі, у багатьох випадках, з плоскою планкою, що призводить до їх швидкого руйнування і деформації кріплення (рис. 3.16)



Рис. 3.15. Стан кріплення в районі сполучення з конвеєрним уклоном

Низька якість кріплення і замків піддатливості характеризує практично кожен раму. У багатьох місцях відсутній затяжка (рис. 3.17). На ряді рам відсутні міжрамні стяжки.



Рис. 3.16. Приклад руйнування плоских планок



Рис. 3.17. Місця руйнування рамного кріплення

Кріплення підсилення (дерев'яні стійки) застосовується дуже рідко, тому окремо встановлені дерев'яні стійки підсилення не витримують підвищеного навантаження і ламаються (рис. 3.18).



а)



б)

Рис. 3.18. Відсутність затяжки (а) і стійок (б)

3.3.3. Візуальне обстеження стану пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10} (11.12.2013)

Особливості гірничо-геологічних умов проведення та підтримки пром. штреку 206 західної лави пласта h_{10}

Система розробки при відпрацюванні виймального стовпа 206 західної лави пласта h_{10} – суцільна.

Пром. штрек 206 західної лави проводиться по пласту h_{10} з підривкою порід покрівлі та підосви. Служить в якості відкотної виробки при відпрацюванні

206-ї західної лави. Виробка зберігається для повторного використання в якості вентиляційної при роботі нижньої лави.

Переріз виробки $S_{ce} = 13,4 \text{ м}^2$, $S_{ec} = 15,6 \text{ м}^2$, висота – $H_{ce} = 3,84 \text{ м}$, $H_{ec} = 3,628 \text{ м}$, ширина – $B_{ce} = 5,09 \text{ м}$, $B_{ec} = 4,64 \text{ м}$.

Вид кріплення КМП-А3-Р3-13,4 з СВП-27 з кроком 0,8 м з анкерами. Довжина анкерів – 2,4 м, кількість – 5 шт. Використовуються підхвати. Затяжка – дерев'яна або металева сітка. Замки ЗПК-М (за паспортом), без упорних хомутив. Відмітка проведення пром. штреку становить 1172,0 м.

На момент першого обстеження (до початку роботи очисного вибою) пройдено близько 100 м.

Результати обстеження пром. штреку 206 західної лави

На початку виробки присутні великі скупчення води, що викликано помилками при проведенні (відсутність похилу в бік устя виробки). Наявність виділення води з покрівлі на даному етапі проведення пром. штреку не впливає на стійкість виробки.

Великі перебори породи (відстань між аркою кріплення і породним контуром часто становить значення 50...100 см) і відсутність забутування не забезпечують контакту кріплення з породним контуром, що провокує подальше розшарування масиву порід, особливо в зоні впливу лави.

Причинами значних переборів є:

– наявність несправжньої покрівлі потужністю до 30 см, яка обвалюється при проведенні виробки, що помітно за наявністю плоского оголення-плити над верхняками;

– застосування ручного бурильного обладнання (перфораторів), що призводить до відхилень шпурів при бурінні;

– невірний розрахунок і не обґрунтовані параметри паспорта БПР.

Здимання підшви, незважаючи на велику глибину і наявність води, не спостерігається.

Зауваження щодо виконання вимог паспорта проведення та кріплення виробки зводяться до наступних:

– встановлюються різні типи хомутив і планок (рис. 3.19);

– в деяких місцях спостерігається погана якість встановлення кріплення, що призводить до його руйнування;

– має місце встановлення рам не перпендикулярно напрямку проведення виробки (похилені стійки кріплення);

– на рамах в замках піддатливості часто використовують по одному хомута (рис. 3.20);

– місцями відсутні міжрамні стяжки (рис. 3.21);

– затяжка встановлюється місцями, причому двох типів: дерев'яні дошки і металева сітка, і не якісно (рис. 3.22, 3.23);

– внаслідок некомплектності вузлів піддатливості, відбувається руйнування стійки кріплення;



Рис. 3.19. Використання хомутів і планок різних типів



Рис. 3.20. Використання одного замка з плоскою планкою



Рис. 3.21. Відсутність верхніх міжрамних стяжок



Рис. 3.22. Відсутність затяжки в покрівлі виробки



Рис. 3.23. Відсутність затяжки в боках виробки

- відсутня рейковий шлях для доставки матеріалів;
- наявність виділення води з покрівлі на момент проведення штреку на стійкість виробки не впливає.

3.3.4. Основні висновки і рекомендації щодо поліпшення експлуатаційного стану виробок

Попередні рекомендації зроблені на основі виконаного візуального обстеження стану пром. штреків 204-й, 205-й і 206-й західних лав пласта h_{10} .

Загальні висновки за результатами візуального обстеження стану пром. штреків 204-й, 205-й і 206-й західних лав пласта h_{10}

1. Однією з основних причин поганого стану виробок є недотримання паспорту проведення та кріплення виробки.

Комплектність металевого кріплення не відповідає паспорту кріплення: не вистачає хомутів для рам та міжрамних стяжок. Таким чином, кріплення не набирає свого розрахункового опору, і його несуча здатність знижується в декілька разів.

2. На ряді рам штреків в замках піддатливості встановлюється тільки по одному хомуту. При одному хомуті (рідше двох і недозатягнутих), зусилля в замках піддатливості значно менші розрахунковим і не здатні витримати ваги породи, що відшарувалася. Також зважаючи на наявність тільки одного хомута, відбувається заклинювання профілів, що унеможливує їх роботу в піддатливому режимі. Крім цього, хомути застосовуються різних типів, затяжка в багатьох місцях відсутня. Зовсім неприпустимим є використання хомутів з плоскою планкою.

3. Дуже великі перебори порід закріпному просторі, що перевищують 1 м в боках і до 0,5 м в покрівлі (пром. штрек 206-ї західної лави пласта h_{10}). Утворені порожнечі не забучуються і не розклинюються, що, однак, неможливо зробити при таких великих розмірах пустот. Порожнечі, що утворилися від вивалів породи в покрівлі, заповнені (зведенням «кострів») не повністю. Це призводить в момент утворення вивалам до динамічних навантажень і може викликати руйнування елементів рамного кріплення, а також збільшується ймовірність завалів.

Через те, що забутування ніде не застосовується, породи покрівлі розширюються на глибину 2...3 м і більше, що відразу ж викликає навантаження на кріплення, як мінімум 20 т (при несучій здатності даної кріплення 23 т).

4. Має місце встановлення рам не перпендикулярно напрямку проведення вироблення (похилені стійки кріплення), що провокує втрату стійкості рами. Це обумовлено також відсутністю міжрамних стяжок, що знижує просторову жорсткість рамного кріплення.

5. Підсилення кріплення дерев'яними стійками по лінії лави і робочої печі виконується нерегулярно і є недостатньому обсязі, про що свідчить поломка дерев'яних стійок, значні деформації металевого кріплення, розриви хомутів і спецпрофілю стійки в вузлах податливості.

6. Вплив опорного тиску від лави, що рухається, збільшує навантаження на кріплення, що при низькій його працездатності призводить до втрати несучою здатності, і, в окремих випадках, до обвалення порід покрівлі та вивалоутворення в виробці.

7. Таким чином, невідповідність паспорту кріплення виробки зменшує несучу здатність кріплення в декілька разів і, крім цього проковує розшарування порід приконтурної зони масиву і значно збільшує навантаження на кріплення. Внаслідок цього, кріплення виробки втрачає експлуатаційні функції, проковує вивалоутворення в зоні опорного тиску очисного вибою, що рухається, і потребує перекріплення після проходження лави.

Рекомендації щодо поліпшення експлуатаційного стану виробок

1. Оптимізація параметрів буропідричних робіт і підвищення якості буріння шпурів відповідно до паспорта БПР. Зменшенню переборів буде сприяти використання механізованих установок для буріння шпурів (витримування напрямку шпурів), оптимізація паспорта БПР (збільшення кількості оконтурювальних шпурів при зменшенні величини їх зарядів).

2. Для поліпшення стану виробки протягом розрахункового період має бути підвищено якість виконання робіт з виймання породи і зведення постійного кріплення.

3. Для підвищення якості кріплення необхідно забезпечити прохідницьку бригаду своєчасними безперебійним постачанням обладнання та кріпильних матеріалів згідно з паспортом, забезпечити високопродуктивним буровим обладнанням для зменшення трудомісткості робіт з буріння шпурів, а в подальшому і встановлення анкерів.

4. Своєчасне встановлення необхідної кількості хомутів і забутування пустот між аркою кріплення і породним оголенням, для того щоб кріплення одразу після зведення набирало розрахункової несучою здатністю і створювало опір породам, тим самим запобігаючи розшаруванню і утворенню зони непружних пластичних деформацій. Альтернативою забутуванню може бути розклинювання рами кріплення в декількох точках по периметру склепінчастої частини. Достатній ефект дає розклинювання в 4-5 точках склепінчастої частини рами. Обов'язковим є розклинювання в районі замків піддатливості кріплення.

5. Встановлення необхідної кількості міжрамних стяжок, що забезпечить вертикальність рам і дозволить створити просторову жорсткість комплексу рамного кріплення, що важливо в зоні впливу опорного тиску при підході лави.

6. Перед початком впливу опорного тиску на ділянку виробки для підвищення несучої здатності кріплення необхідна підтяжка хомутів на замках піддатливості, встановлення упорних хомутів на верхняки, в торці профілю стійки.

7. Обов'язковою умовою збереження працездатності кріплення на сполученні з лавою є встановлення підсилюючого кріплення (ремонтин, металевих стійок піддатливості, гідростійок) перед проходженням лави.

8. Підвищенню несучої здатності кріплення в умовах підвищеного гірського тиску в зоні впливу лави сприяє встановлення упорних хомутів на верхняки, в торці профілю стійки.

9. Застосування анкерного кріплення в даних гірничо-геологічних умовах істотно підвищить несучу здатність навколишнього породного масиву, значно зменшить розшарування порід, але при обов'язковому дотриманні технології встановлення анкерів [121, 122].

3.4. Деформаційні процеси в підготовчих виробках ВП «Шахта «Партизанська» в зоні впливу очисних робіт

Метою інструментальних вимірювань, що виконані в підготовчих виробках лав шахти «Партизанська», є встановлення закономірностей деформування геомеханічної системи «підготовча виробка-лава» для обґрунтування раціональних параметрів безціликового відпрацювання вугільних пластів.

З огляду на особливості відпрацювання пластів вугілля на даній шахті, якість виконання робіт з кріплення та підтримці виробок, можливостей проведення інструментальних вимірювань, в якості параметрів для вимірювання і аналізу були прийняті вертикальні та горизонтальні зміщення елементів кріплення, а також зміна поперечного перерізу виробки в світлі.

Комплекс інструментальних вимірювань проводився в період з 2013 по 2016 рр. у виробках: пром. штрек 204 західної лави пласта h_{10} , пром. штрек 205 західної лави пласта h_{10} , пром. штрек 206 західної лави пласта h_{10} (на першому етапі – тільки візуальне обстеження на 100 м пройденій ділянці виробки).

Відомості про умови відпрацювання лав і параметрах цих виробок наведені в табл. 3.7 і 3.8.

3.4.1. Результати інструментальних досліджень стану пром. штреку 204-ї західної лави пласта h_{10}

Поперечний переріз пром. штреку і його сполучення з 204 західною лавою пласта h_{10} показано на рис. 3.24.

Результати візуального обстеження цієї виробки під час роботи 205 західної лави наведено в п. 3.2.2.

Результати вимірювань параметрів виробки та особливостей деформування наведені в табл. 3.9.

Графічне зображення результатів шахтних вимірювань деформацій кріплення представлено на рис. 3.25 і 3.26.

Результати виконаних досліджень показують, що при наближенні очисного вибою переріз виїмкового штреку зменшується за ступеневою залежністю виду:

$$S_{cv} = 0,05L^2 + 0,0123L + 4,35, \quad (3.3)$$

де L – відстань від вимірювальної точки до лінії очисного вибою, м.

Таблиця 3.7

Гірничотехнічні умови роботи очисних вибоїв ВП «Шахта «Партизанська»

Найменування вибою	Механізація очисного вибою	Довжина лави, м	Потужність планшта, м	Кут падіння планшта, град.	Спосіб охорони конв. штреку	Спосіб охорони венг. штреку	Потужність порід покрівлі (безпосеред./основн.)	Коеф. міцності порід покрівлі	Тріщ. порід покрівлі (відст. між тріщ.)	Швидкість посув. лави, м/міс	Крок обвал. порід первин./стал., м		Глиб. розробки від земн. поверхні, м	Об. вага порід покрівлі, т/м ³
											Безпосеред. покр.	Основ. покр.		
203 західна лава пл. h ₁₀	ЗМКД-90, 1ГШ-68	150	1,55	8 – 9	Цілик 6 – 7	Цілик 6 – 7	б. – 5,75 ос. – 20,4	б. – 4 – 6 ос. – 7 – 9	0,1	20	10 – 12 3 – 5	35 – 75 45 – 50	1083	2,76
204 західна лава пл. h ₁₀	ЗМКД-90, 1ГШ-68	250	1,55	6 – 8	Цілик 6 – 7	Цілик 6 – 7	б. – 5,75 ос. – 20,4	б. – 4 – 6 ос. – 7 – 9	0,1	25	10 – 12 3 – 5	35 – 75 45 – 50	1129	2,76
205 західна лава пл. h ₁₀	ЗКД-90, РКУ10 СП329	300	1,55	5 – 7	Цілик 5	Цілик 5	б. – 7,0 ос. – 20,45	б. – 6 – 7 ос. – 7 – 9	0,1	35	10 – 12 3 – 5	35 – 75 45 – 50	1163	2,76
206 західна лава пл. h ₁₀	2КД-90, КШКГУ, СП250	145	1,42	6 – 7	Безціл. Дер. кост.	Безціл. Бут. смуг.	б. – 3,7 ос. – 20,4	б. – 4 – 6 ос. – 7 – 9	0,1	34	10 – 12 3 – 5	35 – 75 45 – 50	1145	2,81
207 західна лава пл. h ₁₀	ЗКД-90, РКУ10 СП329	300	1,55	5	Безціл. Дер. кост.	Безціл. Дер. кост.	б. – 7,0 ос. – 20,45	б. – 6 – 7 ос. – 7 – 9	0,1	–	10 – 12 3 – 5	35 – 75 45 – 50	1200	2,76

Таблиця 3.8

Відомості про підготовчі виробки ВП «Шахта «Партизанська» (пласт h_{10})

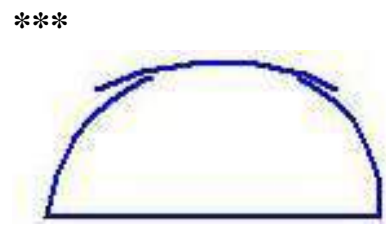
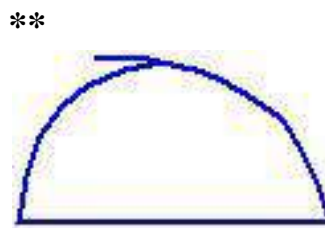
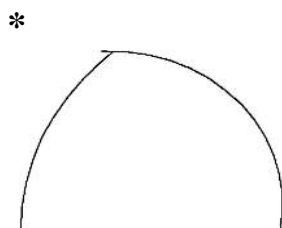
Найменування виробки	Глибина розташування, м	Період спорудження, рік	Спосіб охорони, розмір, м	Кріплення виробки	Переріз, m^2	Потужність пласта, м	Породи, що вміщують	Міцність порід, що вміщують, за шкалою проф. М.М. Прото-дьяконова
Пром. штрек 203 західної лави пласта h_{10}	1106	2004 – 2006	Цілик, 6 – 7	КМП-А3	10,4	1,55	Б. покр. – сл. піщ-гл. О. покр. – сл. піщ. Б. підш. – сл. піщ.	4 – 6 7 – 9 6 – 7
Пром. штрек 204 західної лави пласта h_{10}	1143	2008 – 2010	Цілик 5	КМП-А3	10,4	1,55	Б. покр. – сл. піщ-гл. О. покр. – сл. піщ. Б. підш. – сл. піщ.	4 – 6 7 – 9 6 – 7
Пром. штрек 205 західної лави пласта h_{10}	1183	2010 – дотепер	Цілик 5	КМП-А3	13,4	1,55	Б. покр. – сл. піщ-гл. О. покр. – сл. піщ. Б. підш. – сл. піщ.	6 – 7 7 – 9 6 – 7
Пром. штрек 206 західної лави пласта h_{10}	1172	2010 – дотепер	«Костри»	КМП-А3 + анкер	13,4	1,4	Б. покр. – сл. піщ-гл. О. покр. – сл. піщ. Б. підш. – сл. піщ.	4 – 6 7 – 9 6 – 7

Таблиця 3.9

Результати інструментальних вимірювань деформацій кріплення
пром. штреку 204-ї західної лави пласта h_{10}

Пікети +м	Ширина B , м	Висота H , м	Переріз S , м ²	Замок лі- вий Z_l , м	Замок пра- вий Z_n , м	Додаткові відомості
ПК1	2,60	3,93	9,18	0,54	0,53	
ПК2	2,70	3,80	9,24	0,62	0,45	
ПК3	2,51	3,60	8,10	0,96	0,45	
ПК4	2,24	3,67	7,40	0,65	0,39	
ПК4+11	2,26	3,71	7,55	0,54	0,52	Змінюється форма виробки (*)
ПК5	2,03	3,37	6,16	0,43	0,43	Зменшення перерізу
ПК5+8,6	1,58	3,22	4,59	0,39	1,39	
ПК5+18	1,72	3,12	4,83	0,72	1,22	Змінюється форма виробки (**)
ПК6	2,20	3,59	7,09	0,53	0,69	Рами завалені від вибою
ПК7	2,35	3,09	6,52	0,40	0,90	Зменшення перерізу
ПК8	2,01	3,19	5,77	1,53	0,60	Змінюється форма виробки (***)
ПК8 – ПК9						Обвалення порід
ПК9	2,06	3,32	6,14	0,55	0,56	Перекріплення через 0,5 м
ПК9+7	2,21	3,69	7,32	0,67	0,65	Задавлено
ПК10	1,67	3,69	5,55	0,80	1,50	Збільшення перерізу
ПК10+5	2,45	3,73	8,24	0,80	0,80	
ПК10+15	1,92	3,12	5,41	1,20	1,00	Зменшення перерізу
ПК11+4	2,34	3,32	7,00	0,74	0,40	
ПК12+16	1,67	2,87	4,32	0,65	0,84	Зменшення перерізу
ПК13	1,95	2,87	5,03	1,05	0,50	
ПК13+10	2,18	3,76	7,39	0,60	1,05	
ПК14						Лінія очисного вибою

Примітки:



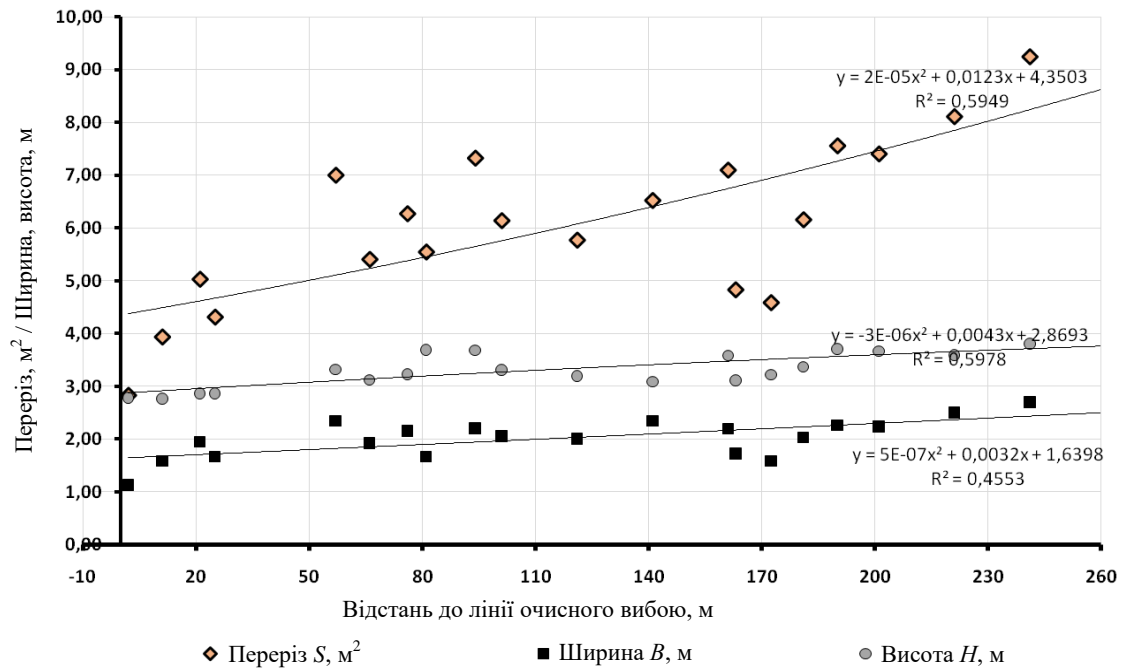


Рис. 3.25. Зміна ширини, висоти і перерізу пром. штреку 204-ї західної лави з підходом лінії очисного вибою

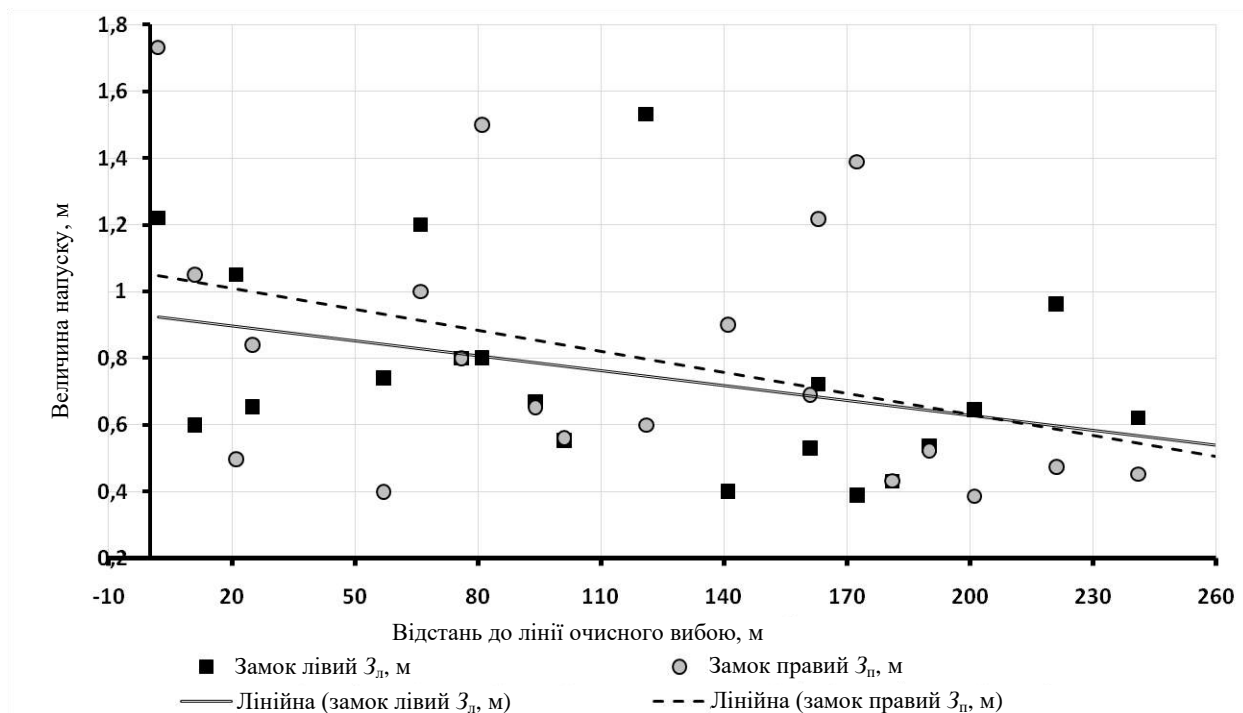


Рис. 3.26. Величина напуску профілів у вузлах піддатливості за довжиною пром. штреку 204-ї західної лави

Основною причиною такого стану справ є те, що прийняті в проекті параметри кріплення і охорони штреку, не відповідають геомеханічним умовам експлуатації виробки. Однак, навіть в цьому випадку, стан виробки міг би бути кращий.

Іншим, не менш важливим фактором слід вважати невідповідність конструкції металевого рамного кріплення паспорту кріплення в частині його комплектації, а також низька якість робіт зі зведення кріплення. Це призводить до розшарування масиву порід, що вміщує виробку, швидкому її навантаженню, надмірного зменшення перерізу через низький опір вузлів піддатливості, великим зміщенням профілів у вузлах піддатливості (див. рис. 3.26), розриву хомутів та профілю стійки, що, в кінцевому рахунку, призводить до необхідності ремонту та перекріпленню виробки.

3.4.2. Результати інструментальних досліджень стану пром. штреку 205-ї західної лави пласта h_{10}

В даній виробці виконаний найбільший обсяг досліджень. І, враховуючи, що визначення параметрів безціликового відпрацювання буде виконуватися для 206 західної лави, яка розташована на цій же позначці пласта h_{10} за глибиною, то отримані результати будуть прийняті за основу при обґрунтуванні наступних рішень.

Комплекс досліджень у виробці виконувався за двома методиками. Перша передбачала вимірювання параметрів перерізу кріплення на замірних пунктах через певні відстані по всій довжині виробки.

За другою методикою виконувалася оцінка змін параметрів перерізу кріплення від впливу очисних робіт з облаштуванням замірних станцій попереду очисного вибою з подальшими вимірами при наближенні лави.

Поперечний переріз пром. штреку і його сполучення з 205 західною лавою пласта h_{10} показано на рис. 3.27.

Для першої серії вимірювань параметри поперечного перерізу виробки визначалися без прив'язки до певного місця, з вимірами ширини і висоти і подальшого розрахунку перерізу у світлі, з урахуванням встановленого поправочний коефіцієнт (див. п. 3.2). Місця встановлення замірних пунктів по довжині виробки показані на рис. 3.28.

На схемі штрихуванням відзначені ділянки перекріплення.

На рис. 3.29 і 3.30 наведені результати виконаних замірів висоти, ширини і перерізу виробки за її довжиною з урахуванням перекріплених ділянок.

Аналіз отриманих результатів показав наступне.

На ділянках виробки без перекріплення середні значення параметрів перерізу складають: ширина $B = 3,73$ м, висота $H = 2,55$ м, переріз в світлі $S_{св} = 7,61$ м².

Середні значення параметрів перерізу виробки на перекріплених ділянках складають: ширина $B^п = 4,33$ м, висота $H^п = 2,83$ м, переріз в світлі $S^п_{св} = 9,83$ м².

Враховуючи істотну різницю в параметрах кріплення (переріз виробки на перекріплених ділянках $S^п_{св}$ на 30 % більше перерізу штреку без перекріплення $S_{св}$) при подальших дослідженнях і оцінках стану виробок, результати, що отримані на ділянках перекріплення в розрахунок не бралися.

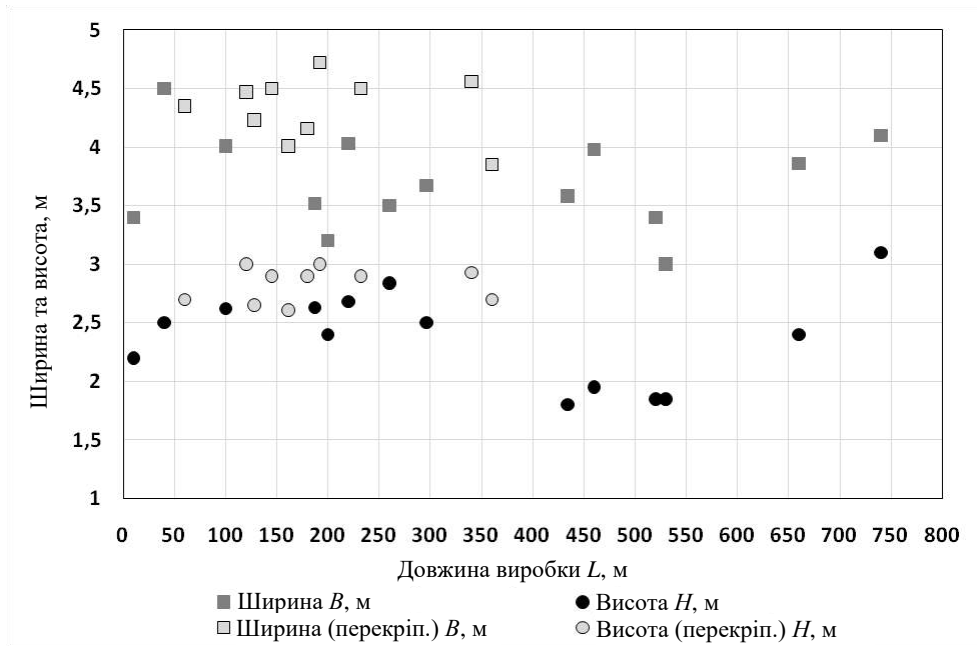


Рис. 3.29. Висота і ширина виробки за її довжиною з урахуванням перекріплених ділянок

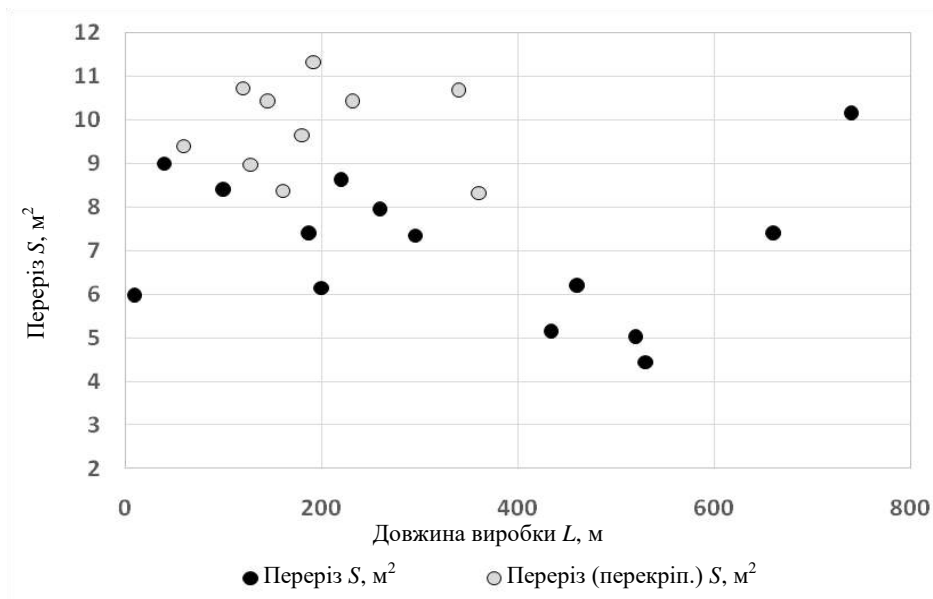


Рис. 3.30. Переріз виробки за її довжиною з урахуванням перекріплених ділянок

Результати виконаних досліджень показують, що при наближенні очисного вибою активізація зміщень покрівлі та боків виробки починається на відстані 70...80 м від лінії очисного вибою. При цьому переріз штреку зменшується нелінійно. Остаточний вигляд цієї залежності буде визначено далі.

Узагальнимо дані за всіма замірними станціями, що встановлені попереду лави та отримані при її підході, а також дані вимірів перерізу виробки за всією її довжиною (рис. 3.33, 3.34).

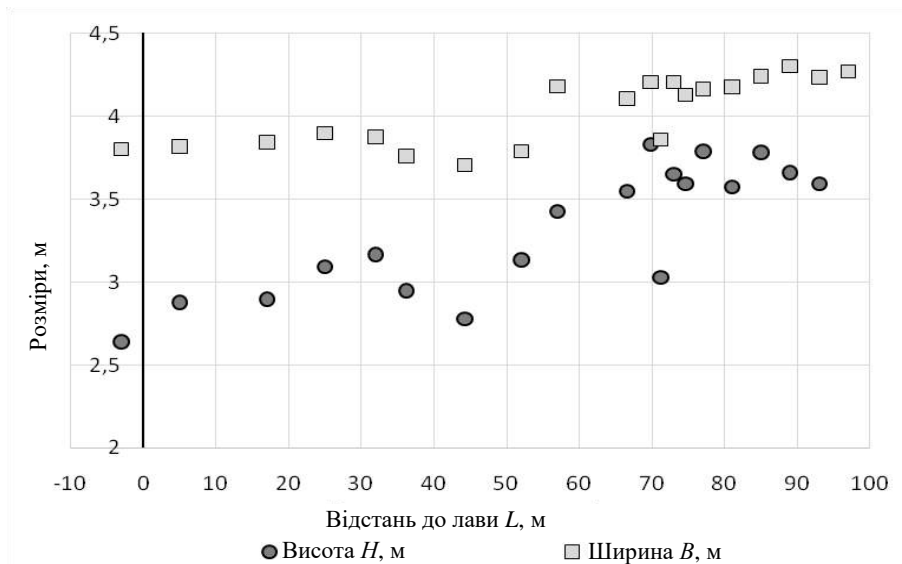


Рис. 3.31. Зміна висоти і ширини виробки при наближенні очисного вибою

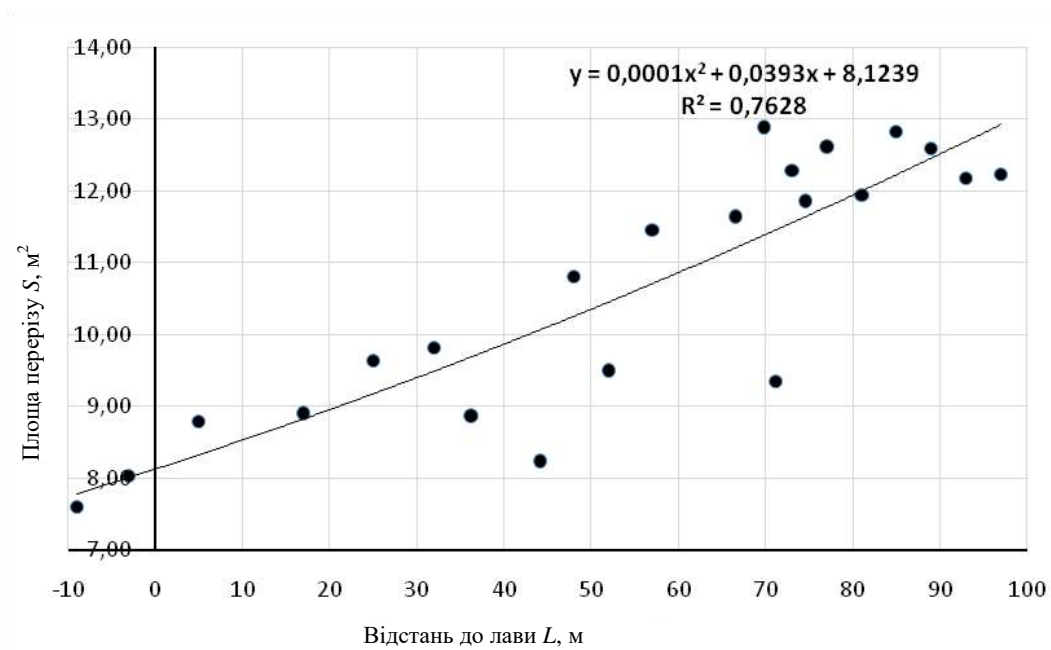


Рис. 3.32. Зміна площі поперечного перерізу виробки при наближенні очисного вибою

Як було показано в роботах І.М. Поповича [123], виконаних для складних умов ВП «Шахта «Комсомольська» ДП «Антрацит», доцільність повторного використання підготовчих виробок визначається необхідним залишковим перерізом виробки, яке, крім застосування раціональних способів кріплення та охорони виробки, можна забезпечити за рахунок проведення ремонтних робіт, що спрямовані на відновлення перерізу виробки (за рахунок, наприклад, перекріплення окремих ділянок або підривки підшви виробки).

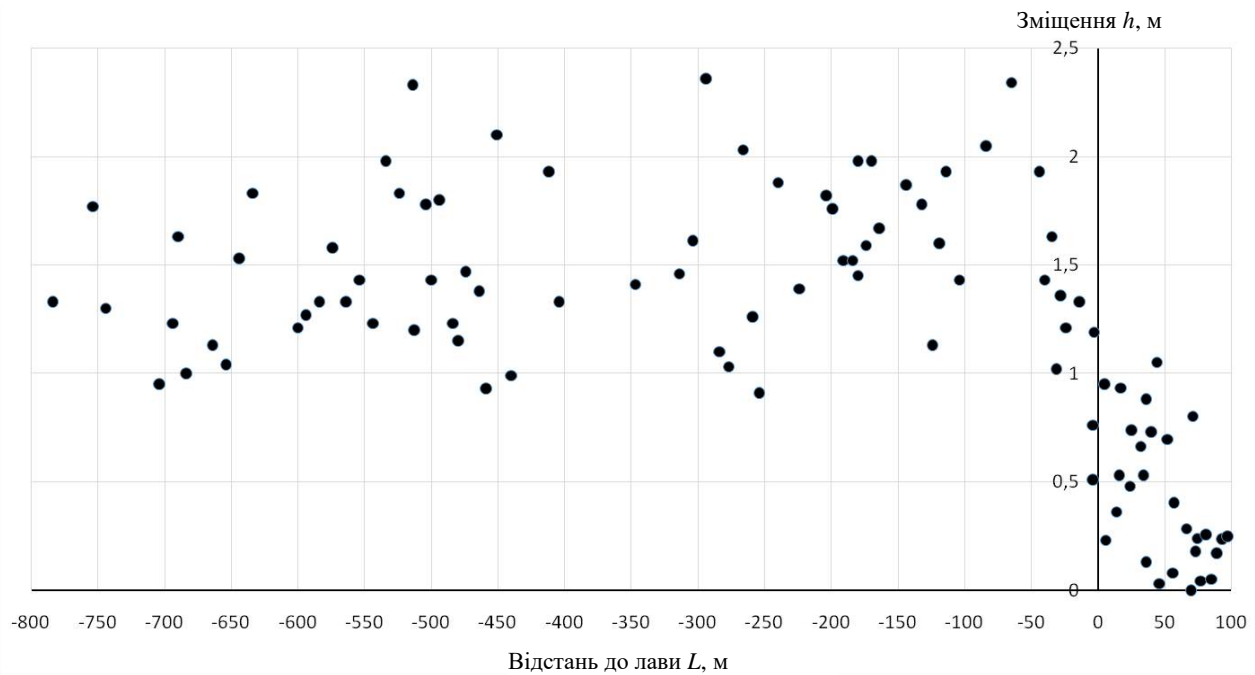


Рис. 3.33. Зміщення покрівлі виробки при наближенні лави

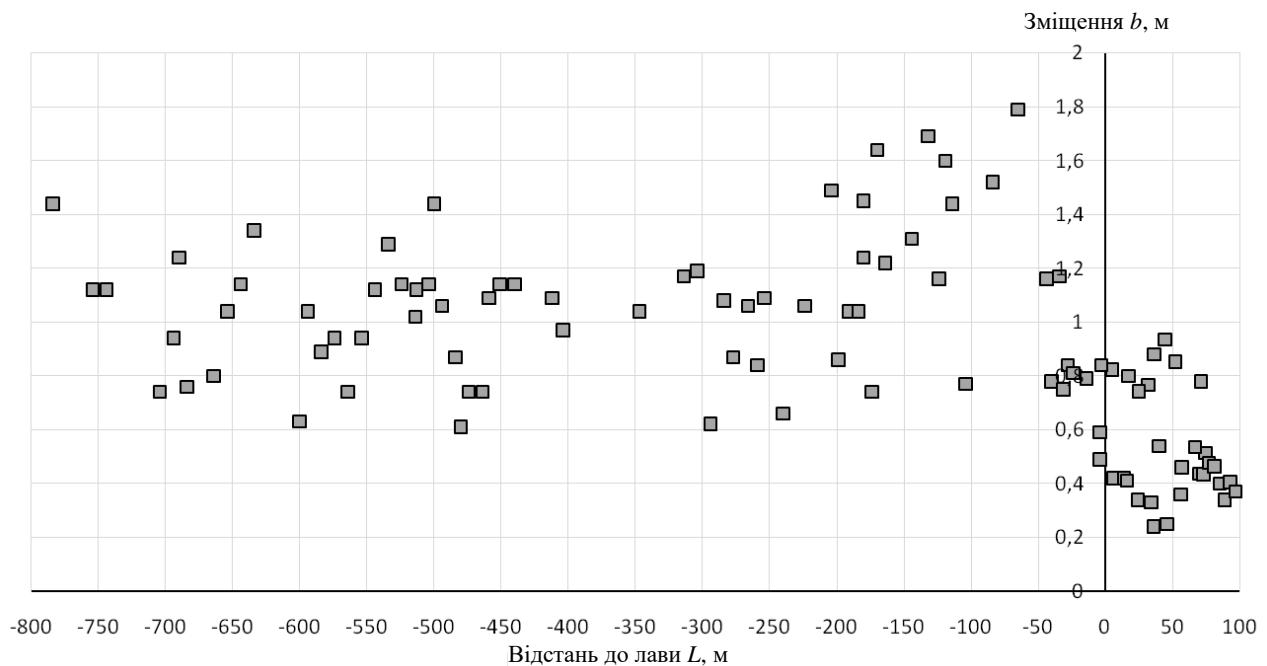


Рис. 3.34. Зміщення боків виробки при наближенні лави

Виконаємо оцінку ступеня зниження площі поперечного перерізу виробки на різних етапах її експлуатації при відпрацюванні виїмкової ділянки (рис. 3.35) для обґрунтування заходів щодо її збереження.

Як було встановлено за результатами виконаних досліджень, активізація зміщень порід, деформація кріплення і зменшення площі поперечного перерізу виробки починається за 80 м до підходу очисного вибою. Таким чином, засоби

підсилення кріплення і зміцнення масиву доцільно включати в роботу не ближче вказаної відстані [124-126].

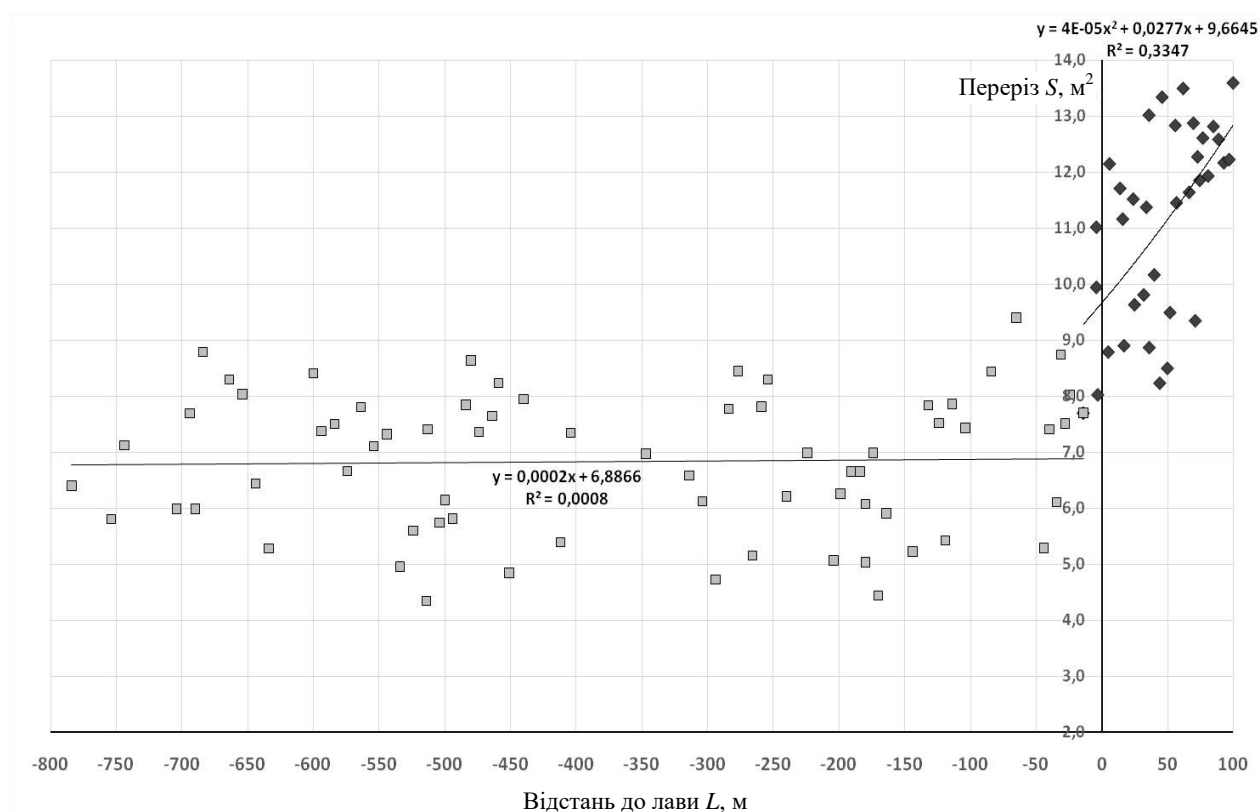


Рис. 3.35. Зміна площі поперечного перерізу виробки при наближенні очисного вибою

Протягом цієї ділянки виробки і до сполучення його з лінією очисного вибою, переріз виїмкового штреку зменшується за ступеневою залежністю виду:

$$S_{cv} = 0,0005L^2 + 0,028L + 9,66, \quad (3.4)$$

де L – відстань від вимірювальної точки до лінії очисного вибою, м.

При цьому переріз виробки зменшується від $S_{cv} = 13,6$ до $S_{cv} = 7,1$ м², що на сполученні з лавою становить 52,2 % від початкового перерізу.

За лавою, протягом майже 800 м, переріз виробки практично не зменшується (всього на 0,5 м²). Проте, залишковий переріз пром. штреку після проходження першої лави є недостатнім, оскільки, як було показано вище, вплив другої лави призведе до зменшення цього перерізу ще на 50 %.

Необхідно також врахувати, що втрата перерізу виїмкової виробки в зоні впливу першої лави відбувається нерівномірно. Аналіз результатів замірів висоти і ширини виробки на цій ділянці показав наступне (рис. 3.36).

В зоні впливу лави, що рухається, ширина виробки зменшується від $B = 4,44$ до $B = 3,66$ м, що становить 83,2 % від початкової ширини. За лавою,

протягом 800 м, ширина виробки зменшується до значення $B = 3,58$ м, тобто ще на 2 %.

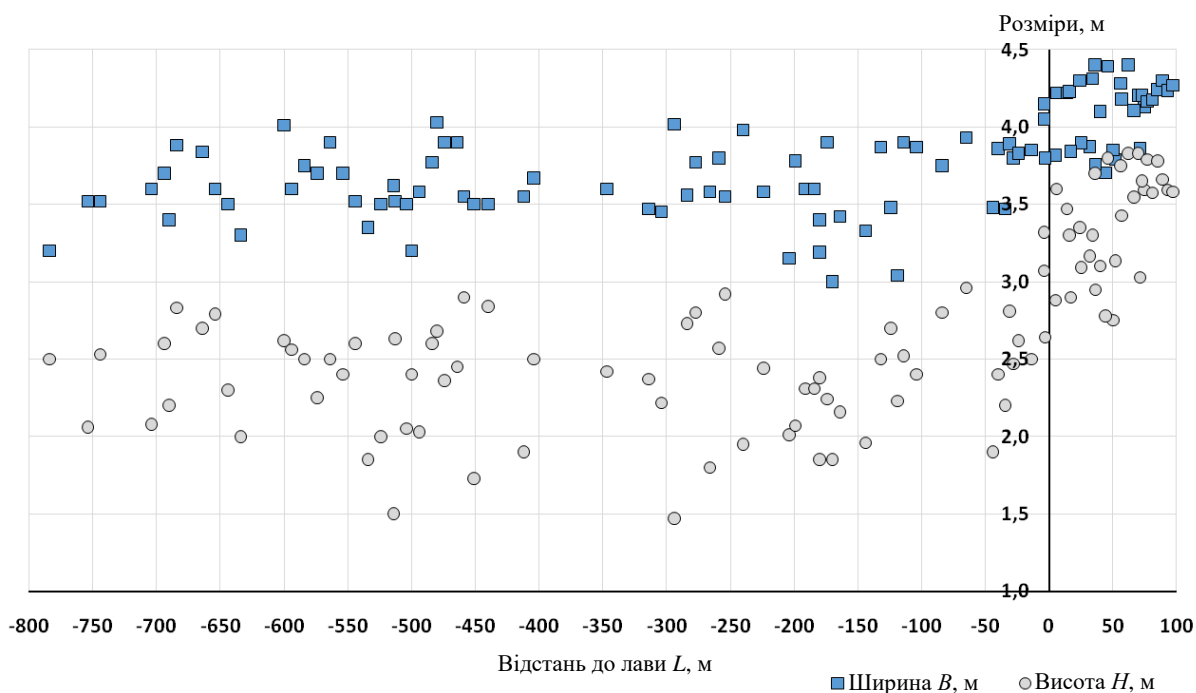


Рис. 3.36. Зміна висоти і ширини виробки при наближенні очисного вибою

Висота виробки до підходу лави зменшується від $H = 3,85$ до $H = 2,4$ м, що становить 62,4 % від початкової висоти. За лавою висота виробки зменшується до значення $H = 2,32$ м – всього на 2 %.

Таким чином, в результаті досліджень, виконаних в підготовчих виробках на різних етапах їх експлуатації встановлено, що при підході першої лави і в зоні впливу другої лави, зміна поперечного перерізу пром. штреку підпорядковується ступеневій залежності. При цьому активізація деформаційних процесів, викликаних веденням очисних робіт, починається на відстані 70...80 м від лінії очисного вибою, а кінцева площа поперечного перерізу становить 50 % від його початкової величини.

Найбільше переріз зменшується за рахунок зміщень покрівлі, що зумовлює вибір конструктивних засобів підвищення стійкості виробки, спрямованих на попередження деформацій порід покрівлі. Очевидно, що виконання всіх заходів щодо підвищення стійкості виробки необхідні на початковому етапі існування виробки – до впливу першого очисного вибою.

Також встановлено, що корисний переріз виробки за рахунок її перекріплення можна збільшити на 30 %.

Отримані в ході шахтних досліджень відомості, результати і закономірності є вихідними даними для чисельного моделювання геомеханічних процесів, що протікають в породному масиві навколо підготовчих виробок, що в подальшому дозволить прогнозувати стійкість системи «виробка-кріплення-масив» на різних стадіях ведення гірничих робіт при різних способах охорони об'єктів.

ГЛАВА 4

ПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПОРОДНОГО МАСИВУ НАВКОЛО ГЕОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ВИЙМАЛЬНА ВИРОБКА-ОХОРОННА КОНСТРУКЦІЯ-ЛАВА»

4.1. Загальні положення

На даному етапі досліджень було поставлено завдання виконати математичне моделювання геомеханічних процесів, які відбуваються в масиві гірських порід при проведенні підготовчих виробок в гірничо-геологічних умовах ВП «Шахта «Партизанська», з метою обґрунтування раціональних рішень з вдосконалення способів їх кріплення та охорони.

Всі технічні рішення обґрунтовуються шляхом аналізу пружно-деформованого стану масиву, що містить суміжні підготовчі та очисні виробки.

Розв'язання таких задач в аналітичній постановці передбачає використання досить простих розрахункових схем. Їх ускладнення з метою врахування впливу очисних робіт, інших технологічних або гірничо-геологічних факторів, наявної області зруйнованих порід навколо очисних або підготовчих виробок, структурних особливостей породного масиву істотно ускладнює розв'язання, використання простих аналітичних залежностей стає неможливим навіть під час розгляду пружного деформування породного середовища.

Більш точне вирішення поставленої задачі можна отримати в тому випадку, якщо розрахункова схема або метод дозволяють одразу врахувати чинники, що досліджуються. На сучасному етапі розвитку методів дослідження, широкі можливості відкривають чисельні методи рішення, запозичені з механіки твердого тіла, що деформується. Найбільш ефективні з них – метод скінченних елементів (МСЕ) і метод граничних елементів (МГЕ). Дещо складніший у порівнянні із вищезазначеними, метод дискретних елементів (МДЕ), який на разі активно розвивається, застосовують для вирішення завдань, пов'язаних з вивченням процесів руйнування гірських порід і масивів.

Ці методи являють собою потужні обчислювальні засоби, які отримали в останні роки особливу цінність з розвитком комп'ютерної техніки і програмного забезпечення. Вони досить гнучкі щодо розв'язання великого розмаїття задач для багатозв'язних областей з різними типами неоднорідностей. Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки в залежності від конкретних умов даної моделі і поставлених цілей.

Для вирішення різних завдань в області геотехніки і геомеханіки, частіше використовується метод скінченних елементів, який має більш широкі можливості для моделювання різних неоднорідностей середовища і нелінійності фізичних співвідношень. З огляду на це МСЕ вигідно відрізняється можливістю отримання рішень в нелінійній постановці, тобто в припущенні, що навколишнє середовище деформується непружно, дозволяє пластичні деформації або крихке руйнування і це робить його зручним і потужним засобом розв'язання різних нелінійних задач.

Апроксимація об'єкта дослідження на певну кількість елементів, прийнята в МСЕ, має добре виражену фізичну природу, що робить зручним наведення результатів розрахунків. МСЕ притаманні легкість розрахунку пружного стану тіл з кількох матеріалів з нерегулярними межами, простота врахування різних граничних умов.

Апарат МСЕ можна застосувати не тільки до вирішення плоских задач, просторова область масиву також може бути апроксимована об'ємними скінченними елементами.

Таким чином, з огляду на переваги МСЕ при розв'язанні нелінійних задач, хорошу розробленість його математичного апарату, зручність при його алгоритмізації для ЕОМ, широке поширення при розв'язанні задач геомеханіки, він прийнятий в даній роботі в якості чисельного методу досліджень.

Основні положення методу скінченних елементів сформульовані в роботах Розіна Л.О. [127, 128], Зенкевича О. [129, 130], Норрі Д. і де Фріза Ж. [131] та ін. Щодо завдань геомеханіки положення методу розроблені Фадєєвим О.Б. [132], Амосіним Б.З. [133, 134], Єржановим Ж.С. і Карімбаєвим Т.Д. [135]. Використання методу для вирішення ряду практичних завдань показано в роботах [136-140] і ін.

На кафедрі будівництва, геотехніки і геомеханіки Національного гірничого університету вже близько 20 років при вирішенні дослідницьких і виробничих завдань як в області геомеханіки, так і в геотехніці, використовується чисельне моделювання процесів, що відбуваються в масивах гірських порід і ґрунтів, що дозволило розробити ряд оригінальних методологічних підходів, відпрацювати деякі методичні та програмні модулі та, на цій основі, отримати необхідні результати з достатньою для інженерних обґрунтувань точністю. Результати розв'язання деяких подібних геомеханічних задач викладені в роботах (141-146 та ін.)

4.2. Алгоритм визначення пружно-деформованого стану породного масиву методом скінченних елементів

Математичну основу методу складають варіаційні принципи, запозичені з будівельної механіки.

Послідовність вирішення геомеханічних завдань з використанням чисельного методу скінченних елементів містить наступні етапи. З нескінченного масиву виділяється певна область породного масиву, який, наприклад, містить гірничу виробку (рис. 4.1, а). Вся область розділяється на підобласті (скінченні елементи), розміри яких підбирають настільки малими, щоб вважати середу всередині кожного з них однорідною і ізотропною (рис. 4.1, б).

В такому випадку властивості середовища в кожному елементі описуються сталими характеристиками: E , μ , γ . Вони взаємодіють один з одним у вузлах через вузлові сили і вузлові переміщення. У такому вигляді досліджувана область подібна стрижневій системі.

Дія відкинутої частини масиву замінюється зусиллями, прикладеними на межі області:

$$\sigma_y = -\gamma H; \quad \sigma_x = -\lambda \gamma H.$$

де σ_y і σ_x – напруження, які виникають в стрижнях за осями y та x , МПа;

γ – об’ємна вага гірських порід, т/м³;

H – глибина розташування досліджуваної ділянки середи, м.

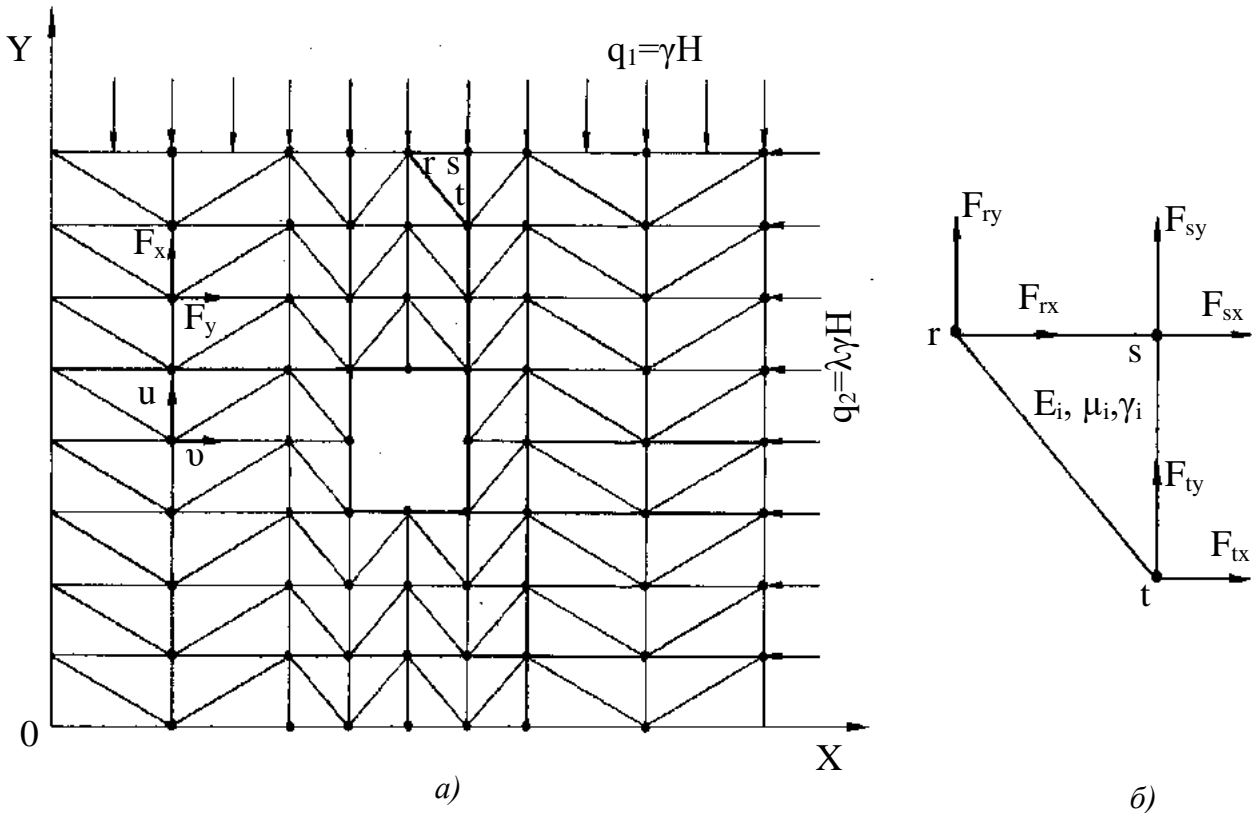


Рис. 4.1. Скінченно-елементна апроксимація області, що досліджується (а) і її довільний i -й елемент (б)

Прикладаючи до будь-якого вузла зусилля або переміщення, в кожному з вузлів та у всій системі в цілому спостерігається зміна їх величин. Компоненти вектору переміщень довільної внутрішньої точки пов'язують з компонентами вектору переміщень вузлів.

З безлічі векторів $\{F\}_e$ і $\{\delta\}_e$ формується узагальнений вектор зусиль $\{F\}$ і вектор переміщень вузлів $\{U\}$, які пов'язані між собою рівнянням:

$$\{F\} = K \{U\}.$$

Тут K – узагальнена матриця жорсткості системи, елементами якої є матриці жорсткості кожного кінцевого елемента:

$$K = \begin{bmatrix} \sum_{e=1}^m k_{1,1}^{(e)} & \sum_{e=1}^m k_{1,2}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{1,j}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{1,2n}^{(e)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{e=1}^m k_{i,1}^{(e)} & \sum_{e=1}^m k_{i,2}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{i,j}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{i,2n}^{(e)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{e=1}^m k_{2n,1}^{(e)} & \sum_{e=1}^m k_{2n,2}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{2n,j}^{(e)} & \dots & \sum_{e=1}^m k_{2n,2n}^{(e)} \end{bmatrix}$$

Принцип її побудови детально наводиться в [132, 133].

Це рівняння, записане в матричній формі, є системою лінійних рівнянь:

$$U_1 K_{11} + V_1 K_{12} + U_2 K_{13} + V_2 K_{14} + \dots + U_{2n} K_{1,2n-1} + V_{2n} K_{1,2n} = F_{x1}$$

$$U_1 K_{21} + V_1 K_{22} + U_2 K_{23} + V_2 K_{24} + \dots + U_{2n} K_{2,2n-1} + V_{2n} K_{2,2n} = F_{y1}$$

.....

.....

$$U_1 K_{2n-1,1} + V_1 K_{2n-1,2} + U_2 K_{2n-1,3} + V_2 K_{2n-1,4} + \dots + U_{2n} K_{2n-1,2n-1} + V_{2n} K_{2n-1,2n} = F_{xn}$$

$$U_1 K_{2n,1} + V_1 K_{2n,2} + U_2 K_{2n,3} + V_2 K_{2n,4} + \dots + U_{2n} K_{2n,2n-1} + V_{2n} K_{2n,2n} = F_{yn}$$

Визначивши в результаті рішення для кожного вузла компоненти вектору переміщень, через координатну матрицю переходять до деформацій в центрі ваги кінцевого елемента $\{\mathcal{E}\}$, а від деформацій через матрицю параметрів пружності до напружень $\{\sigma\}$. Таким чином, в центрі кожного скінченного елемента отримуються значення повного тензора напружень, деформацій, переміщень.

Невідомими тут є переміщення вузлів скінченноелементної сітки $\{U\}$. Коефіцієнти при невідомих – елементи матриці жорсткості, які містять координати вузлів і параметри пружності (модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона). Якщо область розбита на m елементів, які поєднані між собою в n вузлах, то отримаємо систему $2n$ рівнянь відносно $2n$ невідомих переміщень.

Отриману систему можна вирішити одним з відомих методів (Гауса, Зейделя та ін.).

Алгоритм розрахунку методу скінченних елементів показаний на рис. 4.2.

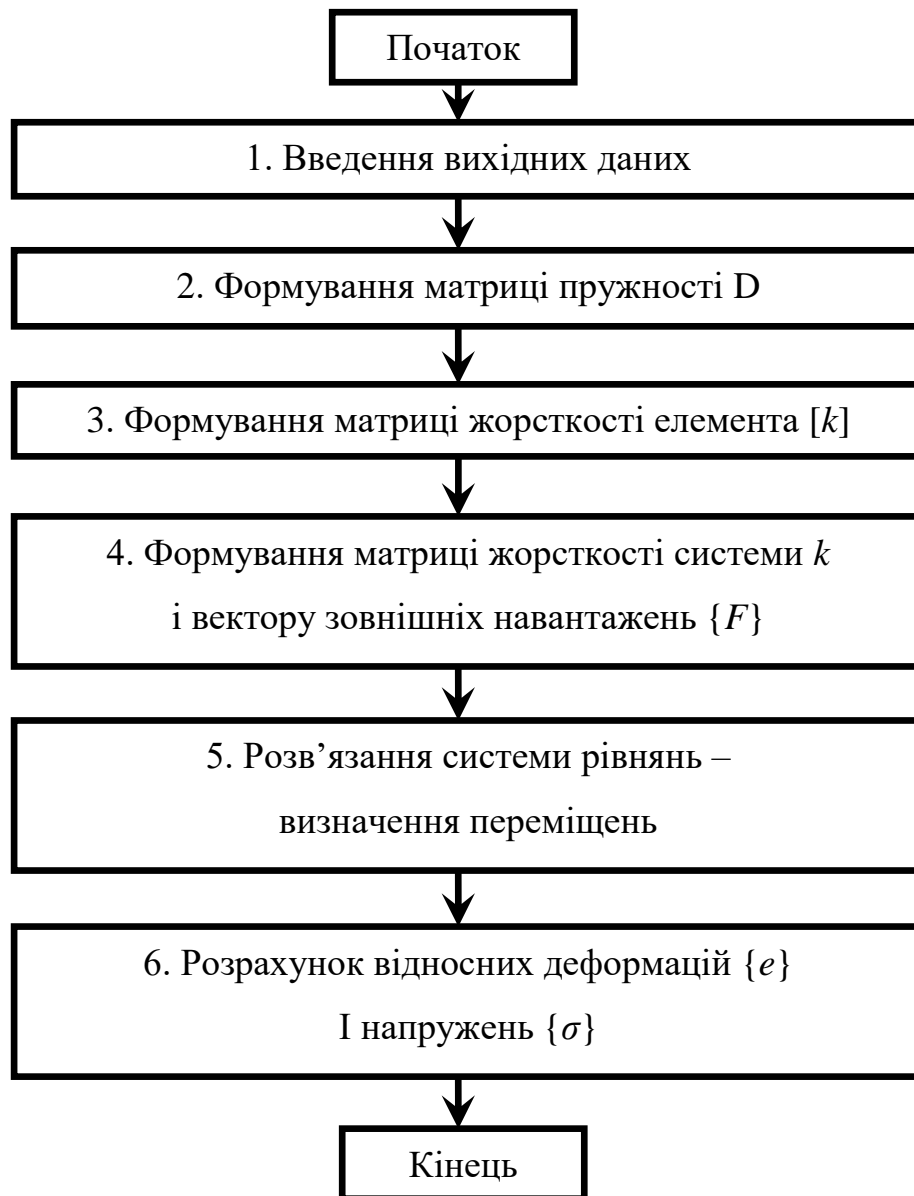


Рис. 4.2. Блок-схема програми, що реалізує метод скінченних елементів [132]

Вихідна інформація, яка використовується при моделюванні, складається з наступних параметрів: кількість скінченних елементів і координати вузлів системи; кількість типів елементів з різними фізико-механічними властивостями; значення фізико-механічних властивостей для кожної групи скінченних елементів, значення напружень і переміщень, які характеризують граничні умови.

Стосовно задач визначення пружно-деформованого стану породного масиву навколо підземних виробок задаються глибина закладення ділянки, розміри перерізу виробки, структура породного масиву (стратиграфічна колонка),

показники тріщинуватості і інших геологічних порушень, що впливають на міцність і деформаційні властивості порід.

Для реалізації методу скінченних елементів в роботі використовувалась ліцензійна програма «Phase-2» канадської компанії «Rockscience». Програма отримана науковими співробітниками Національного гірничого університету за програмою фінансування гранту Науково-освітнього центру, створеного за підтримки Фонду цивільних досліджень та розвитку (CRDF, США).

Для вирішення поставленого завдання вдосконалення способу кріплення і підтримки дільничних виробок з застосуванням анкерних систем і охорони виробок в зоні сполучення з лавою, моделювання геомеханічних процесів в навколо виробки виконувалось двома етапами:

- моделювання поведінки масиву за існуючим способом кріплення і охорони виробок з метою калібрування деформаційної моделі і виявлення особливостей деформування порід, характерних для даних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов;

- моделювання поведінки масиву за альтернативним способом кріплення і охорони виробок для умов, де планується їх проведення.

Таким чином, перший етап чисельного моделювання був спрямований на адаптацію розрахункового алгоритму і відображення в ньому реальних властивостей порід у відомих геомеханічних умовах. На другому етапі на підставі результатів моделювання з використанням адаптованої моделі середовища виконувався прогноз поведінки масиву для нових умов.

4.3. Вихідні дані до розрахунків для гірничо-геологічних умов 205-ї західної лави пласту h_{10} ВП «Шахта «Партизанська»

Основним об'єктом досліджень, як під час проведення комплексних шахтних досліджень (див. Розділ 3), так і на першому етапі чисельного моделювання, була обрана 205-а західна лава пласта h_{10} ВП «Шахта «Партизанська».

На момент проведення шахтних досліджень 205-й пром. штрек випереджав вибій лави приблизно на 200 м. При цьому навколо підготовчої виробки до підходу 205 західної лави формувалась зона зруйнованих порід значних розмірів. Цей етап експлуатації виробки також має бути врахований при моделюванні. Початкове поле напружень, створене вагою вищерозташованих порід для заданої глибини:

$$\sigma_y = \gamma H = 29,8 \text{ МПа} ,$$

де $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$ – середня об'ємна вага порід, що вміщують виробку;
 H – глибина розташування виробки, що дорівнює 1193 м.

Граничні умови задаються для переміщень – всі межі моделі жорстко закріплені. Контур виробок вільний від напружень.

Фізико-механічні властивості вугілля та гірських порід, що вміщують гірничу виробку наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Фізико-механічні характеристики вугілля і порід

№	Характеристика	Вугілля	Сланець піщаний	Сланець піщано-глинистий, тріщинуватий
1	Модуль пружності (Юнга), МПа	4440	6570	2580
2	Коефіцієнт Пуассона	0,26	0,21	0,21
3	Межа міцності на стискання, МПа	20	80	50

4.4. Моделювання геомеханічних процесів за традиційним способом кріплення і охорони виробки

Як було зазначено раніше, при моделюванні розглянутої ділянки породного масиву використовувалася ліцензійна обчислювальна програма «Phase-2», що реалізує МСЕ і дозволяє імітувати стадійне утворення виробок в непружному середовищі шляхом зміни граничних умов, враховуючи на кожній наступній стадії в якості початкових деформації, які реалізовані на попередній стадії формування ПДС.

Моделювалося кілька стадій для визначення ПДС (рис. 4.3):

- стадія 1 – моделювання недоторканого породного масиву згідно даних геологічної служби шахти (переріз А-А);
- стадія 2 – імітація проведення пром. штреку 205-ї західної лави пласту h_{10} , шляхом «зняття» напружень на заданому контурі виробки (переріз Б-Б);
- стадія 3 – імітація проведення конвеєрного штреку, шляхом зміни граничних умов («зняття» напружень) на заданому контурі конвеєрного штреку (переріз В-В);
- стадія 4 – імітація підходу лави – поетапна імітація виймальних робіт, шляхом зняття навантаження у вікні лави (Г-Г);
- стадія 5 – повне виймання вугілля в лаві (Д-Д).

На рис. 4.4-4.5 наведені розрахункові схеми до розв’язання плоскої задачі про пружно-деформований стан породного масиву, в якому послідовно утворюються очисні і підготовчі виробки виймальної ділянки.

Після формування ділянки масиву розташуванням порід, що відповідають реальній стратиграфічній колонці, моделювалася одиночна виробка (пром. штрек 205-ї західної лави пласту h_{10}).

Надалі з урахуванням сформованого поля напружень і реалізованих пластичних деформацій шляхом зміни граничних умов імітувалось утворення наступної виробки (конвеєрного штреку) з залишенням охоронного вугільного цілику шириною 5 метрів.

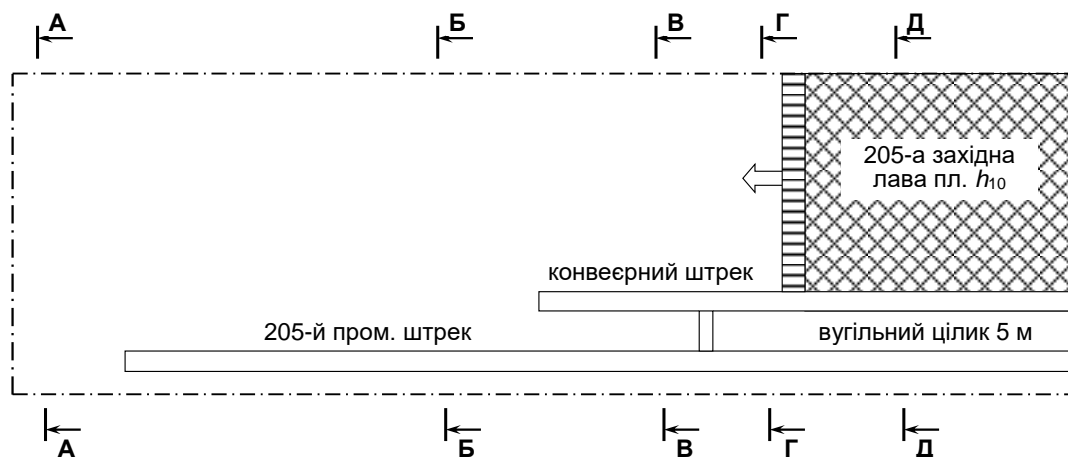


Рис. 4.3. Схема розташування очисної і підготовчих виробок 205-ї західної лави і перерізи за довжиною виймальної ділянки

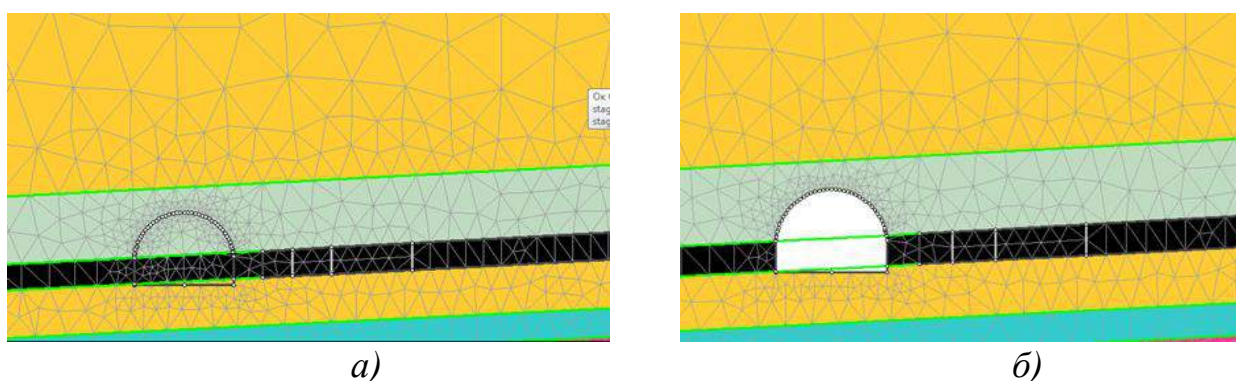


Рис. 4.4. Розрахункова схема для стадій: *a* – моделювання недоторканого породного масиву відповідно до даних геологічної служби шахти (1);
б – імітація проведення пром. штреку 205-ї західної лави пласту h_{10} (2)

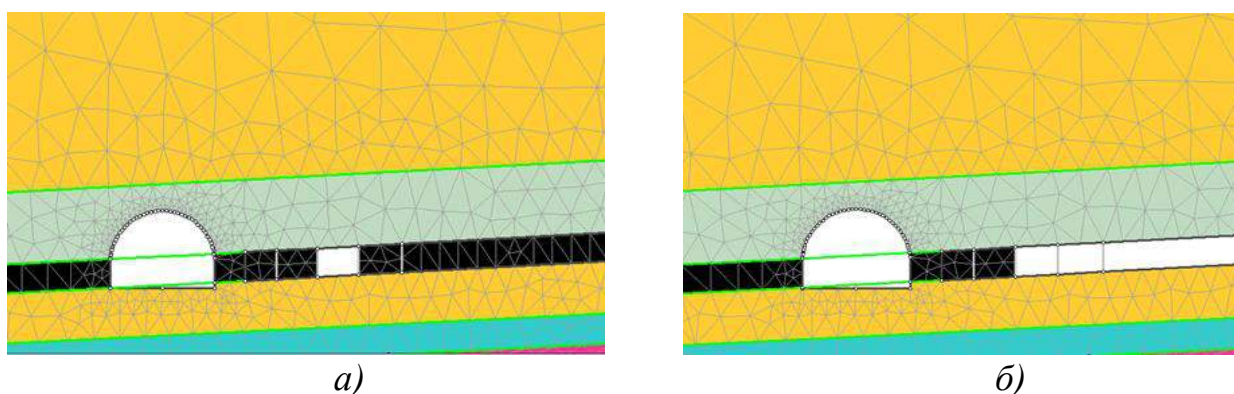


Рис. 4.5. Розрахункова схема для стадій: *a* – проведення конвеєрного штреку і вплив хвилі гірського тиску на ділянку виробки, що досліджується (3);
б – імітація підходу лави (штрек у вікні лави) (4)

Таким чином, моделювалось проведення виробки в зоні розвантаження, що має місце в реальній ситуації. На стадії 4 для врахування впливу опорного тиску попереду рухомого вибою лави вводиться так званий коефіцієнт довантаження $K_{де} = 1,3$, величина якого обґрунтована на підставі досліджень 3D моделі шахтного поля [133]. За допомогою коефіцієнта довантаження змінюються

умови на вертикальній межі області – реальна глибина розташування пром. штреку і конвеєрного штреку збільшується:

$$H_p = K_{де} \cdot H = 1193 \cdot 1,3 = 1551 \text{ м.}$$

Особливістю деформування навколишнього масиву порід на шахті Партизанська є його висока стійкість на етапі проведення виробки (навіть при відсутності підпору рамного кріплення), і швидкий розвиток зони непружних деформацій при підході очисних робіт, що викликає необхідність перекріплення виробки слідом за проходом лави. При цьому, не зважаючи на велику глибину, здимання порід підосви виробок не спостерігається.

Для урахування цієї особливості, при моделюванні поведінки масиву при підході лави, розрахунок виконувався поетапно, а деформаційні параметри порід для кожного етапу змінювалися таким чином, щоб зміщення контуру і переріз виробки відповідали даним натурних вимірювань (рис. 4.6). При цьому змінювалися показники геологічного індексу міцності порід покрівлі GSI з 72 на стадії проведення виробки, до 40 на стадії повного виймання вугілля.

Раніше було зазначено, що метод скінченних елементів дозволяє визначити всі компоненти напружень і переміщень в породному середовищі навколо виробки у будь-якій точці породного масиву. Однак з практичної точки зору зацікавленість викликає визначення області масиву порід, де породи зруйновані (перейшли в непружну стадію деформування). Саме породи, що складають цю зону, створюють навантаження на кріплення виробок. Визначити зазначену область можна на основі різних теорій міцності.

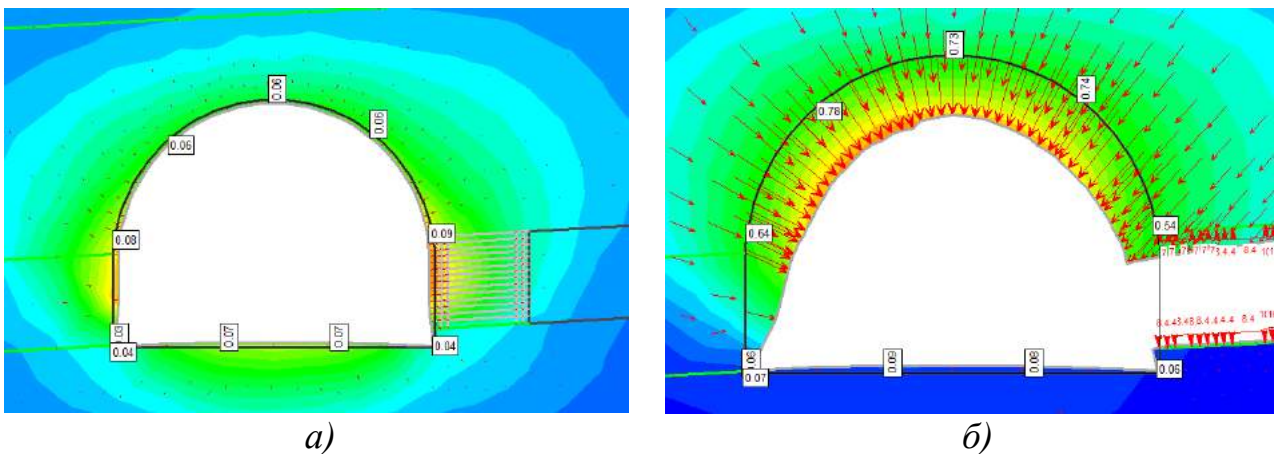


Рис. 4.6. Поведінка масиву при зміні індексу GSI: а – етап проведення виробки; б – етап моделювання виймання вугілля

Найбільш апробованим, добре розвиненим і широко застосовуваним в прикладних програмних пакетах, є критерій міцності Хока-Брауна, який дозволяє оцінити ступінь руйнування породи в даній точці середовища від сукупного впливу нормальних і дотичних напружень, враховуючи при цьому природну і техногенну порушеність порід.

Обчислювальна програма «Phase-2» містить модуль, який реалізує перевірку узагальненого критерію Хока-Брауна, який має вигляд:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a, \quad (4.1)$$

де σ_1 і σ_3 – максимальні і мінімальні напруження у масиві;
 m_b – константа Хока-Брауна для породного масиву;

$$m_b = m_i \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right) \quad (4.2)$$

де GSI (Geological Strenght Index) – параметр, що враховує геологічні особливості породного масиву – структуру и наявність тріщин ($5 \leq GSI \leq 100$);
 D – фактор порушеності породного масиву, який визначається у залежності від умов проходки;
 s, a – сталі величини, які враховують генезис і стан (якість) породного масиву;

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right), \quad (4.3)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right), \quad (4.4)$$

σ_{ci} – межа міцності на одновісьове стиснення масиву порід в інтактному стані.

Для породного масиву в інтактному стані критерій Хока-Брауна зводиться до наступного виразу:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_i \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + 1 \right)^{0.5}. \quad (4.5)$$

Тут константа m_i , на відміну від константи m_b , враховує тільки генезис і текстуру гірських порід ($4 \leq m_i \leq 33$). Більша величина m_i відповідає крихким породам: чим вона менша, тим більш пластична порода, а при $m_i = 0$ має місце ідеальна пластичність.

Критеріальні співвідношення (4.1) перевіряються в кожній точці модельованого масиву і таким чином виявляється зона руйнування, що утворюється в результаті переконцентрації напружень навколо виробок.

При моделюванні способу охорони вугільними ціликами їх ширина приймалася від 3 до 20 м.

Величини зміщення порід, що вміщують виробку, за прийнятою на шахті шириною цілика, яка дорівнює 5 м (рис. 4.7), при моделюванні показали достатню збіжність з даними натурних вимірювань.

Розмір зони руйнованих порід наведено на рис. 4.8.

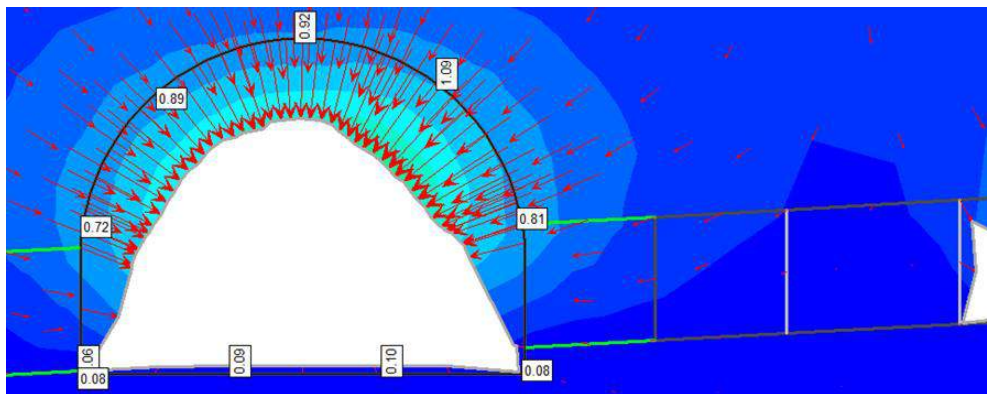


Рис. 4.7. Зміщення контуру виробки при ширині цілика 5 м

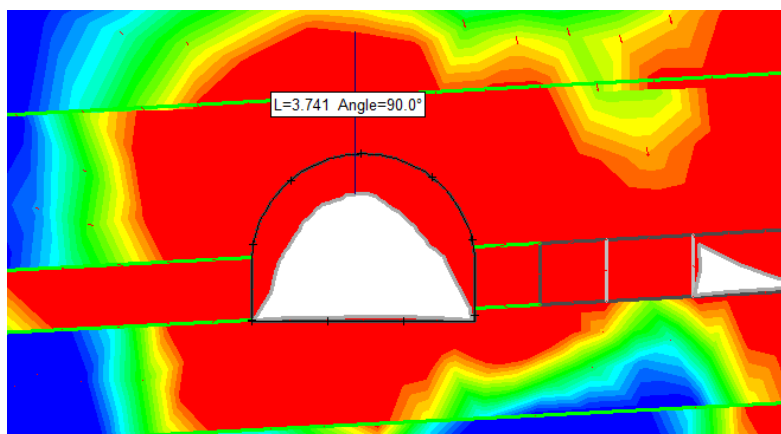


Рис. 4.8. Зона руйнації при охороні ціликом шириною 5 м

Встановлено, що породи покрівлі зруйновані на висоту 3,74 м від контуру виробки. Підтвердженням цьому є вивал в 205-му пром. штреку, що стався 12.12.2013 р в період проведення досліджень. Схема і параметри вивалу наведені на рис. 4.9.

Також встановлено, що мінімальна ширина вугільного цілика як опорного елемента становить 12 м (рис. 4.10). Ці розрахунки підтверджуються також результатами досліджень, виконаних раніше для аналогічних умов шахт Східного Донбасу І.М. Поповичем і Ю.Є. Зюковим.

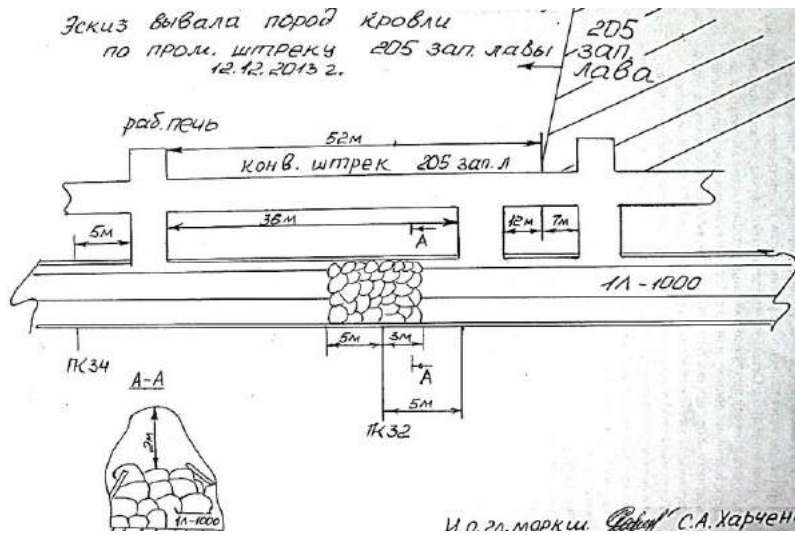


Рис. 4.9. Схема і параметри вивалу у 205-му пром. штреку

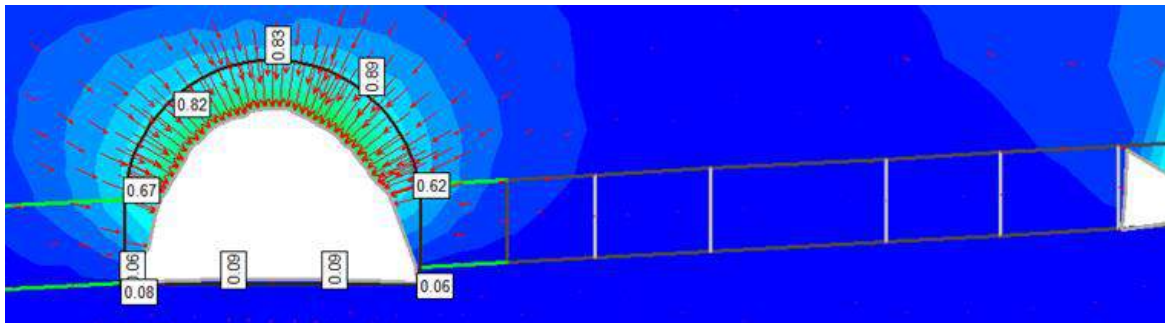


Рис. 4.10 Зміщення контуру при ширині цілика 12 м

За такою шириною цілика в ньому фіксується так зване незруйноване «ядро» (рис. 4.11), ширина якого зростає при збільшенні відстані між виробкою і лавою (рис. 4.12).

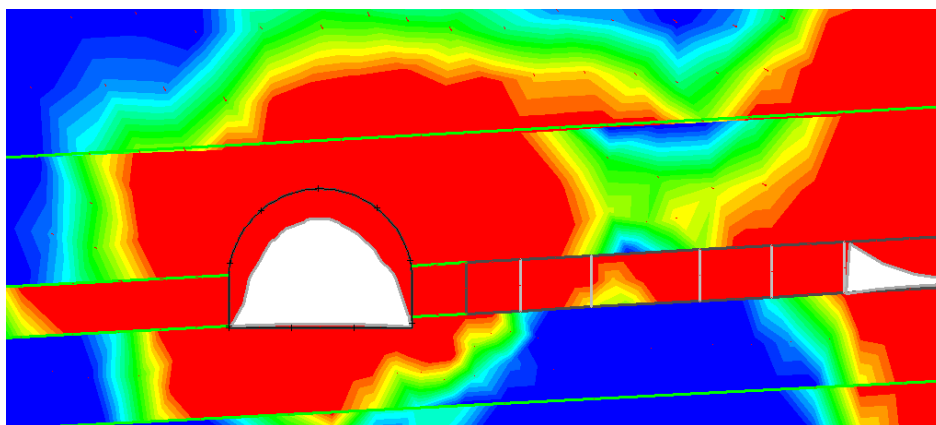


Рис. 4.11 Розмір зони зруйнованих порід при ширині цілику 12 м

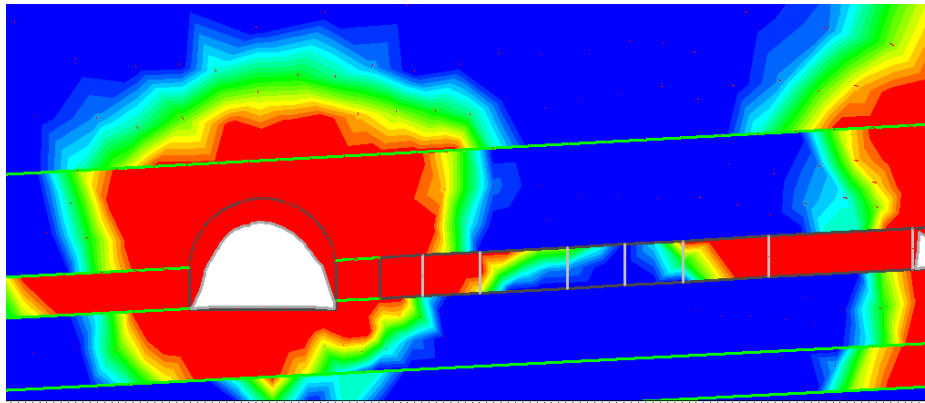


Рис. 4.12. Розмір незруйнованої частини цілику при його ширині 20 м

Зміни зміщень порід при різній ширині цілику показані на рис. 4.13.

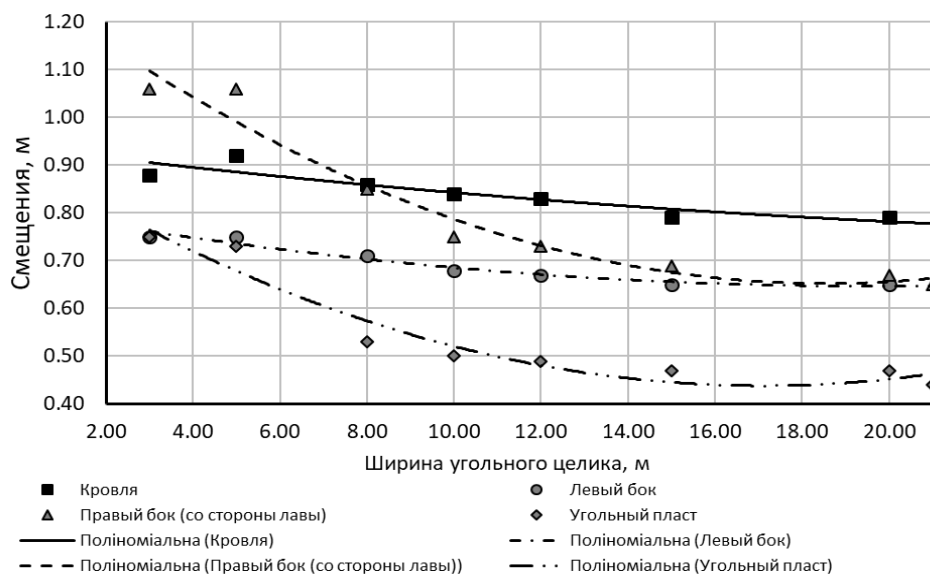


Рис. 4.13. Зміни зміщень порід при різній ширині вугільного цілику

На рис. 4.14 наведений графік залежності залишкової площі перерізу з варійованими значеннями ширини вугільного цілику.

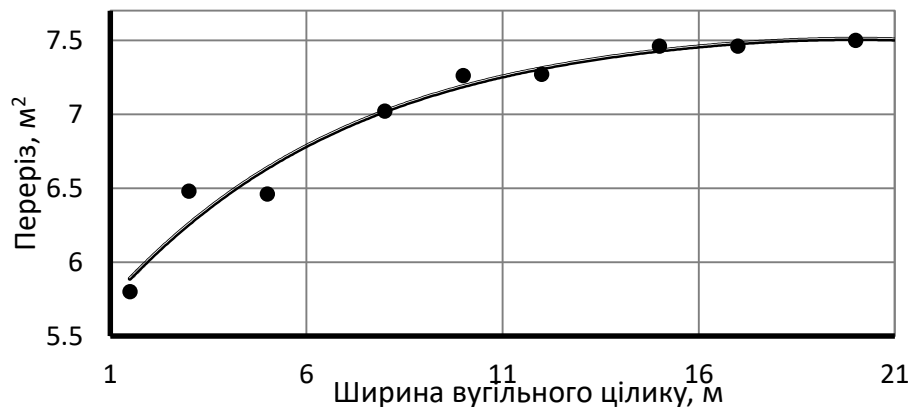


Рис. 4.14. Зміна площі перерізу виробки S_{cv} при різній ширині охоронного цілику

Зіставлення величини зміщень за висотою і шириною виробки на різних етапах моделювання наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Порівняння зміщень контуру пром. штреку, отриманих за результатами чисельного моделювання і шахтних вимірювань

Етап експлуатації виробки/ дослідження	Вертикальні зміщення, м			Горизонтальні зміщення, м		
	Натурні	Чисельні	Збіжність, %	Натурні	Чисельні	Збіжність, %
Після формування ЗНД, до впливу опорного тиску лави	0,34	0,30	86	0,46	0,5	88
На сполученні з лавою	1,2	1,02	85	1,36	1,57	87

Збіжність результатів натурних вимірів і аналітичних розрахунків становить: по вертикальним зміщенням – 85%, по горизонтальним зміщенням – 87%.

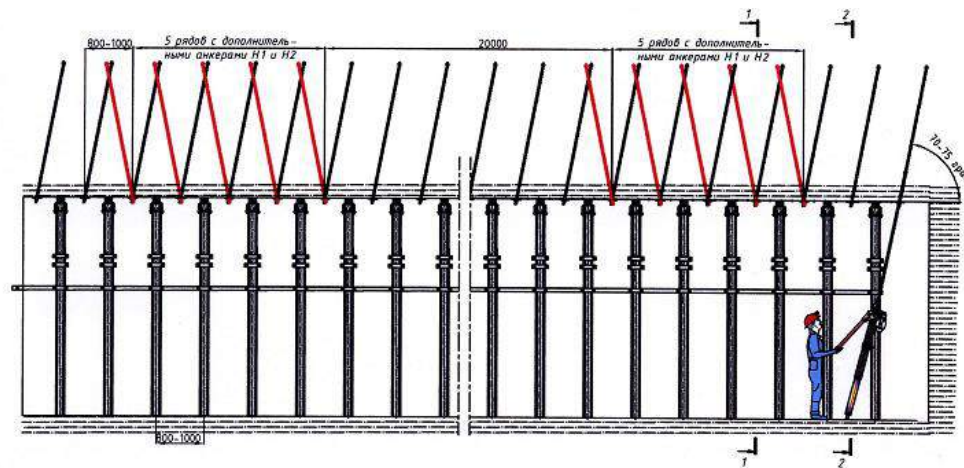
Виконані чисельні дослідження показали, що на розглянутій глибині відпрацювання (1193 м) спосіб охорони ціликами вугілля не забезпечує експлуатаційну стійкість пром. штреку. При цьому, втрати вугілля в цілику і витрати на проведення і підтримку підготовчої виробки себе не виправдовують.

4.5. Чисельне моделювання нового способу кріплення і охорони виймальної виробки

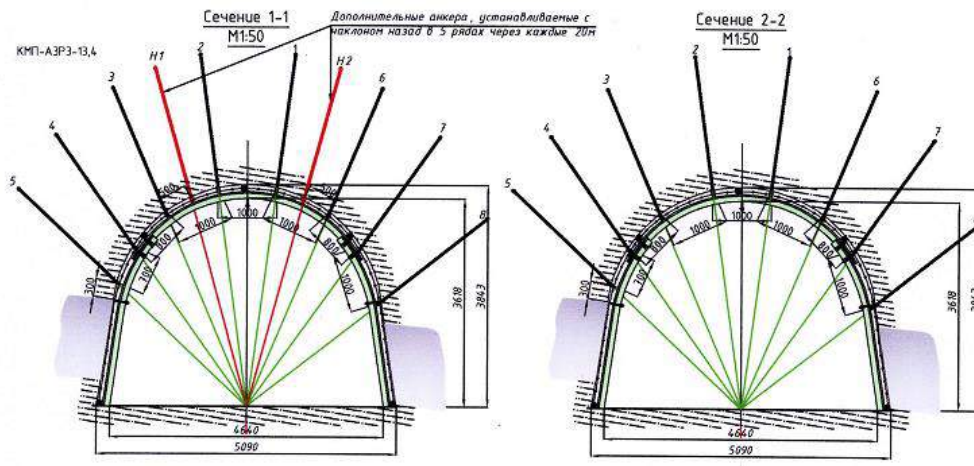
При підготовці нової 206-ої лави передбачається відмовитися від проведення конвеєрного штреку і залишення вугільного цілика між ним і пром. штреком. Система розробки при відпрацюванні виймального стовпа 206-ї західної лави пл. h_{10} – суцільна.

Для забезпечення стійкості пром. штреку на весь час експлуатації (з урахуванням використання його як вентиляційного при відпрацюванні нижньої лави), Інститутом геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України розроблено [147].

Відповідно до зазначених вище рекомендацій розроблена система кріплення анкерним кріпленням передбачає створення і послідовне чергування ділянок з повним перекриттям з установкою додаткових підсилюючих анкерів (рис. 4.15, переріз 1-1) і ділянок з неповним перекриттям (переріз 2-2).



а)



б)

в)

Рис. 4.15. Схема встановлення анкерного кріплення в пром. штреку 206-ї західної лави пл. h_{10} ш. «Партизанська» відповідно до [147]: а – повздовжній переріз виробки; б – ділянка з повним перекриттям; в – ділянка із неповним перекриттям

ТЯМ

Для відновлення монолітності приконтурних порід і підвищення стійкості виробки необхідно на початку і наприкінці виробки з анкерним кріпленням, а також періодично через кожні 20 м при анкернорамному кріпленні створювати перемички (посилені ділянки) у вигляді повного перекриття анкерами породного оголення покрівлі і бортів виробки згідно зі схемою (Переріз 1-1). Головна ознака збереження природної монолітності порід всього контуру виробки – повна відсутність у вибої і на закріпленій анкерами ділянці негативних явищ – «коржування», «усклеплювання», осідання порід покрівлі, віджимання, осідання і осипання порід і вугілля з вибою і боків виробки.

Ділянка анкерно-рамного кріплення з неповним перекриттям анкерами покрівлі (не посилена ділянка) складається з послідовних рядів анкерів, в яких згідно з наведеною схемою (переріз 2-2) в кожному ряді встановлюються анкера 1...8 з нахилом вперед до вибою під кутом $70 \dots 75^\circ$. Анкера встановлюються з кроком 1,0 м. Довжина ділянок з неповним перекриттям анкерами становить 20 м.

Використання такої кількості анкерів і різноспрямованої схеми їх установки, вірогідно, може виявитися надмірною, збільшить трудомісткість робіт і витрати на матеріали.

Аналіз досвіду застосування анкерного кріплення, в тому числі і на шахтах ДП «Антрацит», свідчить, що основною помилкою при використанні анкерного кріплення, було те, що їх установка проводилася після тривалої експлуатації виробки, тобто після часткового утворення склепіння обвалення.

Результати виконаних у виробках шахти «Партизанська» натурних досліджень показали, що наявність досить міцних бічних порід при зменшенні величин переборів, підвищенні якості зведення рамного кріплення і своєчасному встановленні анкерного кріплення, дозволить забезпечити стійкість пром. штреку при меншій кількості анкерів і більш простій схемі їх монтування, ніж за «Рекомендаціями...» [147]. Підтвердженням цієї тези є результати комплексних досліджень, виконані в виробках ВП «Шахта «Комсомольська» ДП «Антрацит» для схожих умов цього ж пл. h_{10} [148]. Узагальнення даних щодо випадків вивалоутворень, а також визначення глибини зони руйнування навколо контуру виробки дозволило для забезпечення стійкості порід покрівлі рекомендувати установку 3-х анкерів довжиною 3 м (за даними розрахунку, з коефіцієнтом запасу $k = 1,5$, кількість анкерів склала $n = 2,81$ анк/м).

Крім цього, для забезпечення стійкості бічних порід після виймання вугільного пласта, перед проходом лави передбачається встановлення двох анкерів в брівці. Також, з огляду на досвід забезпечення стійкості виймальних виробок в аналогічних умовах на шахтах об'єднання «Ровенькіантрацит», планується встановлення канатних анкерів довжиною 5...6 м, що дозволить попередити розшарування розташованих вище порід порушених впливом очисних робіт.

Крім обґрунтування параметрів анкерних систем, завданням досліджень на даному етапі є також обґрунтування параметрів способу охорони штреку для можливості його повторного використання.

При вирішенні даного завдання розглядається варіант кріплення пром. штреку комбінованим рамно-анкерним кріпленням з використанням сталеполімерних анкерів (між рамами СВП) в кількості 4 шт. в покрівлі виробки і 2 шт. – в брівці пласта. Довжина анкерів становить 2,4 м. Також, передбачається встановлення одного канатного анкера, довжиною 6 м, з боку вікна лави.

Охорону виробки у вікні лави передбачалося здійснювати шляхом викладання охоронної смуги шириною 1,6 м з суміші Текхард. Фізико-механічні властивості суміші Текхард наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Фізико-механічні властивості суміші Текхард

Характеристика	Кількість
Модуль пружності (Юнга), МПа	$3,01 \times 10^4$
Коефіцієнт Пуассона	0,3
Межа міцності на одновісьове стиснення, МПа	35

За сучасними уявленнями встановлення анкерів, навіть в безпосередній близькості від вибою підготовчої виробки, практично не сприяє зменшенню зони непружних деформацій, але блокує розвиток зміщень порід на контурі виробки. Таким чином, основною величиною, яка демонструє ступінь ефективності анкерної системи, є зміщення порід в приконтурній зоні.

Для оцінки ефективності анкерного кріплення початковий розрахунок виконаний за відсутності анкерів. На рис. 4.16 показані вільні зміщення контуру виробки без анкерів.

При попаданні перерізу пром. штреку у вікно лави інтенсивність зміщень значно зростає. Найбільші розвиваються в покрівлі з боку лави і сягають 0,8...0,95 м (рис. 4.16).

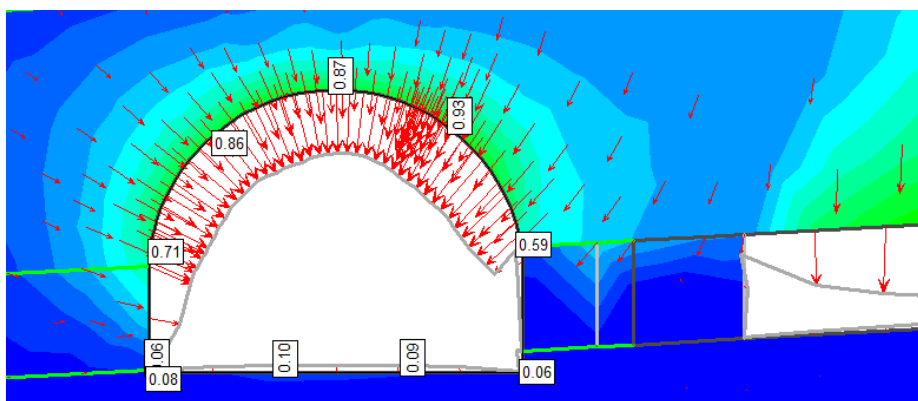


Рис. 4.16. Вектори зміщень контуру виробки при підході лави

Покажемо далі можливість блокування зміщень порід шляхом встановлення анкерів. Сталеполімерні анкера імітувались засобами програми «Phase-2» як сталеві стрижні, які закріплені в масиві полімером по всій довжині. Фізико-механічні властивості сталі і полімерної смоли наведені в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Фізико-механічні властивості сталеполімерного анкерного кріплення

Полімерна смола	
Модуль пружності (Юнга), МПа	6600
Модуль здвигу, МПа	2400
Сталь	
Модуль пружності (Юнга), МПа	$2,1 \times 10^5$
Коефіцієнт Пуассона	0,29
Межа міцності на одновісьове стиснення, МПа	370

Як і в попередньому параграфі, розрахунок виконувався в декілька стадій:

- стадія 1 – моделювання недоторканого породного масиву згідно з даними геологічної служби шахти (рис. 4.4, а);

- стадія 2 – імітація проведення пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10} , шляхом «зняття» напружень по заданому контуру виробки (рис 4.4, б);
- стадія 3 – імітація встановлення анкерів (рис. 4.17, а);
- стадія 4 – імітація підходу лави – поетапна імітація виймання вугілля, шляхом часткового зняття навантаження у вікні лави (рис. 4.17, б);
- стадія 5 – встановлення охоронної смуги (рис. 4.18, а);
- стадія 6 – імітація повного виймання вугілля в лаві (зняття залишкового навантаження) (рис. 4.18, б).

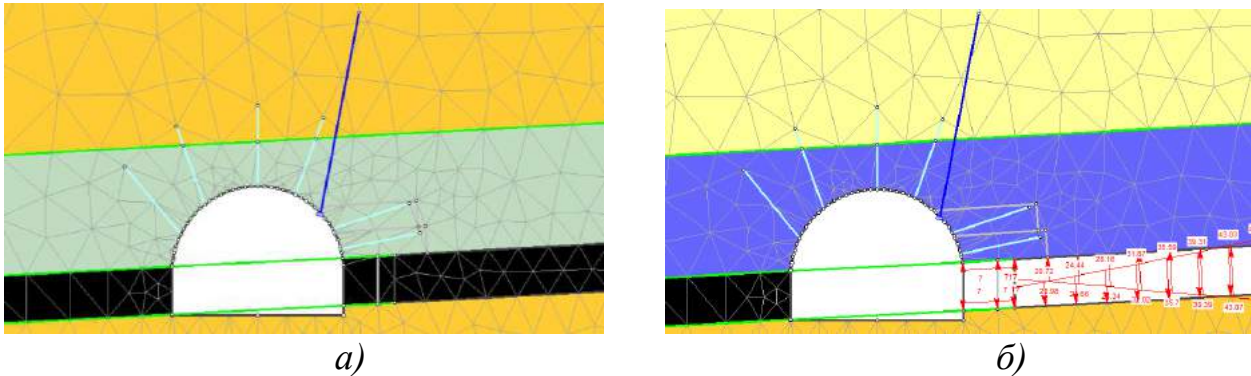


Рис. 4.17. Розрахункова схема для стадій: а – імітація встановлення анкерів (3); б – імітація підходу лави – поетапна імітація виймання вугілля, шляхом часткового зняття навантаження у вікні лави (4)

При вирішенні даного завдання для адекватного моделювання реальних умов, охоронна смуга встановлювалася з невеликим відставанням від моменту виймання вугілля. Результати засвідчили належну збіжність, як за механізмом деформування системи «кріплення-охоронна смуга», так і за величинами зміщень контуру.

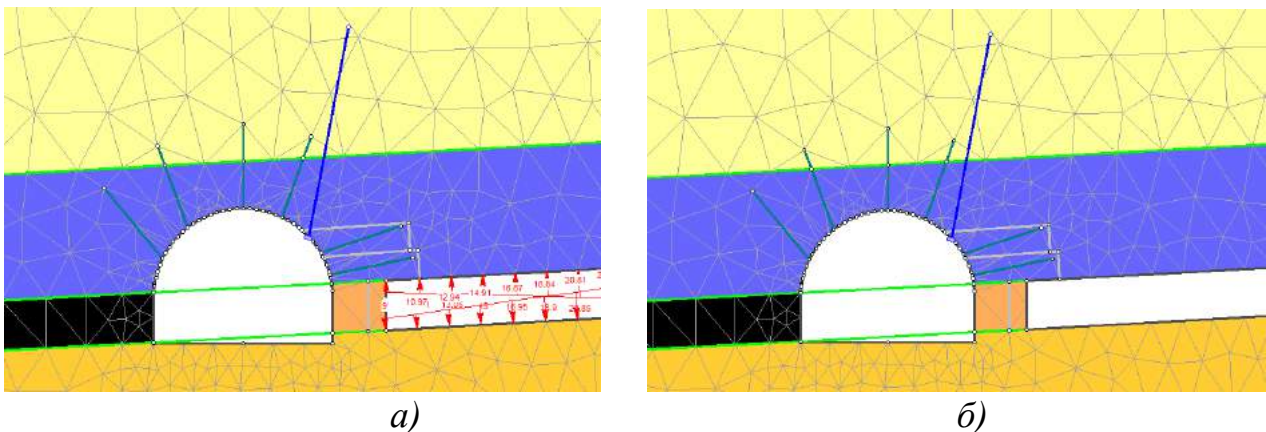


Рис. 4.18. Розрахункова схема для стадій: а – зведення охоронної смуги (5); б – імітація повного виймання вугілля в лаві (зняття залишкового навантаження) (6)

Моделювання охоронної смуги з суміші Текхард проводилося в три етапи. На першому етапі застосовувалася рамне кріплення (рис. 4.19, а) і варіювалася ширина охоронної смуги від 1,5 до 4 м.

На другому етапі при моделюванні вводилися 3 сталеполімерних анкера і 1 канатний анкер (рис. 4.19, в), а параметри смуги змінювалися як і для попереднього випадку. На третьому - анкерне кріплення доповнювалася двома сталеполімерними анкерами в брівці і одним в бік, протилежний очисному вибою (рис. 4.19, д).

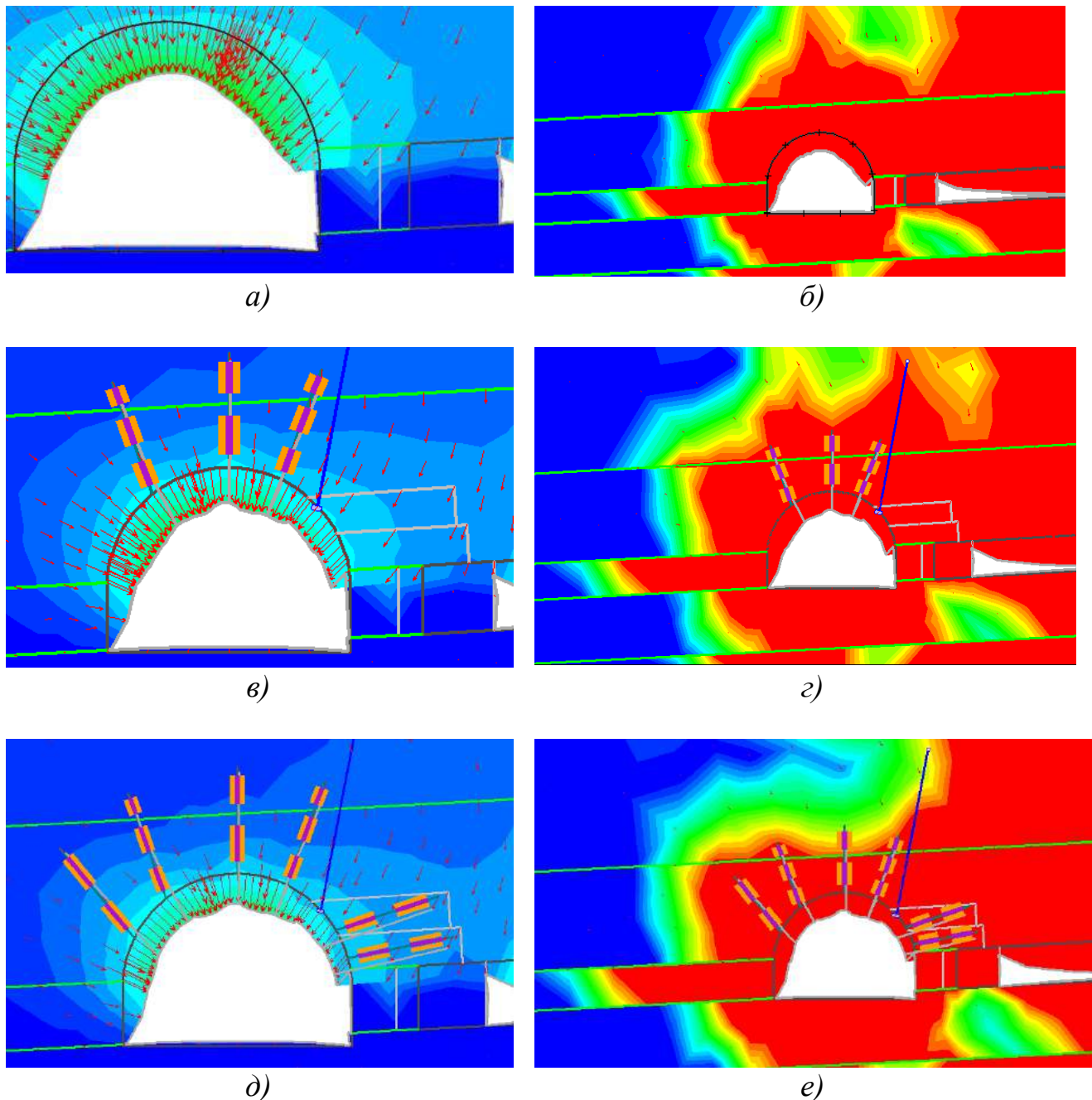


Рис. 4.19. Моделювання способу охорони виробки смугою Текхард із застосуванням різних систем кріплення: а, в і д – відповідно, зміщення контуру виробки при рамному кріпленні, рамно-анкерному при 4-х анкерах і рамно-анкерному при 7-х анкерах; б, г, д – зона зруйнованих порід навколо виробки відповідно при рамному кріпленні, рамно-анкерному при 4-х анкерах і рамно-анкерному з 7-х анкерів

Результати чисельного моделювання, дозволили встановити, що висота зони руйнування порід в покрівлі без застосування анкерів становить 6,1 м (рис. 4.19, б), із застосуванням 4-х анкерів – 3,8 м (рис. 4.19, г), що на 38 % менше. При застосуванні 7-ми анкерів цей параметр становить 2,1 м (рис. 4.19, е), що на 64% менше показників як для рамного кріплення.

В результаті проведених досліджень, встановлено, що зміщення порід контуру і зона зруйнованих порід значно менші при застосуванні рамно-анкерного кріплення. Кількість анкерів також істотно впливає на стійкість виробки.

4.6. Обґрунтування необхідної залишкової площі поперечного перерізу для можливого повторного використання виймальної виробки

Для вибору параметрів елементів альтернативної охоронної системи необхідний критерій, що дозволяє оцінювати ефективність прийнятих рішень. Раніше, для аналогічних умов ДП «Шахта «Комсомольська» ДП «Антрацит» І.М. Поповичем [123] як критерій можливого повторного використання виробок були прийняті рівномірні зміщення контуру, які на сполученні з лавою не повинні перевищувати 0,4 м. При цьому забезпечується мінімально припустима для повторного використання площа перерізу виробки. На шахті «Партизанська» підшва виробки є стійкою, завдяки чому вимоги до залишкової площі перерізу виробки можуть бути дещо послаблені.

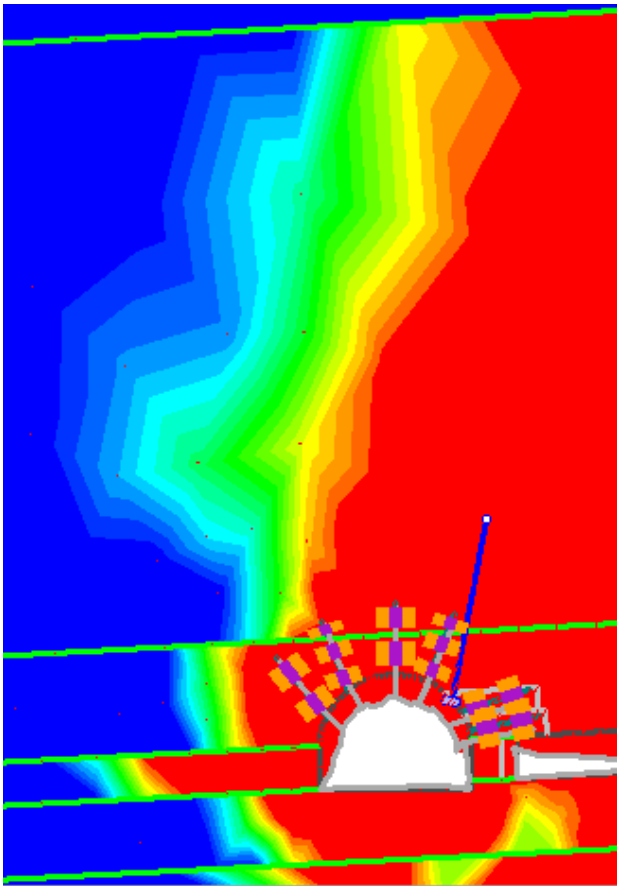
Тому для обґрунтування необхідної залишкової площі був використаний критерій, рівний $8,5 \text{ м}^2$, прийнятий в роботах О.О. Логунової [149]. Априорі, з урахуванням відсутності здимання порід підшви в розглянутих умовах і, відповідно, зниження витрат на роботи з підривання, критерій можна знизити до $8,0 \text{ м}^2$.

Таким чином, для можливого повторного використання виймальних виробок необхідна величина залишкового перерізу може бути прийнята рівною $8,0...8,5 \text{ м}^2$.

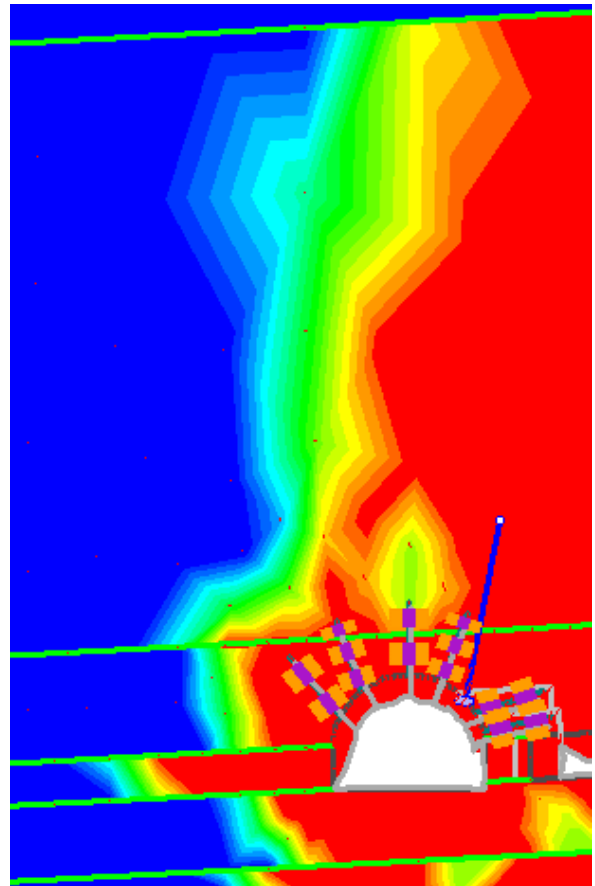
4.7. Вплив ширини охоронної смуги Текхард на стійкість пром. штреку

У попередньому параграфі встановлено, що застосування рамно-анкерного кріплення значно зменшує розмір зони зруйнованих порід навколо виробки і зменшує зміщення контуру. Однак, необхідно встановити, як впливає збільшення ширини охоронної смуги на показники руйнування порід.

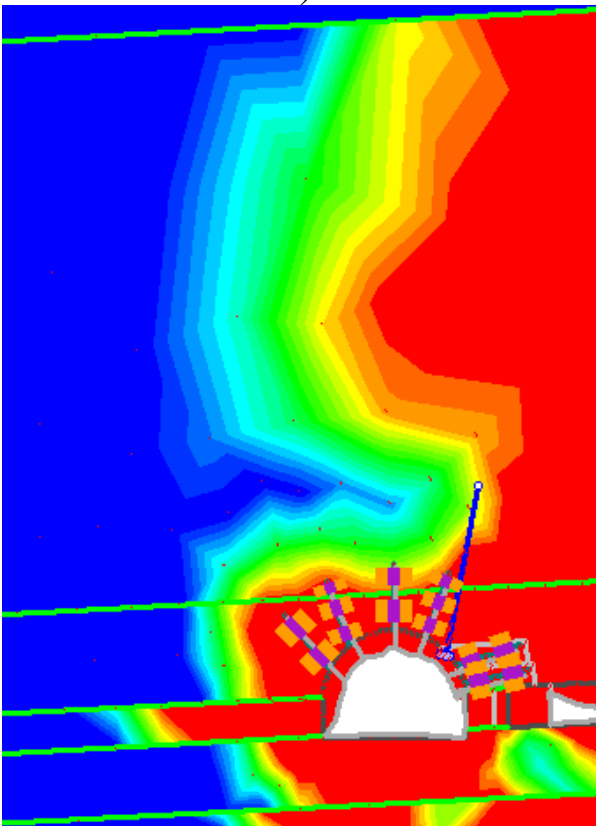
При моделюванні рамно-анкерного кріплення із застосуванням 7-и анкерів, встановлено, що розмір зруйнованої зони над виробкою при ширині $1,5...2 \text{ м}$ є значним (рис. 4.20, а), при ширині смуги $2,5 \text{ м}$ в покрівлі виробки на висоті 2 м з'являється ділянка з менш зруйнованими породами (рис. 4.20, б), і тільки при ширині $3...4 \text{ м}$ висота зони зруйнованих порід в покрівлі і протилежному очисному забою боці виробки становить $2...4 \text{ м}$ (рис. 4.20 в, г).



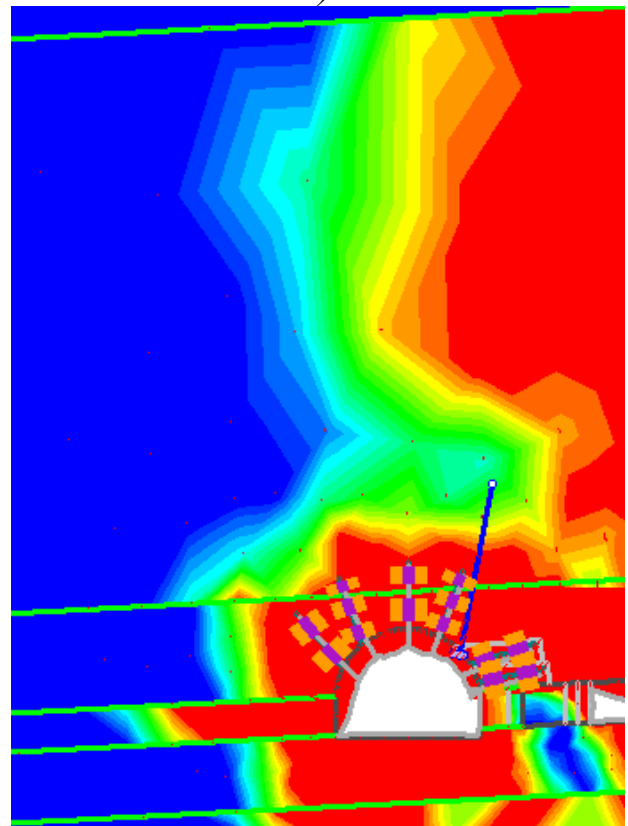
a)



б)



в)



г)

Рис. 4.20. Зони зруйнованих порід при різній ширині смуги Текхард:
a – при ширині 1,5 м, *б* – 2,5 м, *в* – 3,0 м, *г* – 4,0 м

При ширині охоронної смуги рівної 4 м з'являється незруйноване ядро, а зона зруйнованих порід має найменшу площу, що частково збігається з результатами роботи [150]. Однак, навіть в цьому випадку породи бровки зруйновані.

Графіки зміщень контуру і змін площі поперечного перерізу при різній ширині охоронної смуги і кріплення виробки наведені на рис. 4.21...4.24.

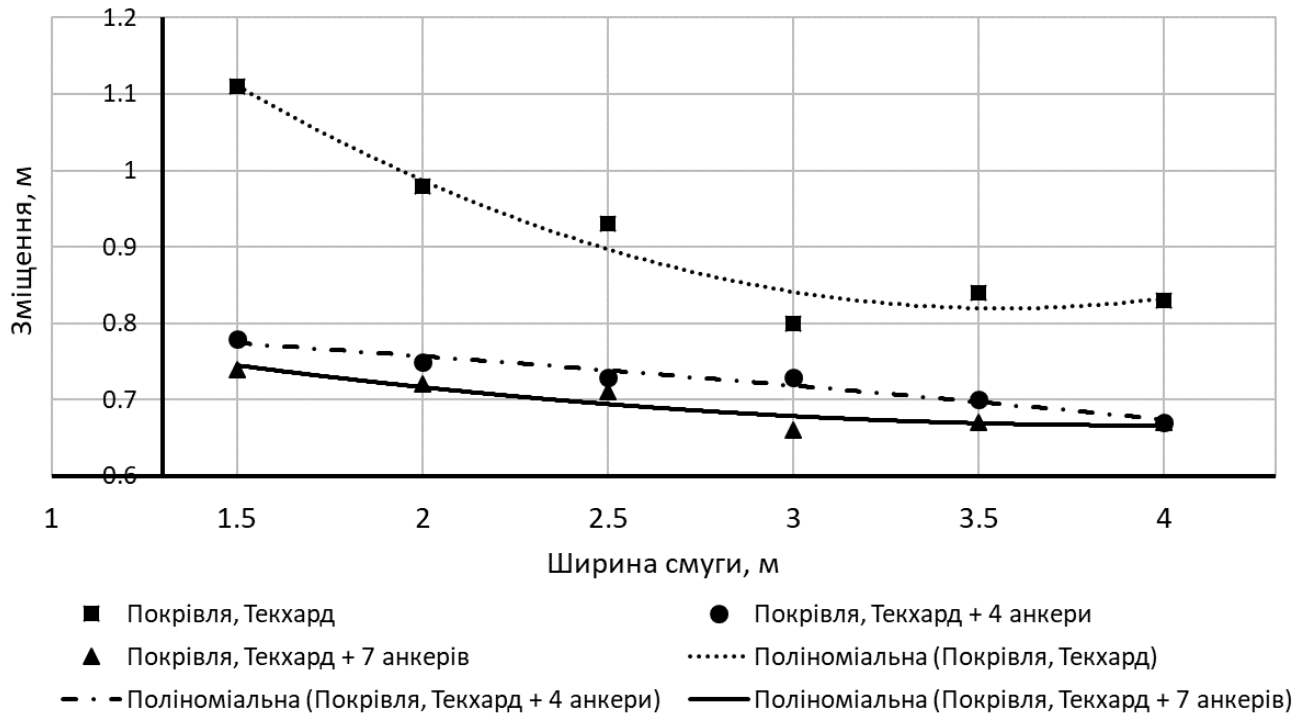


Рис. 4.21. Зміщення порід порівняно з покрівлею при різних ширинях охоронної смуги

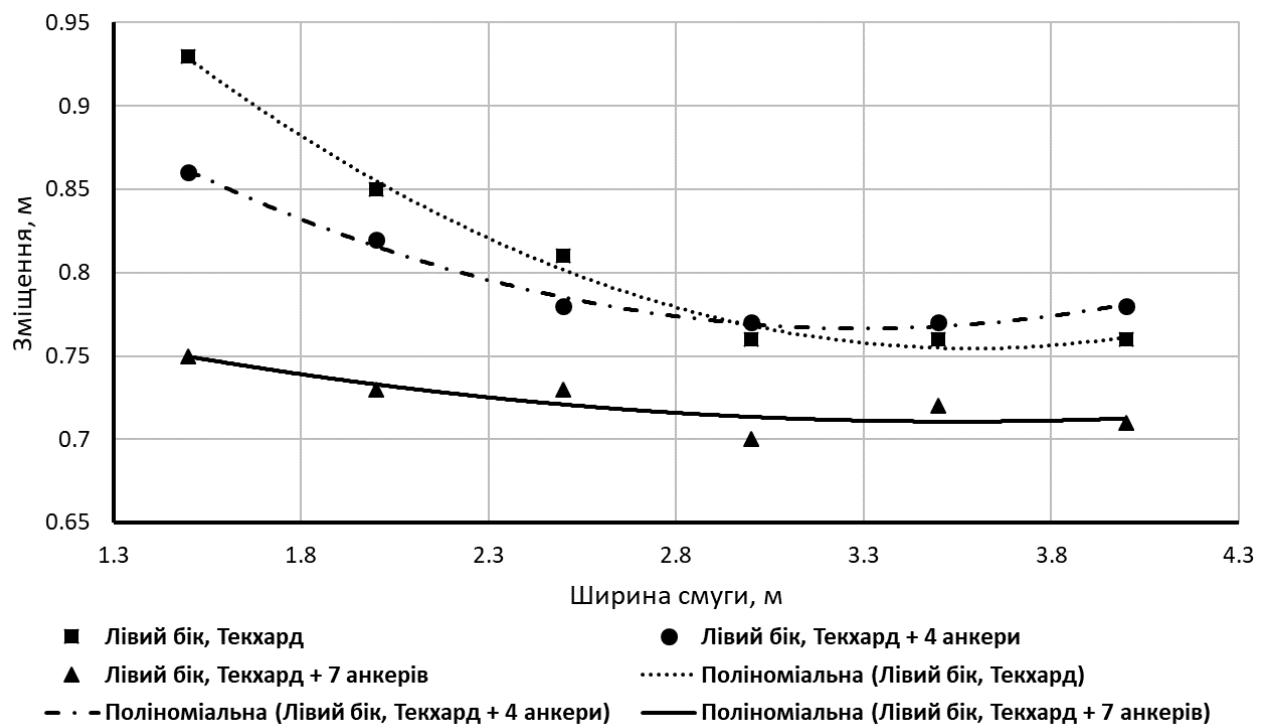


Рис. 4.22. Зміщення порід порівняно з протилежного до лави борта виробки

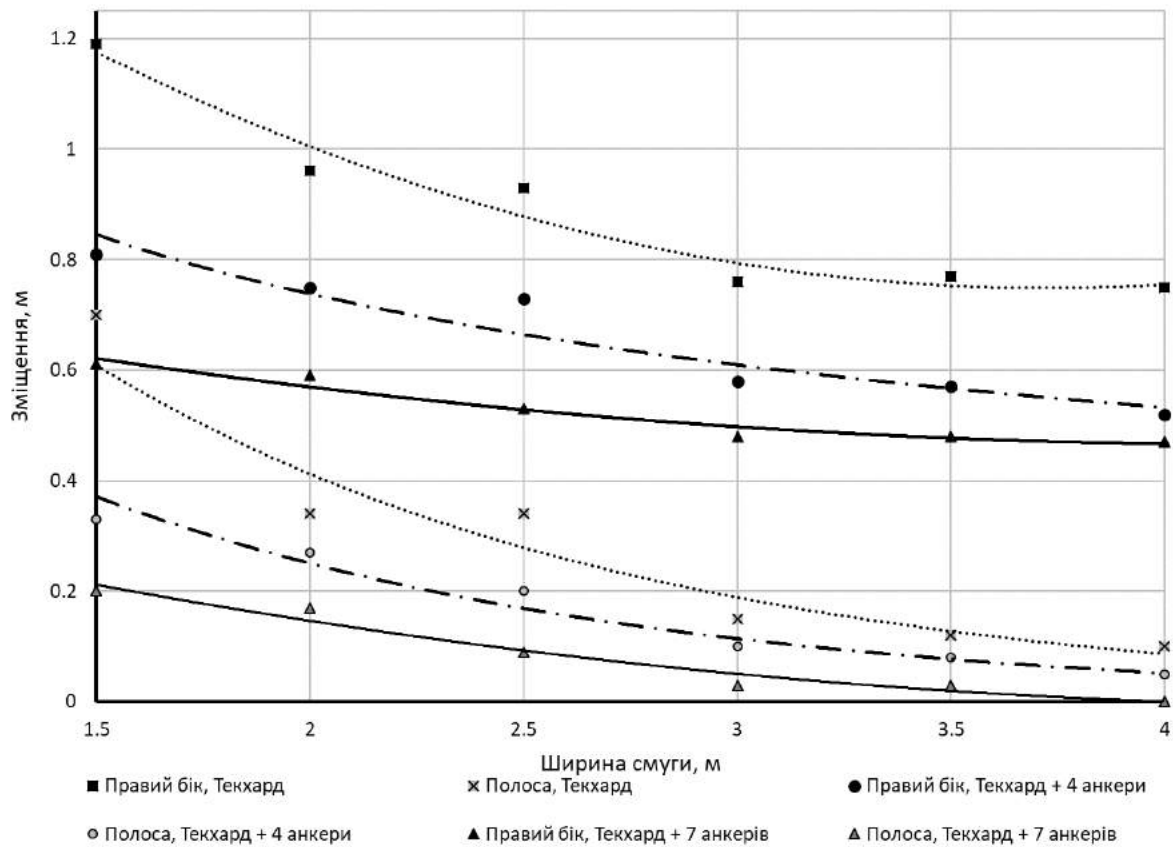


Рис. 4.23. Зміщення порід брівки і деформування смуги Текхард в бік виробки

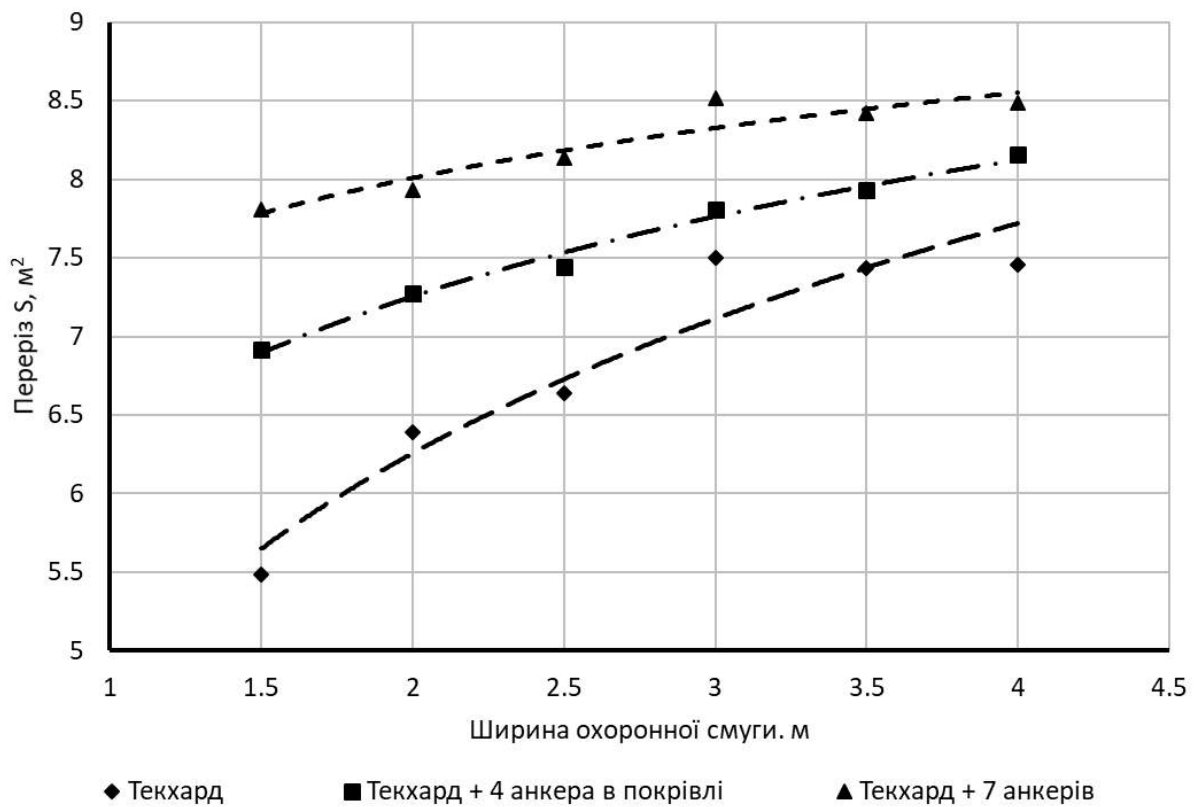


Рис. 4.24. Зміна площі перерізу при різній ширині охоронної смуги

Отримані результати показують, що при збільшенні ширини охоронної смуги розміри зони непружних деформацій інтенсивно зменшуються. Отже, зменшується площа зруйнованих порід і навантаження на кріплення виробки.

В результаті виконаних досліджень встановлено, що необхідну площу перерізу забезпечує смуга Текхард шириною 2 м при 4-х анкерах в покрівлі, 2-х в брівці пласта і 1-му канатному анкері.

Таким чином, на даній глибині відпрацювання (1193 м) охорона виробки цілком вугілля не забезпечує експлуатаційну стійкість пром. штреку 205-ї західної лави пласта h_{10} . Альтернативою охорони виробки ціликами є формування охоронної конструкції з суміші Текхард і застосування анкерного кріплення.

Результати чисельного моделювання, дозволили встановити, що висота зони руйнування порід в покрівлі при застосуванні рамно-анкерного кріплення при 4 анкерах зменшується на 38%, а при застосуванні 7 анкерів на 64% менше від показників, отриманих при використанні рамного кріплення.

Створення несучої породно-анкерної конструкції дозволяє, в порівнянні з варіантом при відсутності анкерів, зменшити зміщення в покрівлі на 26%, в протилежному лаві боці виробки на 14% і на 40% в брівці пласта. Крім того, зміщення смуги Текхард в бік виробки зменшуються на 75%. Найбільш деформованим при цьому залишається борт виробки з боку лави.

ГЛАВА 5
ПІДТРИМАННЯ ПРОМ. ШТРЕКУ 206-ОЇ ЛАВИ
ШАХТИ «ПАРТИЗАНСЬКА».
ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБУ ОХОРОНИ

5.1. Нова методика інструментальних вимірювань у виробках, закріплених рамним та рамно-анкерним кріпленням

Вихідними даними при вивченні деформаційних процесів в масиві гірських порід і при розробці засобів і способів підвищення стійкості виробок зазвичай є результати вимірювань, отримані безпосередньо в шахтних умовах. Отримання таких даних про стан масиву порід або деформації кріплення є досить складним, трудомістким процесом, а результати в деяких випадках не є достовірними, що викликано специфікою проведення вимірювань в конкретній виробці за наявності в ній експлуатаційного обладнання і точності виконання вимірів. Отже вдосконалення методики проведення шахтних досліджень в підземних виробках завжди було пов'язано, по-перше, зі зменшенням трудомісткості виконання вимірювань і, по-друге, з підвищенням точності отриманих результатів. Запропонований нижче пристрій призначений для оцінки змін параметрів внутрішнього контуру виробок, закріплених металевим арочним кріпленням.

Традиційна методика проведення досліджень деформаційних процесів в породному масиві навколо підземної виробки, яка закріплена рамним металевим кріпленням передбачає періодичні вимірювання зміщень внутрішнього контуру кріплення і підшви виробки. Вимірювання параметрів виконується за допомогою простих інструментів і приладів (рулетка ВНДМІ, висок, стійки СУ-2 тощо) [151, 152]. Недолік цієї методики і застосовуваних інструментів полягає в тому, що для виконання вимірювань необхідно фіксувати вимірювальні інструменти та прилади одночасно на протилежних сторонах виробки (кріплення), що збільшує трудомісткість процесу отримання результатів. Великі складності викликає проведення таких вимірювань у виробці із стрічковим конвеєром, що вимагає додаткових зусиль для фіксації точок або робить неможливим проведення вимірювань, коли конвеєр працює.

Більш зручним в цьому плані є пристрій для дослідження деформацій кріплення гірничих виробок, наведений в [153]. Порядок проведення вимірів полягає в нанесенні фарбою міток на стійках і верхняках кріплення, після чого вимірювання виконуються за допомогою лазерного далекоміра BOSCH DLE 50 з точністю вимірювань $\pm 1,5$ мм. До однієї з міток на стійці прикладають далекомір з подальшим наведенням лазерного променя на протилежну мітку з вимірюванням відстані до неї. Замір висоти виробки здійснюється від шнура, натягнутого між мітками на протилежних стійках, до мітки на верхняках, і від шнура до підшви. Сума цих двох показників дорівнює повній висоті виробки. Недоліком цієї методики є те, що при проведенні вимірювань в вертикальній площині, необхідно облаштування горизонтального рівня за допомогою шнура,

який потребує фіксації одночасно на протилежних сторонах виробки (кріплення). Ускладнює проведення цієї операції у виробці наявність стрічкового конвеєра, що вимагає додаткових зусиль для фіксації шнура, або, як і в попередній методиці, робить неможливим проведення вимірювань під час роботи конвеєра.

В основу розробки пропонованого пристрою поставлена задача удосконалення методики проведення вимірів у виробці, в якій шляхом введення нових конструктивних елементів і приладів та їх взаємного розташування, досягається можливість швидкого, зручного і менш трудомісткого вимірювання геометричних параметрів і забезпечується їх висока точність.

Пристрій складається з блоку кріплення і шарнірно з'єднаного з ним майданчика, на якому розташовані на одному рівні лазерний далекомір і лазерний рівень, з можливістю вимірювання висоти виробки щодо горизонтально спроектованого променю.

Схема вимірювального пункту у виробці із встановленим пристроєм і інструментами показана на рис. 5.1.

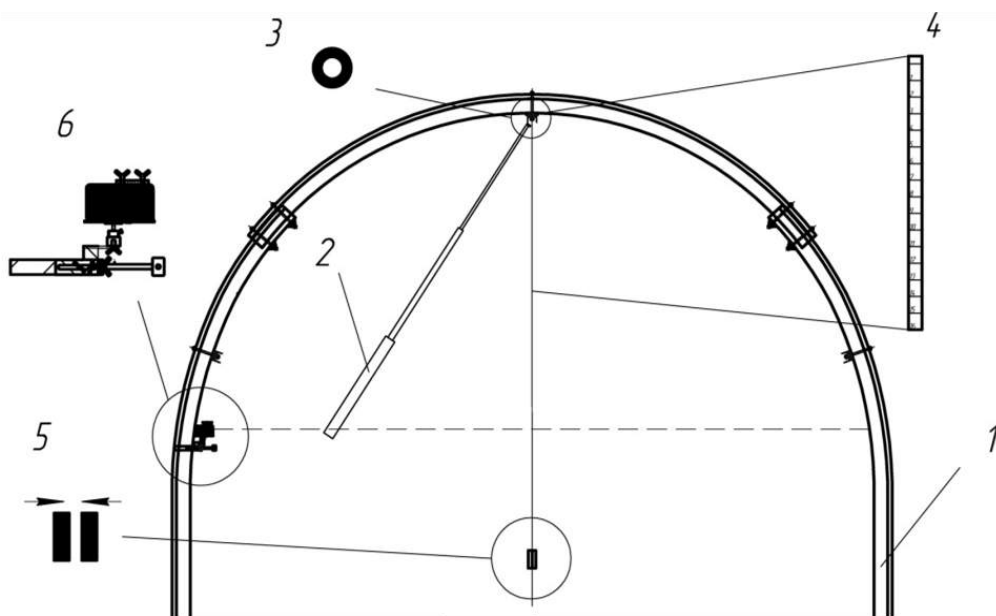


Рис. 5.1. Схема вимірювального пункту вимірювальної станції та інструменти: 1 – металеве кріплення; 2 – телескопічний подовжувач для закріплення магніту в верхній точці кріплення; 3 – магніт для закріплення стрічки рулетки в верхній точці кріплення; 4 – стрічка рулетки; 5 – магніти-вантажі, які закріплені на нижній точці стрічки рулетки; 6 – вимірювальний пристрій

Конструкція вимірювального пристрою і схема його закріплення на стійці металевому кріплення показана на рис. 5.2 и 5.3.

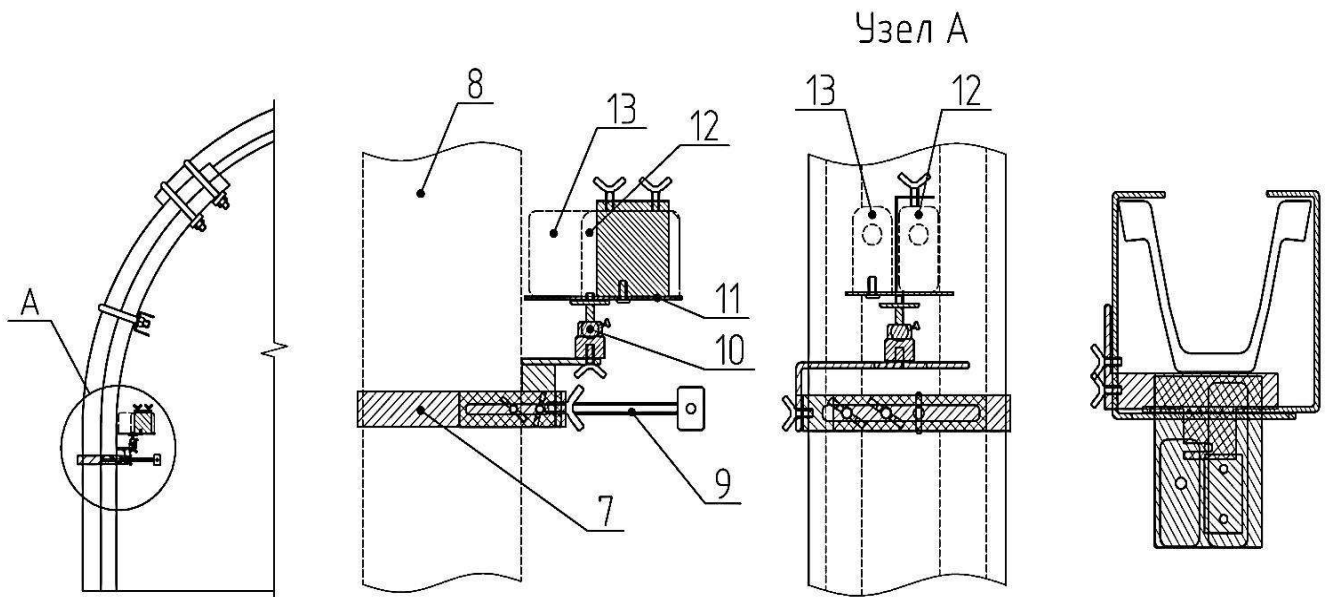


Рис. 5.2. Конструкція вимірювального пристрою і схема його закріплення на стойці металевого кріплення: 7 – кріплення (дві металеві скоби) з можливістю розсування і фіксації в залежності від типу СВП; 8 – стійка кріплення; 9 – затискний гвинт для фіксації пристрою на стойці кріплення; 10 – шарнір; 11 – майданчик; 12 – лазерний далекомір; 13 – лазерний рівень.



Рис. 5.3. Встановлення пристрою на стойці кріплення

Конструкція пристрою без вимірювальних елементів наведена на рис. 5.4.

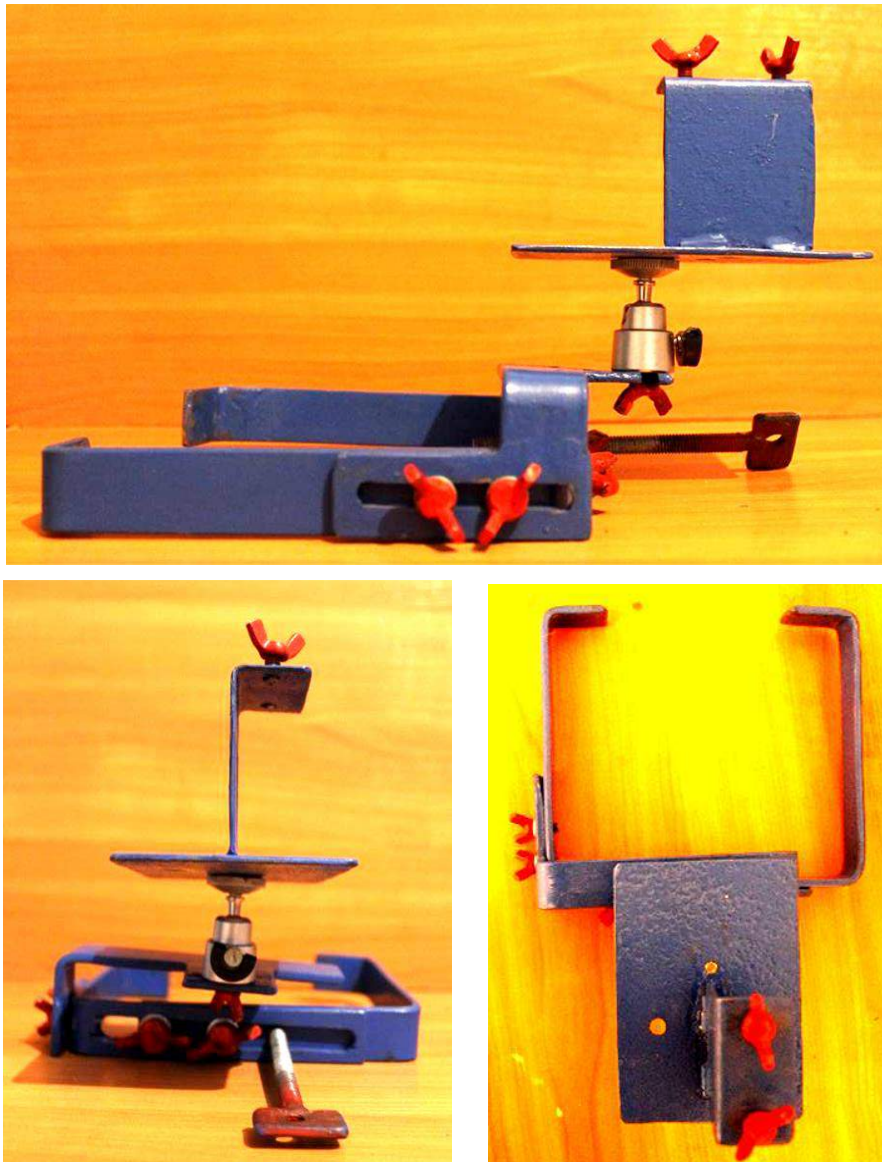


Рис. 5.4. Конструкція пристрою без вимірювальних елементів

На рис. 5.5 наведені поперечний переріз металевого кріплення 1, і параметри виробки, які вимірюються або розраховуються.

Пристрій використовується наступним чином (див. рис. 5.1 и 5.2). Кріплення пристрою з можливістю розсування 7, фіксується на заданому рівні на металевій стійці шахтного кріплення 8 за допомогою затискного гвинта 9. Майданчик 11, який з'єднаний з кріпленням 7 шарніром 10 притискається до

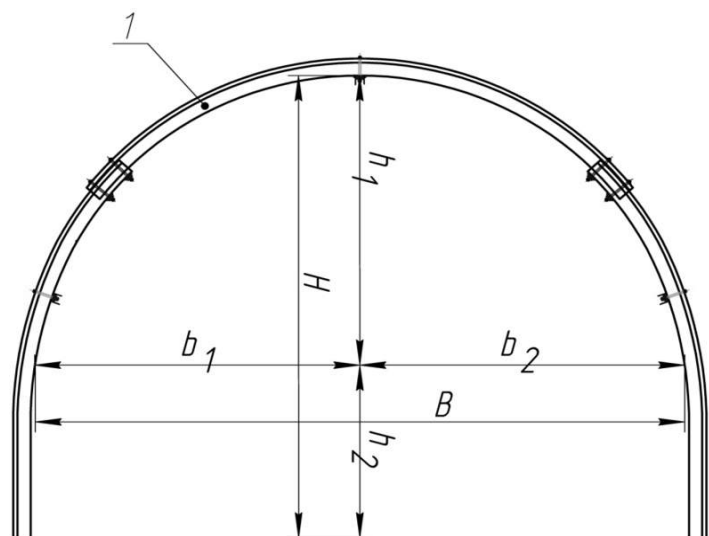


Рис. 5.5. Схема виконання вимірювань та геометричні параметри, які вимірюються

стійки 8 і вирівнюється за рівнем. Лазерним далекоміром 12, який розташований на майданчику 11, вимірюється ширина виробки B , як відстань до протилежної стійки. За допомогою телескопічного подовжувача 2 і магніту 3, до верхняка кріплення підвішується вимірювальна стрічкова рулетка 4, за допомогою якої вимірюється висота виробки H . Далі стрічкова рулетка 4 використовується як висок завдяки закріпленню на вільному нижньому кінці магнітів-вантажів 5. Вимірюється одна півширина виробки b_1 – від приладу до виска (рулетки) 4, а інша обчислюється: $b_2 = B - b_1$.

Висоту від горизонту вимірювання до верхняка h_1 знаходимо за допомогою лазерного рівня 13, що розташований на майданчику 11 горизонталь якого відсвічується на стрічці рулетки 4. Напіввисота горизонту вимірювання до підшви розраховується: $h_2 = H - h_1$. Результати заносяться до таблиці 5.1.

При рамно-анкерному кріпленні виробки послідовність операцій залишається такою ж, втім вимірювання виконуються від стійки аркового кріплення до анкеру. На кожній замірній станції виконується декілька вимірювань на різних рівнях (рис. 5.6).

Таблиця 5.1

Зведена таблиця результатів вимірювань при аркому кріпленні
ш. Партизанська 205-й пром. штрек _____ червня 2014 р.

№ п/п	ПК	B	b_1	b_2	H	h_1	h_2
ЗС1							
ЗС2							
ЗС3							
ЗС4							
ЗС5							

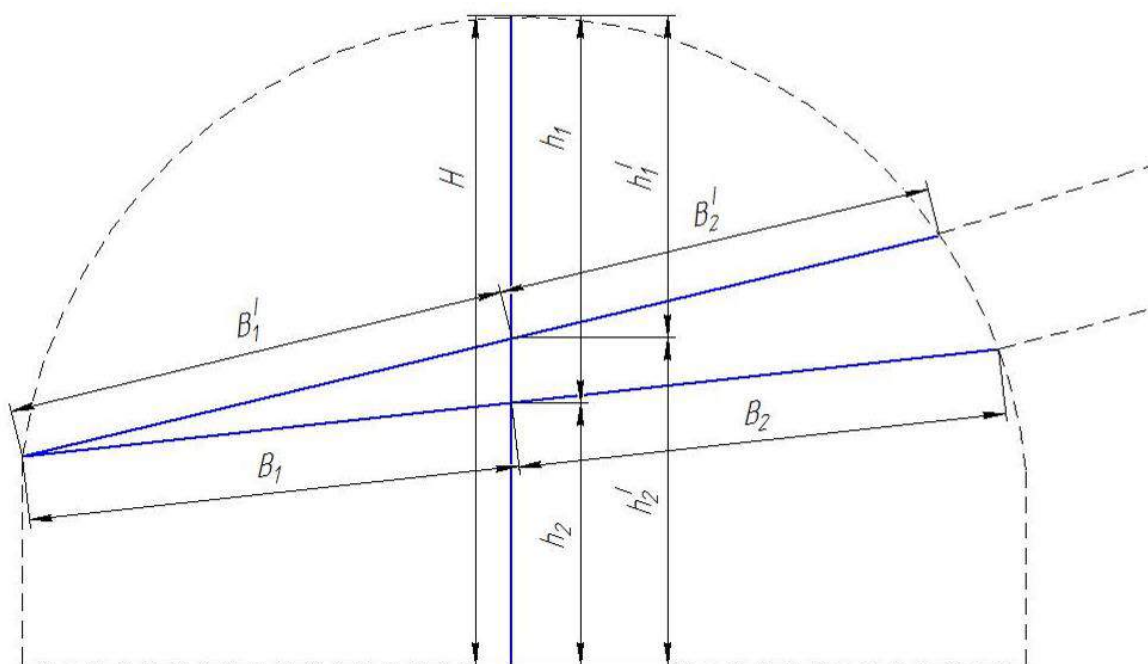


Рис. 5.6. Параметри, які вимірюються для рамно-анкерного кріплення

В подальшому в камеральних умовах виконується безпосередній розрахунок ширини виробки (рис. 5.7). Отримані результати заносяться до табл. 5.2.

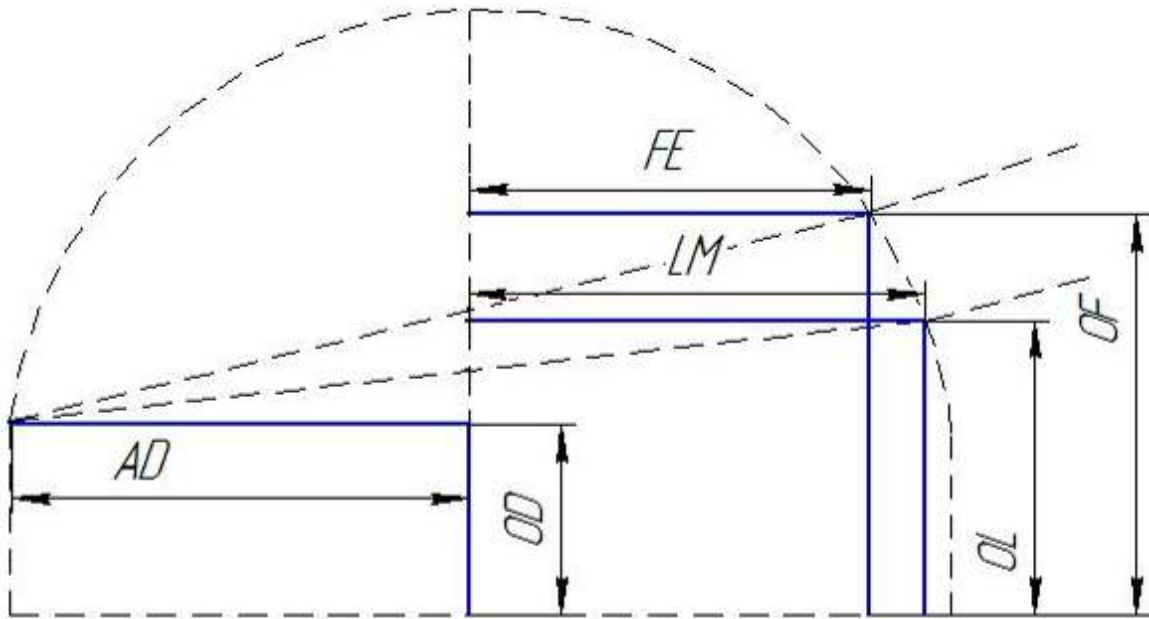


Рис. 5.7. Розрахункові параметри при рамно-анкерному кріпленні

Таблиця 5.2

Зведена таблиця результатів вимірювань при рамно-анкерному кріпленні

ш. Комсомольська

9 схід. конв. штрек

___ червня 2014 г.

№ п/п	ПК	h_1	h_2	b_1	b_2	h_1^I	h_2^I	b_1^I	b_2^I
ЗС1									
ЗС2									
ЗС3									

Однією з головних переваг застосування даного пристрою є те, що вимірювання геометричних параметрів внутрішнього контуру кріплення здійснюється тільки в одній частині виробки, виключаючи необхідність пересування в іншу. Всі операції може виконувати одна людина.

Час на зняття необхідних параметрів по одній рамі кріплення складає 2...3 хвилини, що дозволяє за невеликий проміжок часу, провести серію вимірювань на значній ділянці виробки. Їх аналіз дозволяє об'єктивно оцінити поточний стан металевого або рамно-анкерного кріплення гірничої виробки, і, як наслідок, оперативно визначити ступінь її деформації.

Крім того, запропонований пристрій дозволяє відмовитися від постійних висків, трудомісткого і тривалого проведення умовного горизонтального рівня за допомогою шнура, збільшує точність вимірювань, а також дозволяє працювати в одній частині виробки без переміщення через шахтне обладнання (конвеєр) в іншу. При цьому істотно зменшується трудомісткість виконання вимірювань [154].

Новизна запропонованого вимірювального пристрою підтверджена патентом на корисну модель [155].

5.2. Спосіб охорони пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10} з використанням дерев'яних кострів і органного кріплення

Розраховані на попередньому етапі досліджень раціональні параметри безціликового способу охорони пром. штреку з використанням смуги з матеріалу Текхард, внаслідок його високої вартості, не були реалізовані.

Виходячи з економічної доцільності, в якості охоронної смуги шахтою був прийнятий варіант з використанням дерев'яних кострів і органного кріплення з дерев'яних стійок, наведений на рис. 5.8.

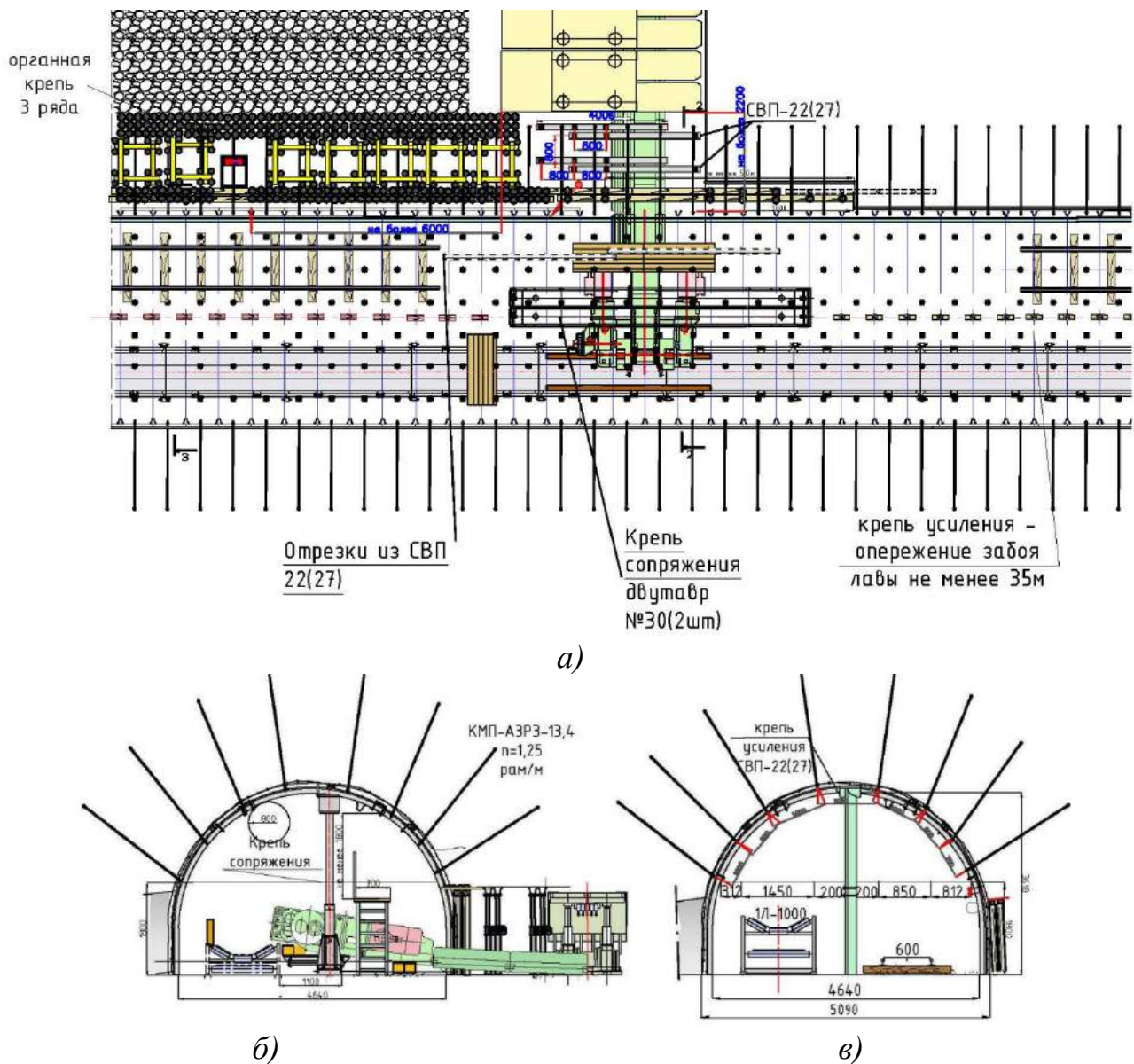


Рис. 5.8. Сполучення 206-ї західної лави пласта h_{10} з пром. штреком (а), поперечний переріз виробки на сполученні (б) і після проходження лави (в)

При цьому, на початковому етапі, при відході лави від розрізної печі, пром. штрек, розташований в зоні охоронного цілика конвеєрного уклону, підтримувався стрічковим вугільним цілком.

Чисельне моделювання для ділянки охорони пром. штреку смугою з дерев'яних кострів і органного кріплення було виконано з використанням розробленої вище моделі геомеханічної системи «підготовча виробка-охоронна конструкція-лава».

Фізико-механічні властивості охоронної конструкції з дерев'яних елементів наведені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Фізико-механічні характеристики вугілля і охоронної смуги з дерева

Назва характеристики	Дерево
Модуль пружності (Юнга), МПа	12851
Коефіцієнт Пуассона	0,3
Межа міцності на одновісьове стиснення, МПа	18

При моделюванні цієї охоронної системи, параметри і кількість анкерів приймалися, як і для попереднього випадку з використанням полоси Текхард, а ширина костра варіювалась від 1,5 до 4,5 м (рис. 5.9, 5.10).

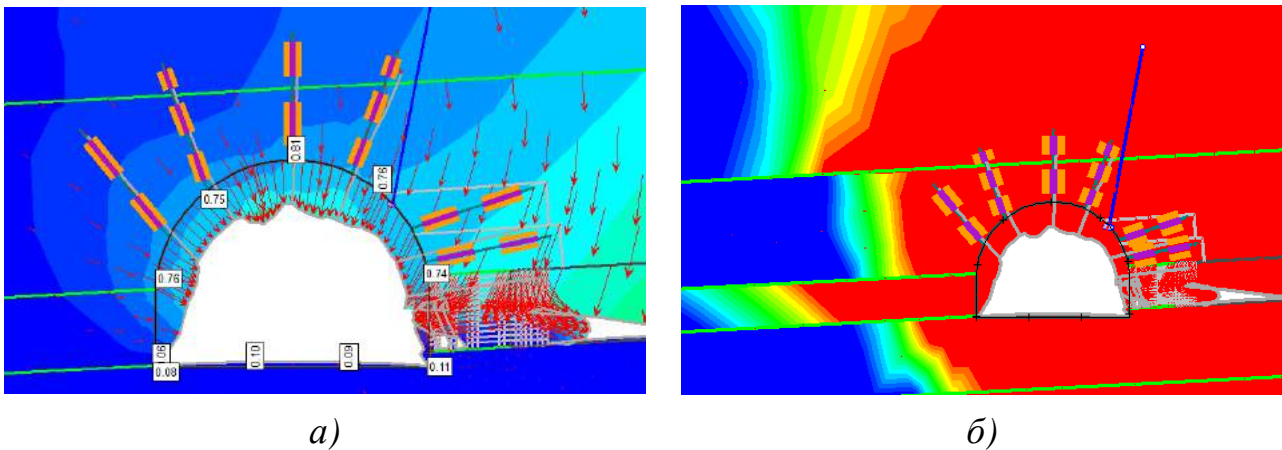


Рис. 5.9. Охорона виробки дерев'яним костром, шириною 1,5 м: *а* – зміщення контуру; *б* – розмір зони зруйнованих порід

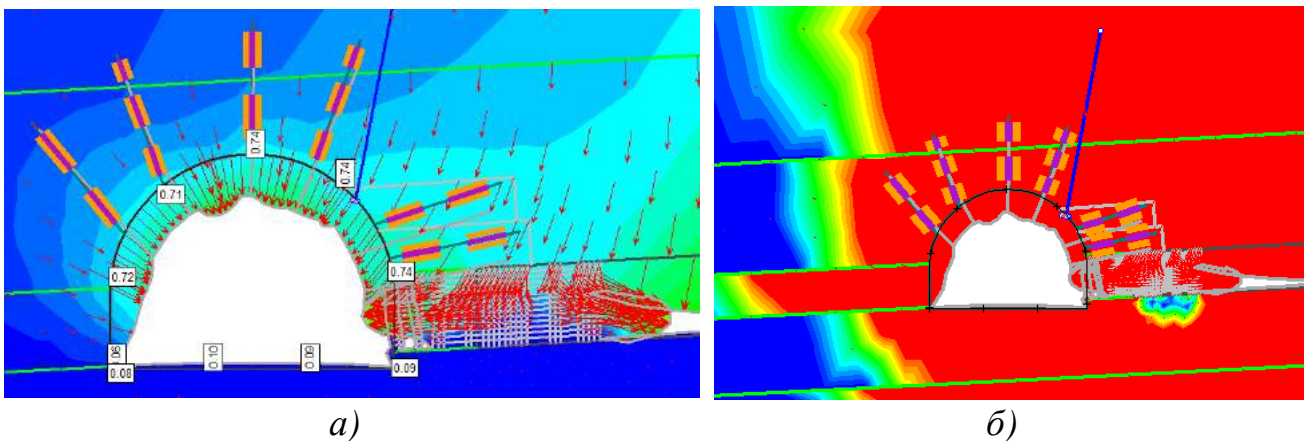


Рис. 5.10. Охорона виробки дерев'яним костром, шириною 3,0 м: *а* – зміщення контуру; *б* – розмір зони зруйнованих порід

Моделювалось декілька стадій для визначення ПДС:

- стадія 1 – моделювання недоторканного породного масиву відповідно даних геологічної служби шахти;
- стадія 2 – імітація проведення пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10} , шляхом «зняття» напружень по заданому контуру виробки (рис. 5.11, *a*);
- стадія 3 – імітація встановлення анкерів (рис. 5.11, *б*);
- стадія 4 – імітація наближення лави – поетапна імітація виймання вугілля, шляхом часткового «зняття» навантаження у вікні лави;
- стадія 5 – встановлення охоронної дерев'яної смуги (рис. 5.12, *a*);
- стадія 6 – імітація повного виймання вугілля в лаві («зняття» залишкового навантаження) (рис. 5.12, *б*).

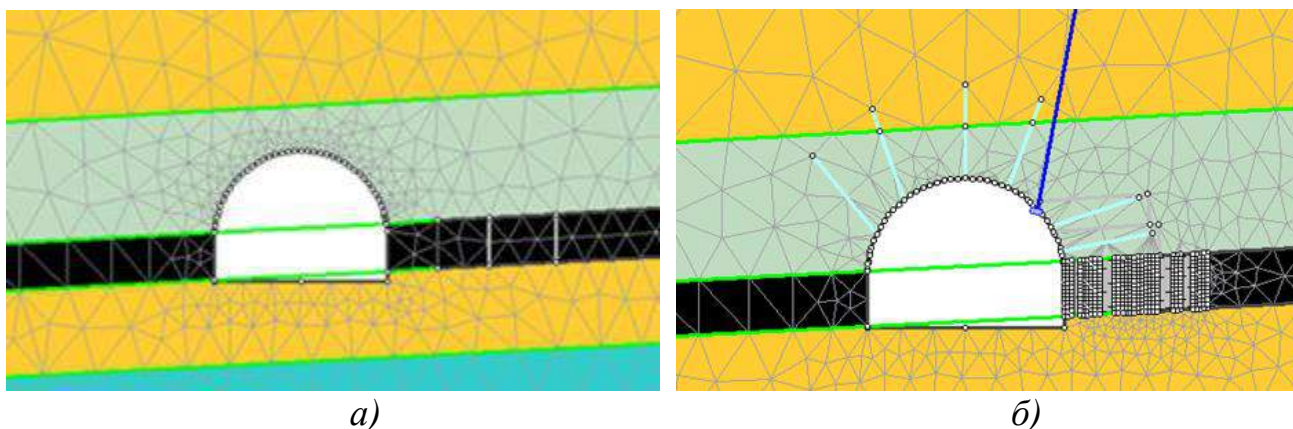


Рис. 5.11. Розрахункова схема для стадій: *a* – імітація проведення пром. штреку 206-ї західної лави (2); *б* – імітація встановлення анкерів (3)

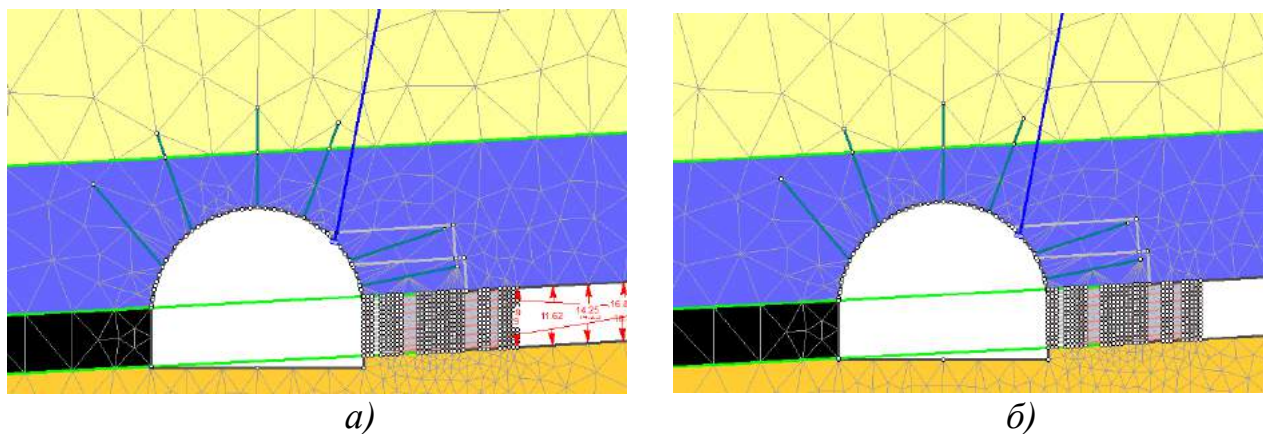


Рис. 5.12. Розрахункова схема для стадій: *a* – встановлення дерев'яної охоронної смуги (5); *б* – імітація повного виймання вугілля в лаві («зняття» залишкового навантаження) (6)

За результатами досліджень було встановлено, що розташування дерев'яного костра в безпосередній близькості до контуру виробки штучно занижує площу перерізу виробки за рахунок деформування конструкції. Тому, було прийнято рішення розташувати охоронну конструкцію на деякій відстані від підготовчої виробки.

Графіки залежностей залишкової площі перерізу виробки з різними параметрами дерев'яної охоронної конструкції і кількістю анкерів наведені на рис. 5.13.

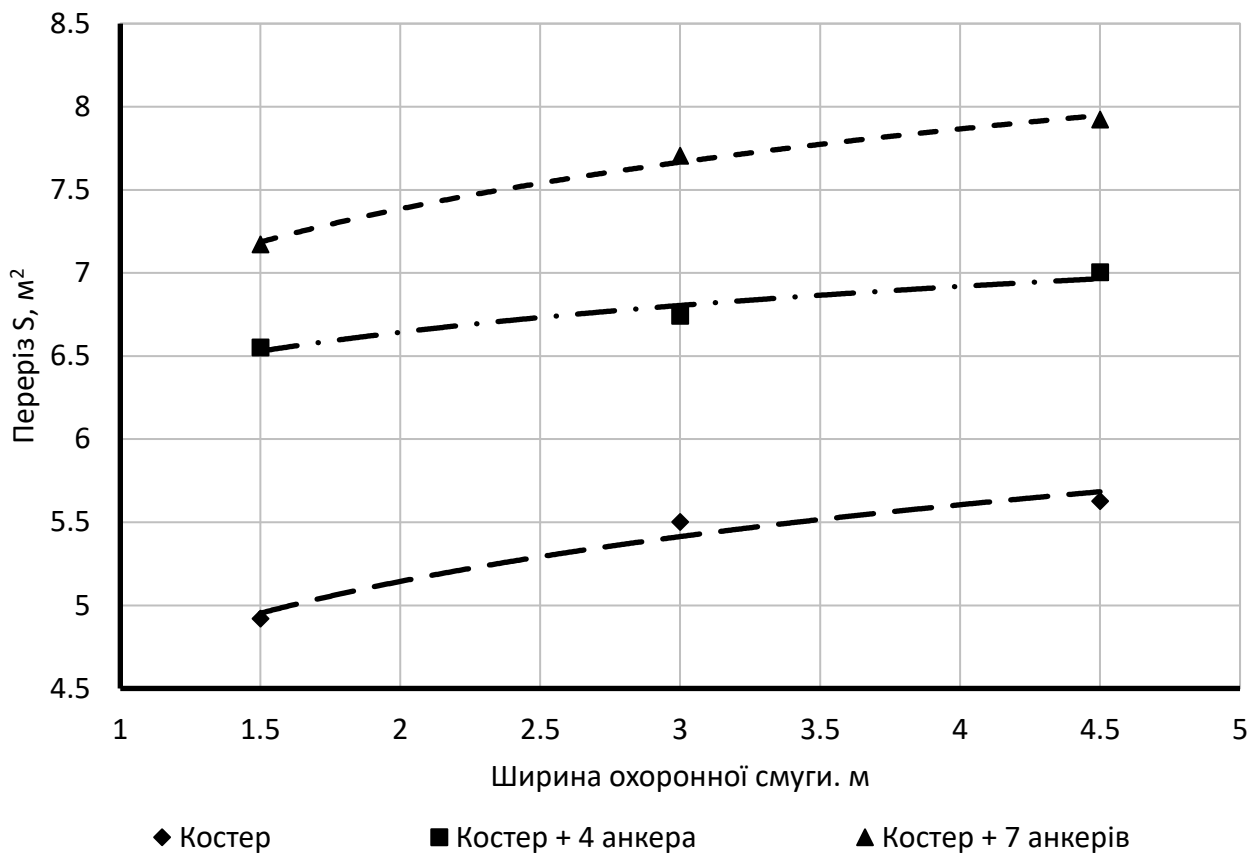


Рис. 5.13. Графіки залежності залишкової площі перерізу виробки з різними параметрами дерев'яної охоронної конструкції

Результати чисельних досліджень, що були проведені раніше для полоси Текхард знайшли підтвердження – використання рамно-анкерного кріплення дозволяє суттєво знизити деформації контуру виробки.

Для підтвердження валідності отриманих результатів розрахунків, в ході впровадження безціликового способу охорони пром. штреку був виконаний комплекс натурних досліджень.

5.3. Шахтні дослідження стану пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}

5.3.1. Візуальне обстеження стану пром. штреку

Посування вибою 206-ї західної лави на момент першого моніторингу стану пром. штреку склало 264 м. Монтажна камера розташовувалася на ПК5+16 м досліджуваного пром. штреку, очисний вибій на ПК18+18 м.

Арочне кріплення пром. штреку на відрізку ПК1-ПК6+10 м було встановлено при його проведенні в 2009-2010 рр. Після проведення деякий час виробка

була затоплена, що призвело до корозії металевого кріплення (рис. 5.14). Після відкачування води з пром. штреку його проходка з ПК6+10 м відновилася.

Прохідницький вибій випереджав очисний на 200 м. Вибухові роботи проводилися з великими переборами породи в перерізі виробки. У зв'язку з цим, у багатьох місцях контакт рам кріплення з навколишніми породами відсутній, рами не розклинювались і не виконувалась забутовка.



Рис. 5.14. Стан кріплення пром. штреку після відкачки води

Для охорони 206-го пром. штреку з початку ведення виймальних робіт, як було наведено вище, використовувались різні способи охорони і кріплення виробки, схема яких наведена на рис. 5.15.

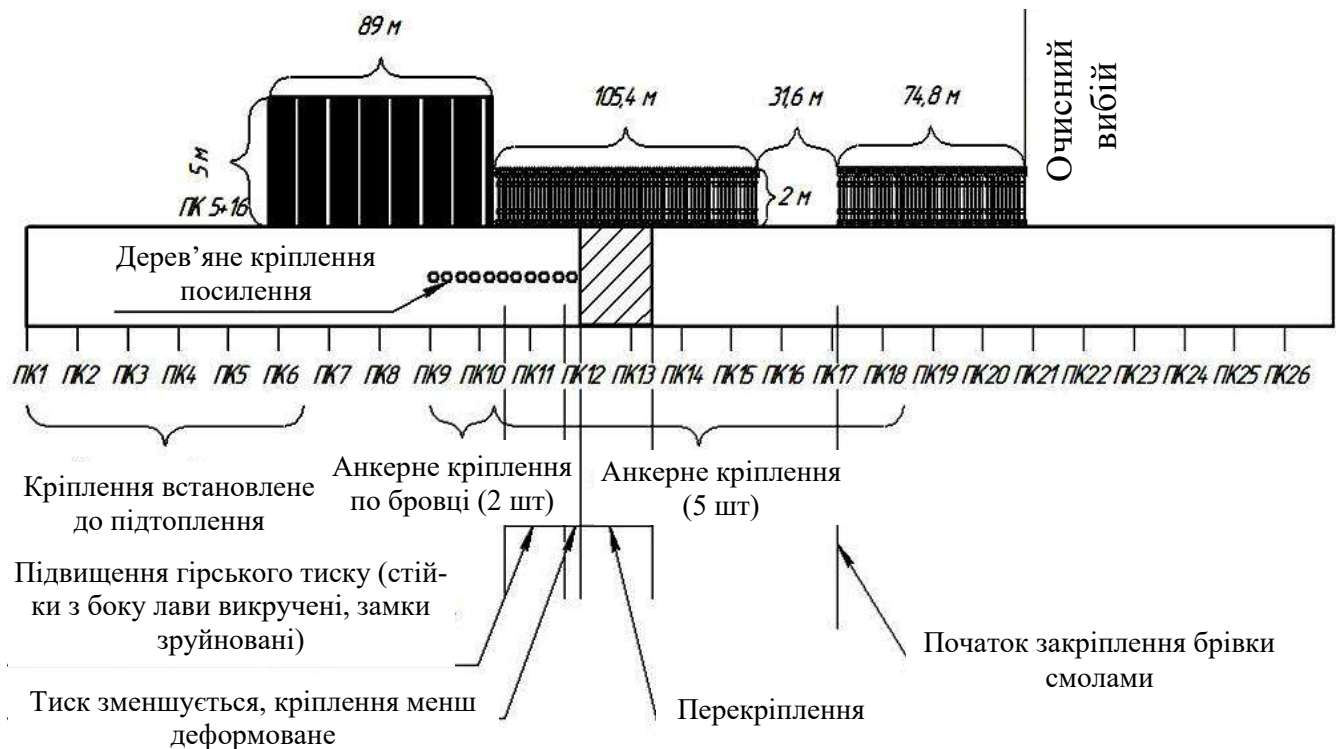


Рис. 5.15. Способи охорони і кріплення пром. штреку 206-ї західної лави

Задля зручності аналізу результатів візуального моніторингу слід розділити виробку за способами охорони на 4 ділянки.

Ділянка № 1, що охороняється вугільним цілком, шириною 5 м розташована на відрізку виробки ПК5+16 м – ПК10+5 м. На перших 64 м ділянки не застосовувалися додаткові способи кріплення і підтримання виробки. Далі, з ПК9, виконувалось встановлення посилююче кріплення під кожен раму і 2 анкери в брівку пласта (рис. 5.16).

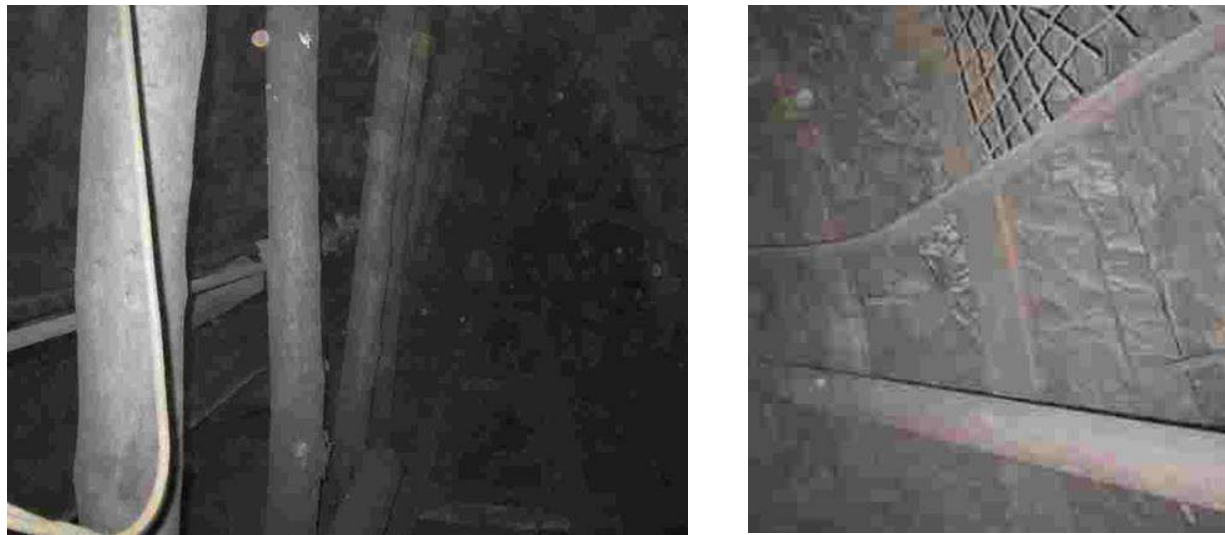


Рис. 5.16. Установка посилюючого кріплення і анкерів по брівці пласта

На всій ділянці, за час моніторингу, перекріплення не проводилося. Переріз виробки становив 6,75...8,1 м². В кінці ділянки спостерігалось підвищення гірського тиску, про що свідчили розриви кріпильних скоб і зменшення перерізу виробки. Далі, з ПК10+5 м відбувся перехід на безціликову технологію виймання.

Ділянка № 2, що охороняється дерев'яними кострами та органічним кріпленням, розташовувалась на відрізку виробки ПК10+5 м – ПК15+10 м. Також, з ПК10 + 5 м виконувалось кріплення боків і покрівлі пром. штреку анкерним кріпленням (5 шт.), а посилююче кріплення було передбачено на всій ділянці.

З ПК10 + 10 м спостерігалось підвищення гірського тиску, про що свідчило видавлювання бічних порід у виробку, скручування стійок і верхняків рам кріплення, руйнуванні елементів замкових з'єднань і посилюючого кріплення (рис. 5.17).

Також, на цій ділянці спосіб охорони виробки не відповідає паспорту, оскільки відсутні 2 ряди органічного кріплення з боку виробки (рис. 5.18).

На відрізку ПК11+13,5 м – ПК12 – тиск зменшився, а кріплення менш деформоване.

На відрізку пром. штреку в межах ПК12 – ПК13+8,5 м з огляду на значне зменшення площі перерізу (менше 5 м²) і поганий стан виробки було виконане перекріплення (рис. 5.19, 5.20), а крок установлення рам становив – 0,5 м.



Рис. 5.17. Скручування елементів кріплення і витискання порід у виробку



Рис. 5.18. Відсутність органного кріплення



Рис. 5.19. Стан виробки до перекріплення



Рис. 5.20. Перекріплена ділянка

На цій ділянці були виявлені порушення у технології встановлення анкерного кріплення. Більшість шпурів під анкери були пробурені не на всю довжину, в результаті чого анкерне кріплення не відповідало паспорту кріплення (рис. 5.21).

Також, внаслідок випуску порід покрівлі під час перекріплення цього відрізка виробки виявлено, що шпури при встановленні анкерів були повністю заповнені закріплювачем. Це призвело до відсутності контакту анкера з породами на глибину до 1 м (рис. 5.22). В результаті, анкерне кріплення не працювало належним чином, тому після випуску породи хвостовики анкерів були зрізані.

На відрізку виробки ПК13+8,5 м – ПК15+5 м зафіксована зміна форми поперечного перерізу в результаті зміщень порід лівого борту у виробку. Внаслідок цього відбувалась деформація стійок рамного кріплення і руйнування замкових з'єднань з боку правого борту виробки (рис. 5.23). На відрізку ПК14+5 м – ПК15+5 м проявлялись ознаки підвищення гірського тиску (осипання і видавлювання породи).



Рис. 5.21. Установлення анкерного кріплення з порушенням технології



Рис. 5.22. Анкерне кріплення після випуску породи з покрівлі



Рис. 5.23. Деформація стійок аркового кріплення

Ділянка № 3 розташована на відрізку виробки ПК15+10,4 м – ПК17+2 м. Зважаючи на відсутність кріпильних матеріалів зведення охоронної смуга не передбачалось. В результаті цього бривка на сполученні з пром. штреком обвалувалась одразу за проходженням очисного забою.

У виробці спостерігалися вивали порід значних об'ємів з боку лави (5.24, 5.25).



Рис. 5.24. Місця руйнування замкових з'єднань



Рис. 5.25. Вивали порід з боку виймального вибою

Ділянка № 4 розташовувалась на відрізку виробки ПК17+2 м – ПК18+18 м. Спосіб охорони – дерев'яні костри і органне кріплення.

Підвищена піддатливість охоронної смуги з дерев'яних кострів, а також її повна відсутність на попередній ділянці, показали, що надмірна деформація бровки на сполученні «лава-штрек» провокує вивалоутворення – породи покрівлі обвалюються одразу за пересуванням механізованого кріплення (рис. 5.26). Крім того, ця ж причина призводила до значного перекосу рам кріплення, руйнування в замках піддатливості, розриву стійок.



Рис. 5.26. Спосіб охорони дерев'яними кострами

Для визначення раціональних параметрів зміцнення порід ін'єкційними анкерами, були виконані чисельні дослідження, результати яких наведені в п. 5.5.

5.3.2. Інструментальні дослідження стану пром. штреку

Комплекс досліджень у виробі проводився за трьома методиками. Перша передбачала вимірювання параметрів перерізу кріплення на вимірювальних пунктах через певні відстані по всій довжині виробки.

За другою і третьою методиками виконувалася оцінка змін параметрів перерізу кріплення від впливу очисних робіт з установкою вимірювальних станцій попереду очисного вибою з подальшим контролем геометричних параметрів в міру наближення лави. Вимірювальні станції по другій методиці встановлювалися на рамах кріплення, по третій – на анкерному кріпленні.

Для першої серії вимірювань параметри поперечного перерізу виробки визначалися без прив'язки до певного місця, з замірюванням ширини і висоти та подальшого розрахунку перерізу у світлі, з урахуванням встановленого поправочного коефіцієнта (див. п. 3.3).

Оцінка отриманих результатів показала наступне.

Середнє значення параметрів перерізу пром. штреку позаду очисного вибою склало: ширина $B = 3,48$ м, висота $H = 2,8$ м, переріз в світлі $S_{св} = 7,81$ м². В 15-ти метрах попереду очисного вибою параметри наступні: $B = 3,95$ м, $H = 4$ м і $S_{св} = 12,64$ м² (рис. 5.27, 5.28).

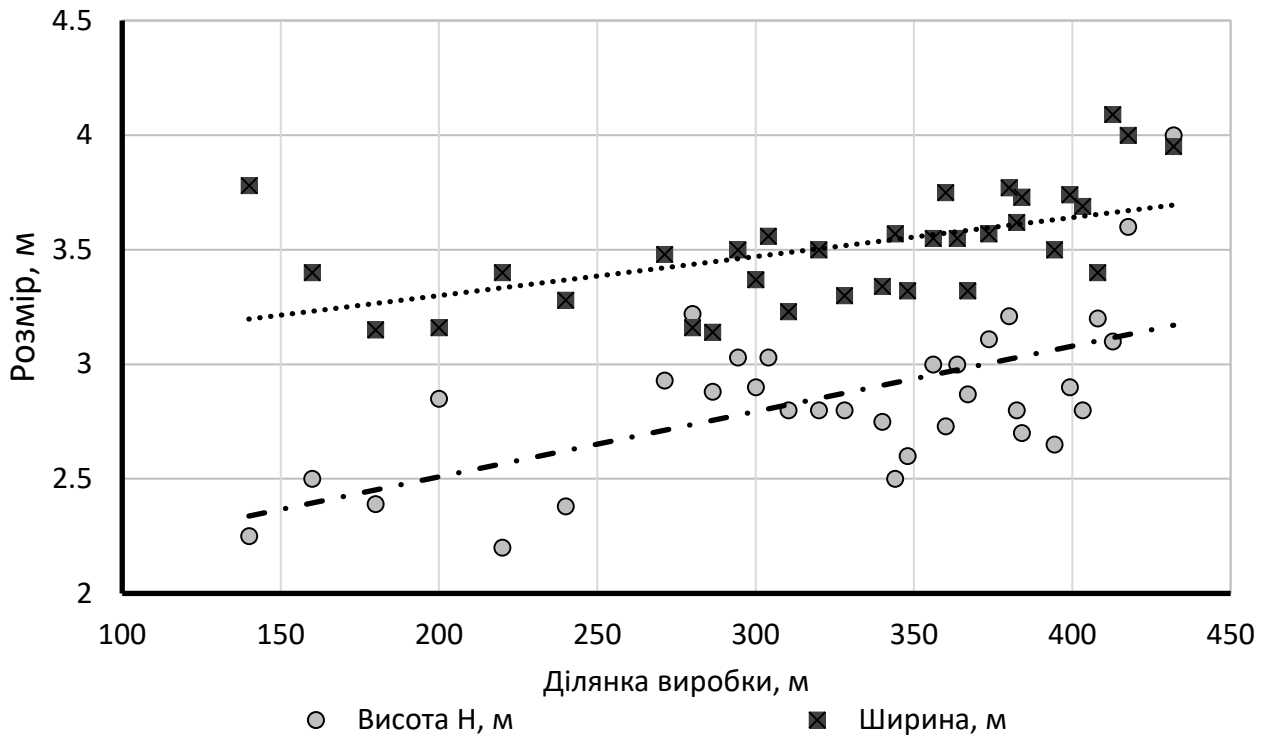


Рис. 5.27. Висота і ширина виробки за її довжиною

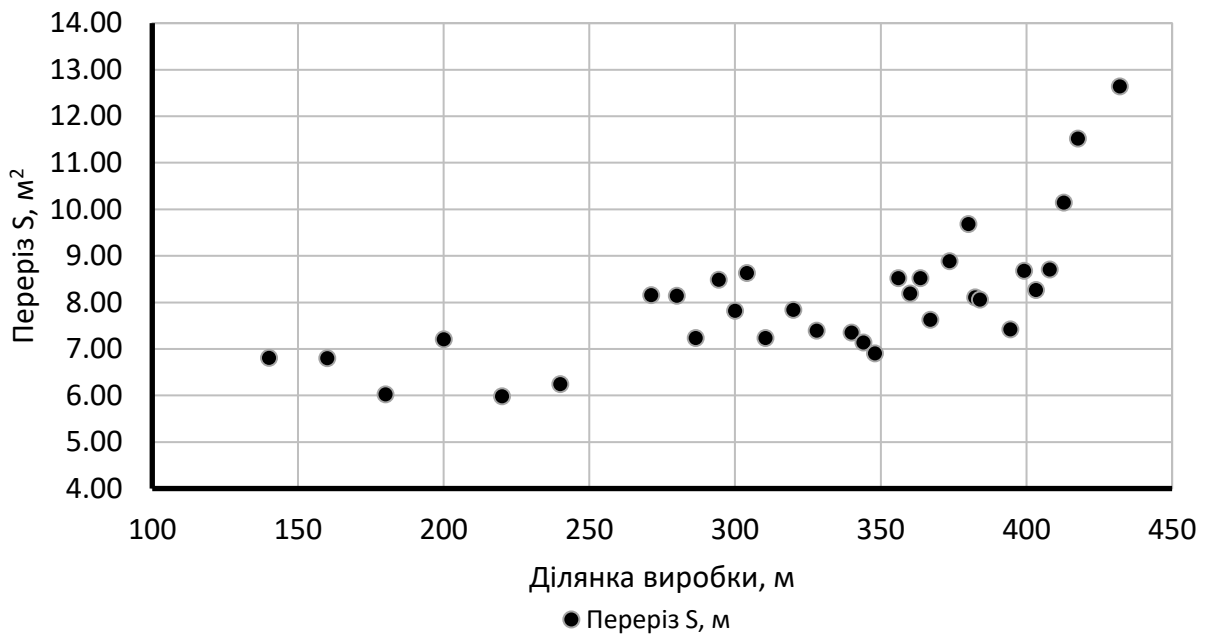


Рис. 5.28. Переріз виробки за її довжиною

Відповідно до методики, описаної в п. 3.3, на відстані 50...75 м до лінії очисного вибою 206-ї західної лави було встановлено 8 вимірювальних станцій з інтервалом від 4 м до 15 м. У міру наближення лави фіксувалися висота і ширина рам кріплення і визначалася площа поперечного перерізу. Результати цієї серії вимірів наведені на рис. 5.29 і 5.30.

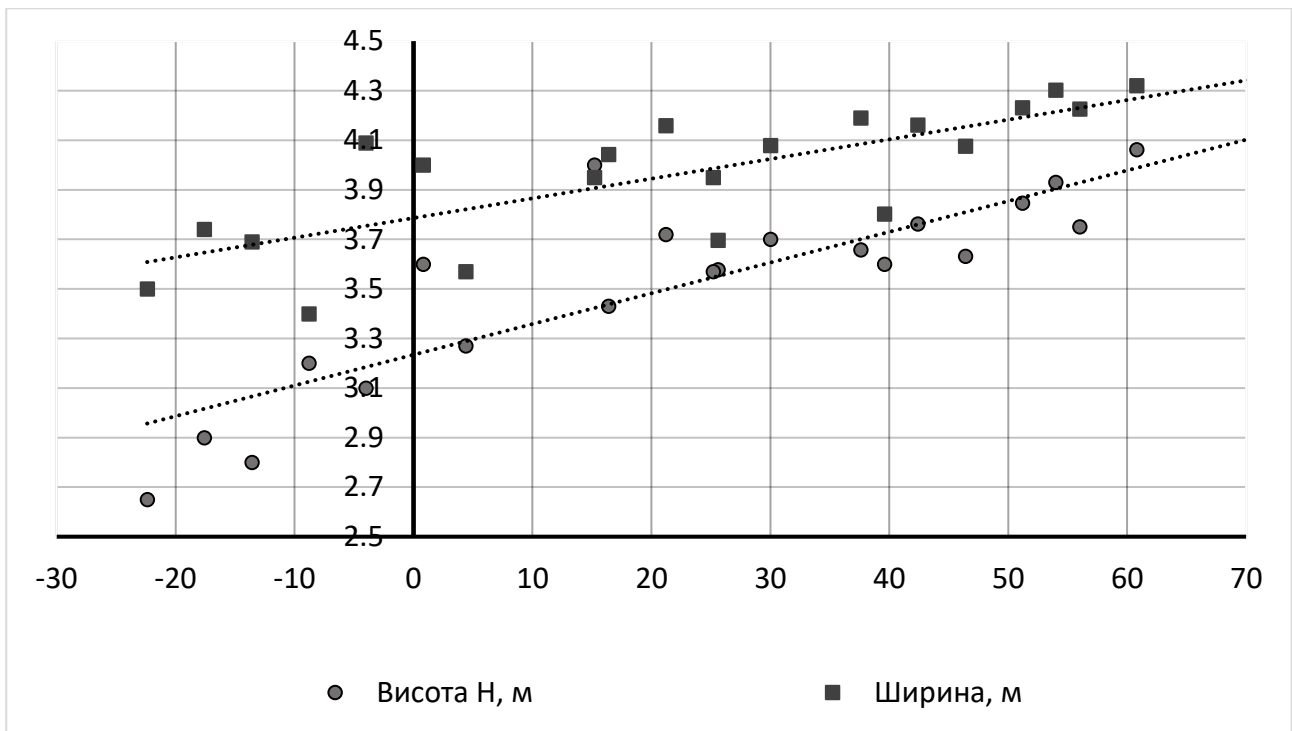


Рис. 5.29. Зміна висоти і ширини виробки в міру наближення очисного вибою

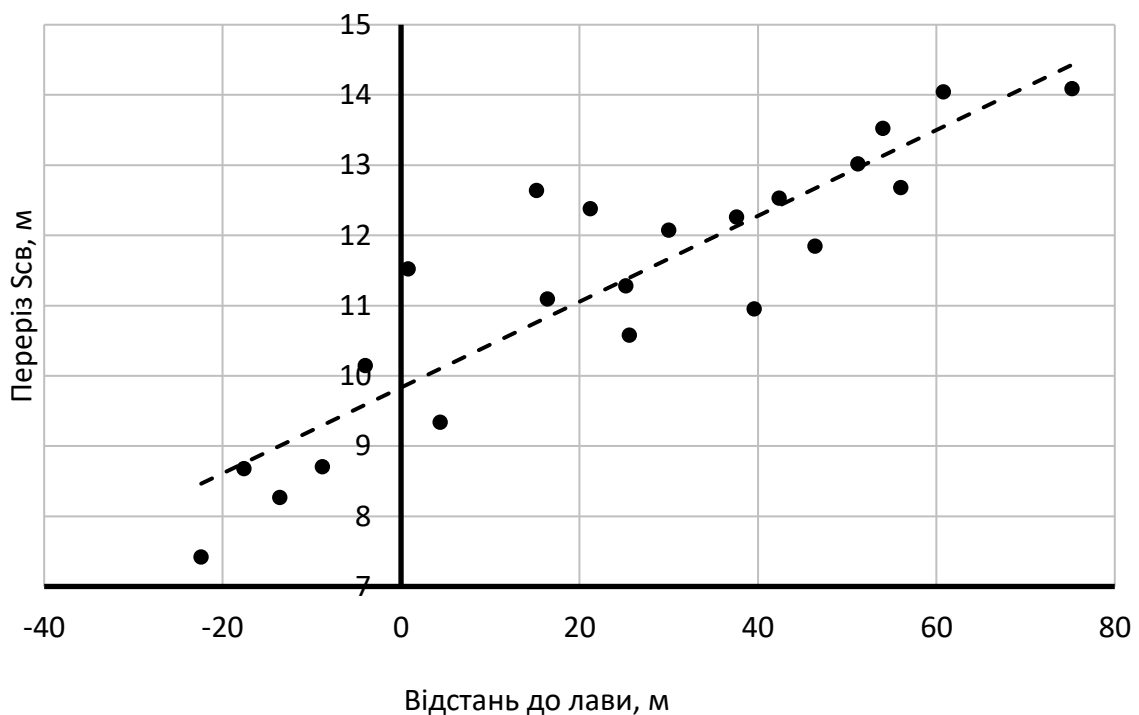


Рис. 5.30. Зміна перерізу виробки в міру наближення очисного вибою

Вимірювання висоти і ширини від центру виробки дозволило виконати аналіз зміни відстаней від центру до верхняка, підшви і боків виробки (рис. 5.31, 5.32).

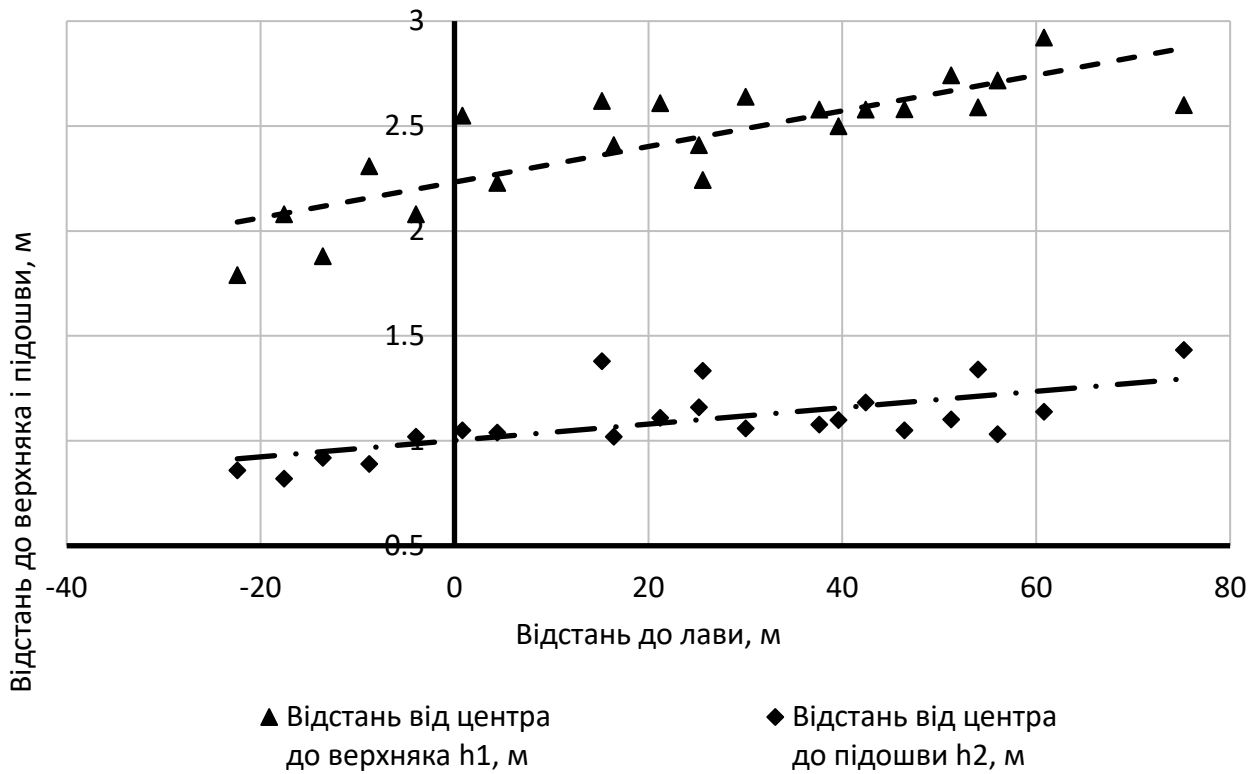


Рис. 5.31. Зміна відстаней від центра виробки до верхняка и підшови

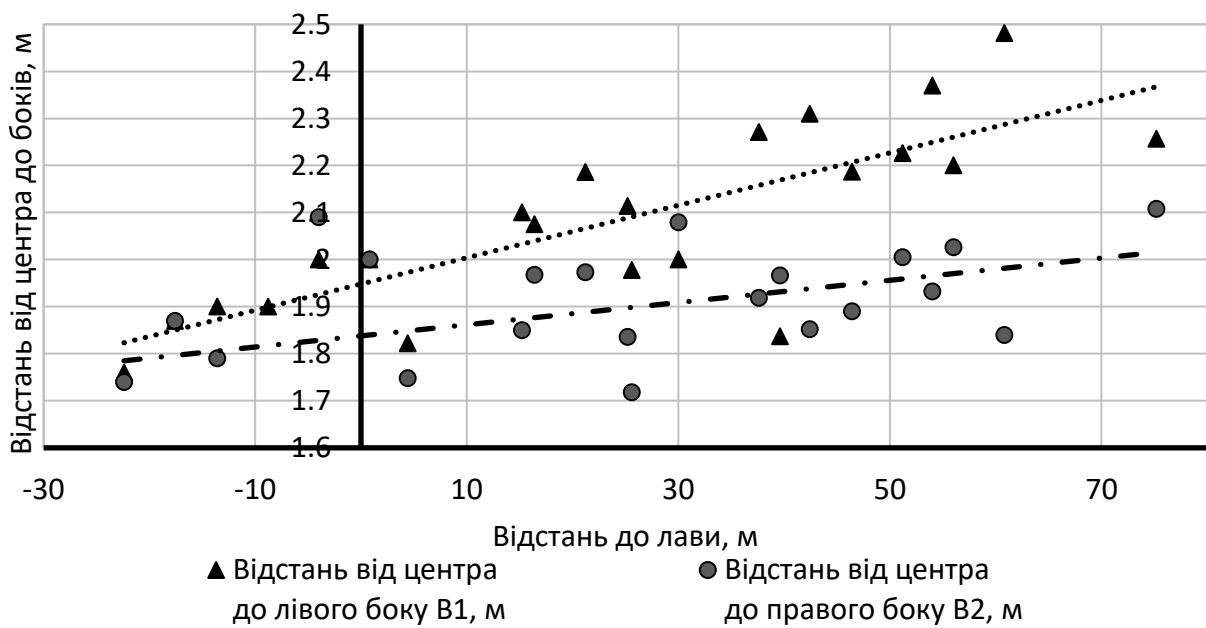


Рис. 5.32. Зміна відстаней від центра до боків виробки

За третьою методикою вимірювання проводилися між елементами анкерного кріплення з одного боку виробки і розстрілом аркового кріплення з іншого. Вимірювані параметри наведені на рис. 5.33.

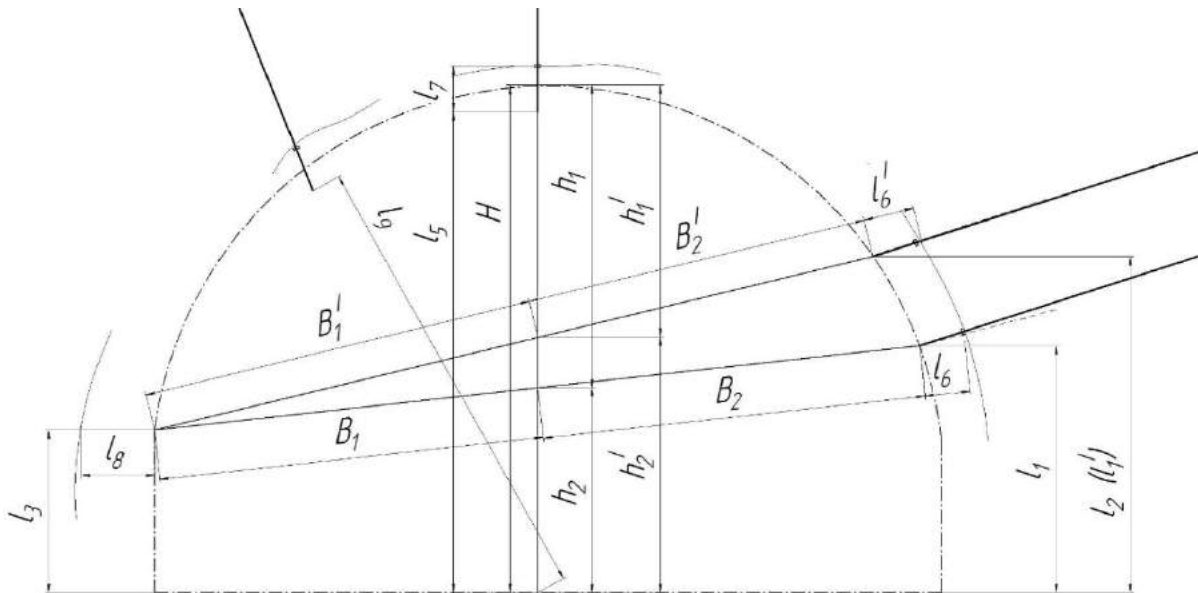


Рис. 5.33. Вимірювані параметри для рамно-анкерного кріплення

Вимірювальні станції встановлювалися на відстані 17...20 м попереду очисного вибою (через відсутність випередження встановлення анкерів). Після встановлення і зняття перших вимірювань певний період вимірювання не виконувались. Внаслідок цього, відсутні дані за тривалий проміжок часу (рис. 5.34).

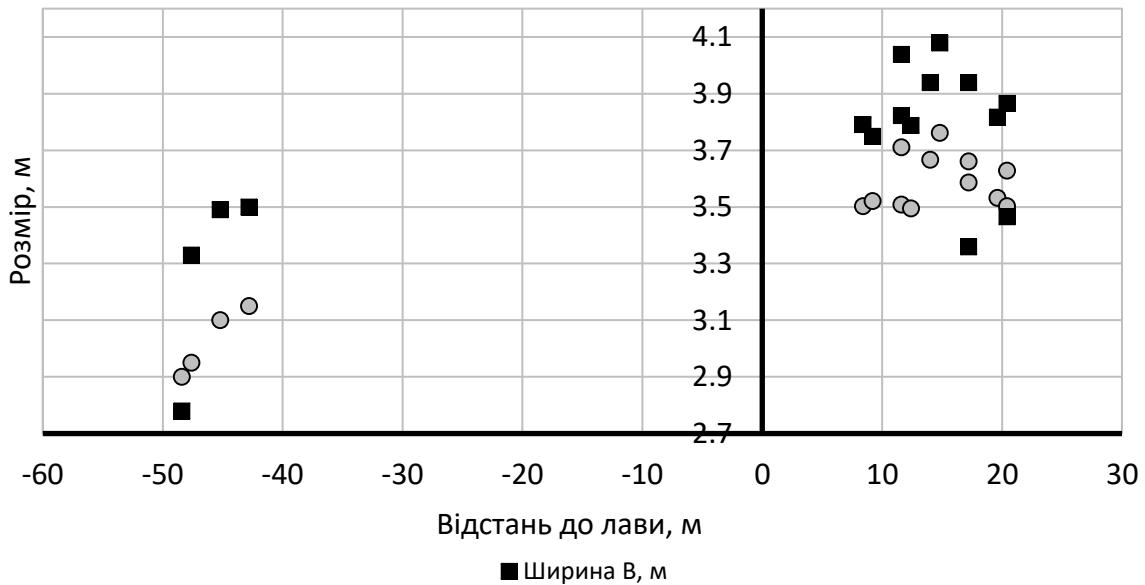


Рис. 5.34. Данні по станціях на рамно-анкерного кріплення

Збір точних даних на цих вимірювальних станціях став неможливий через горизонтальні зміщення анкерного кріплення (виліт анкера) (рис. 5.35).

Враховуючи зазначені вище причини, до подальшого аналізу з даних отриманих за третьою методикою приймаються тільки зміни висоти виробки.

Подальший аналіз має врахувати дані по замірним станціям в динаміці, враховуючи наближення, прохід та відхід лави (рис. 5.36 – 5.38).

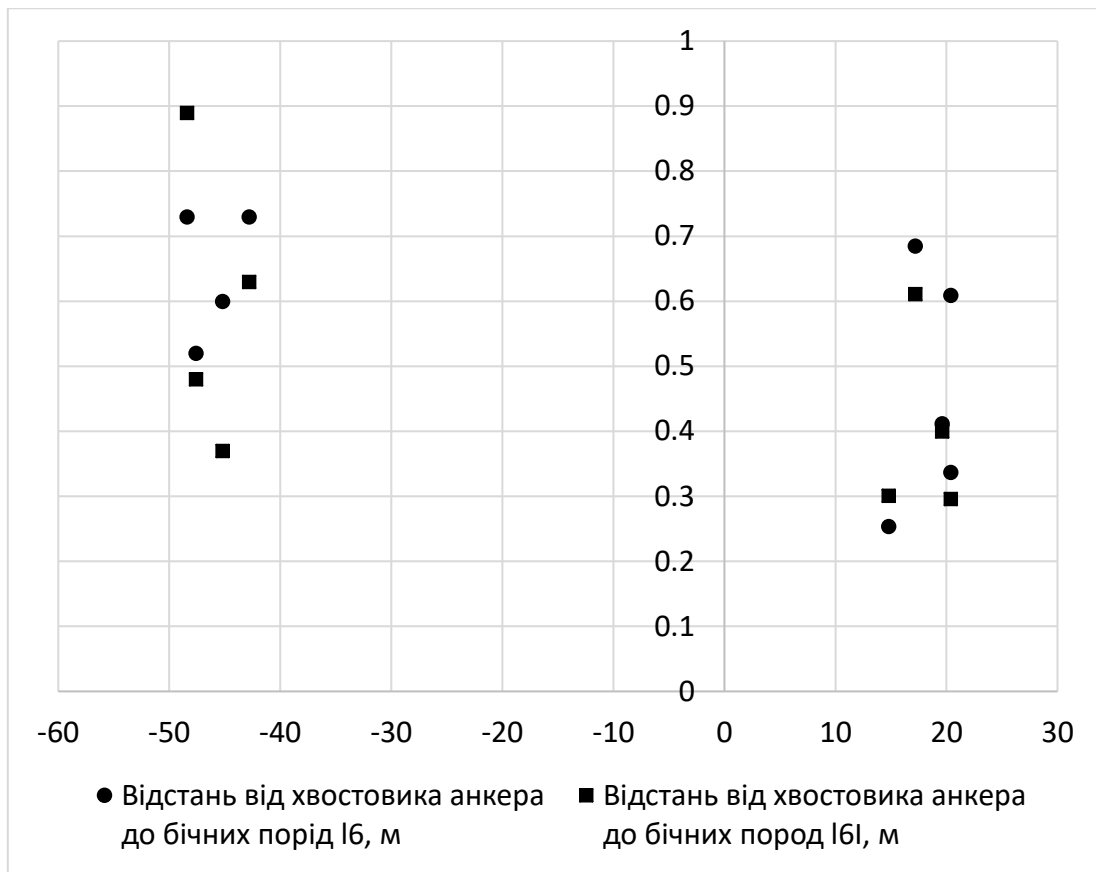


Рис. 5.35. Зміна відстані від хвостовика анкера до бічних порід

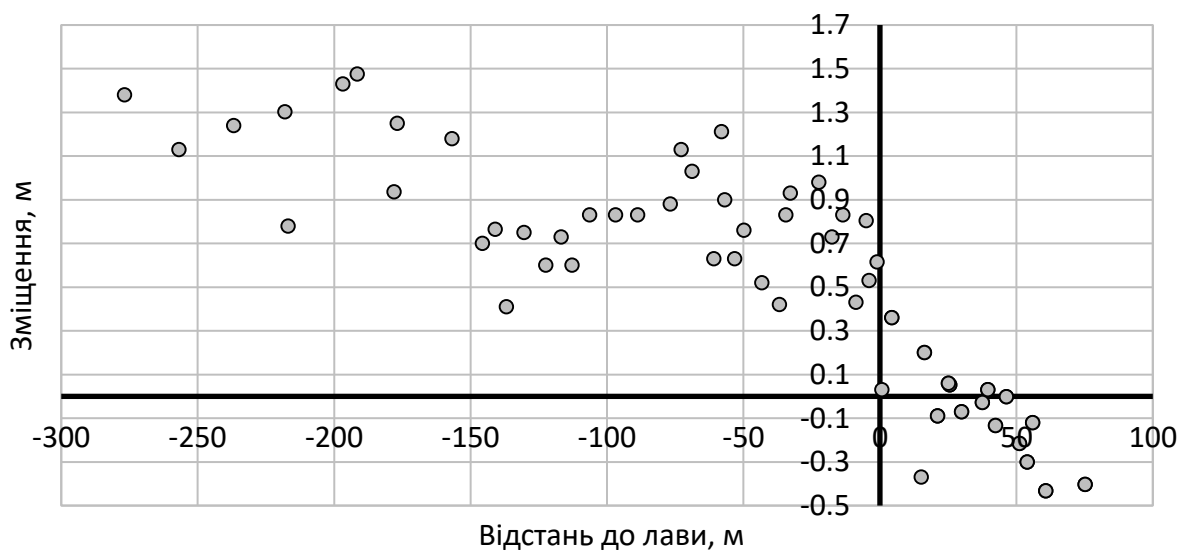


Рис. 5.36. Зміщення покрівлі виробки в міру наближення лави

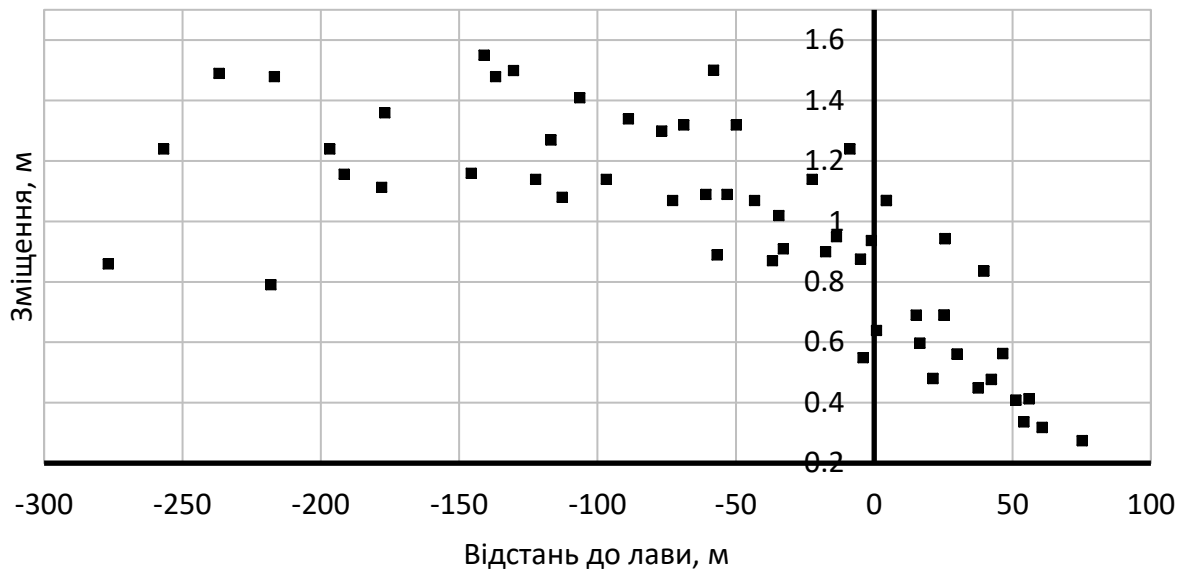


Рис. 5.37. Зміщення боків виробки в міру наближення лави

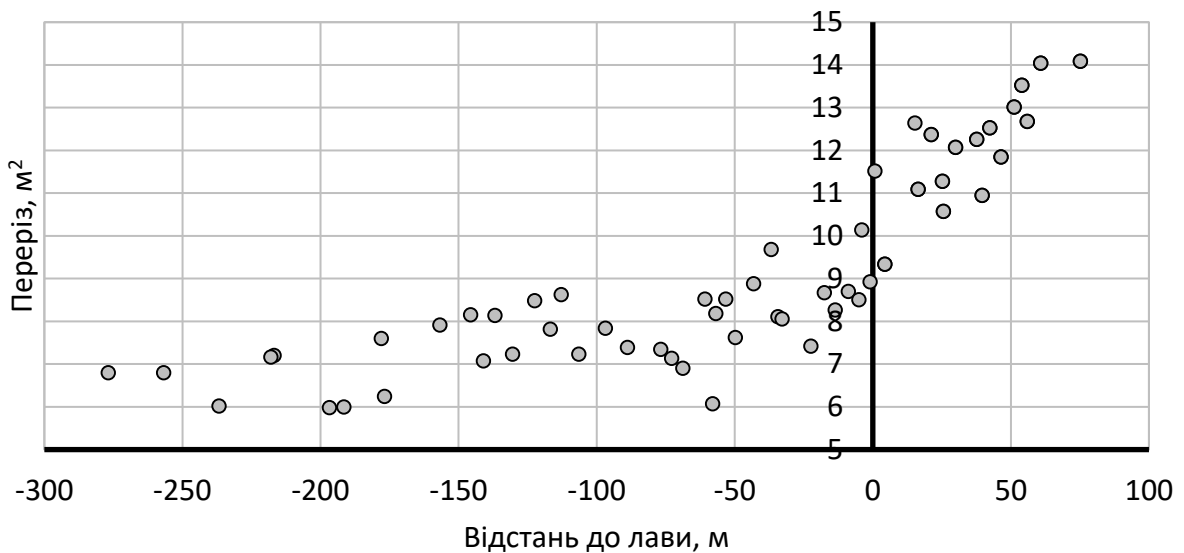


Рис. 5.38. Зміна площі поперечного перерізу виробки

Спостереженнями встановлено, що зміщення контуру виробки починаються на відстані 60 м від вікна лави. Переріз виробки на сполученні з лавою становить 65% від проектного. А враховуючи, що виробка пройдена з перерізом на 5 – 10 % більше проектного, зміщення є більш суттєвими.

За лавою висота виробки становить, в середньому, $H = 2,77$ м, ширина $B = 3,49$ м, переріз $S = 7,72$ м². Відповідно, це становить 75 %, 76 % і 57,6 % від проектних. В основному, переріз зменшується за рахунок осідання покрівлі та підвищених зміщень порід покрівлі з боку лави в бік виробки.

Значні зміщення масиву обумовлені переважно низькою якістю встановлення комбінованого кріплення. Як і раніше оконтурювання виробки при проведенні виконується з великими переборами, анкери встановлюються з відставанням від вибою виробки і з порушенням технології: глибина шпурів часто менше довжини анкера, а закріплення стрижню виконується не за всією довжиною анкера.

Збільшенню деформацій масиву під впливом очисних робіт сприяє також підвищення піддатливості охоронної смуги. Це також викликає обвалення бровки і призводить до несиметричного навантаження кріплення. Крім того, загальна ширина охоронної смуги (дерев'яні костри і органне кріплення) менше розрахункової величини – 2,0 м замість 2,7 м [154].

5.4. Чисельне моделювання закріплення бровки на сполученні «лава-штрек» в умовах пром. штреку 206-ї західної лави

Проведене на шахті впровадження методу охорони з використанням дерев'яних кострів і органного кріплення, виявило істотний недолік застосовуваної конструкції – її високу піддатливість. Внаслідок цього, при сильній тріщинуватості порід в брівці пласта відбувалися їх вивали, що викликало необхідність перекріплення виробки з зупинкою лави. Для закріплення порід бровки і попередження вивалам було запропоновано локальне ін'єктування масиву смолою Беведол-Беведан з використанням анкерів ИРМА.

Для визначення раціональних параметрів зміцнення бровки була виконана серія розрахунків відповідно до схеми, показаної на рис. 5.39.

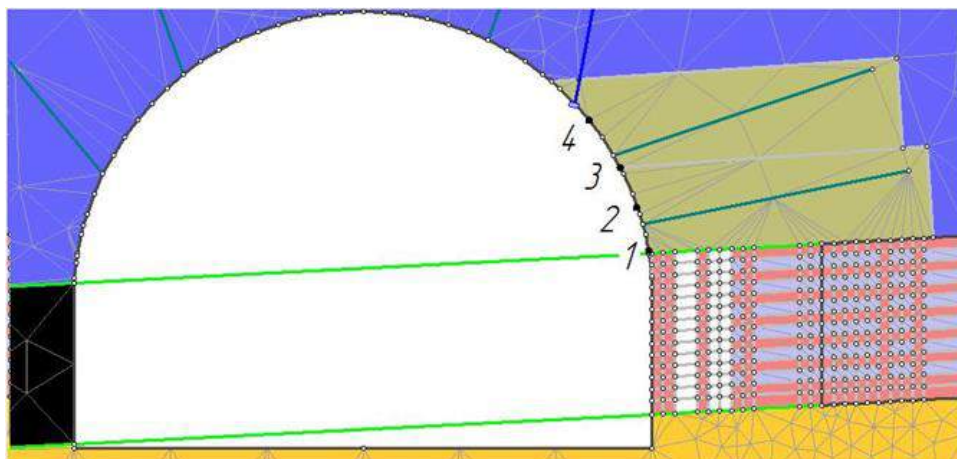


Рис. 5.39. Схема для визначення раціональних параметрів зміцнення

З урахуванням тріщинуватості порід і довжини ін'єкційних анкерів, для розрахунків прийнято радіус поширення смоли 40 см, глибина зміцненої зони – 2,5 м. У результаті виконаних розрахунків встановлено, що зміцнення порід бровки, при ширині костра 3 м, без зміцнення масиву складають $U_n = 0,74$ м, залишковий переріз $S_{зал} = 7,7$ м, зі зміцненою зоною висотою 0,8 м – $U_n = 0,62$ м, $S_{зал} = 7,86$ м, а зі зміцненою зоною висотою 1,6 м – $U_n = 0,53$ м, $S_{зал} = 8,02$ м (рис. 5.40). Зміцнення порід бровки зменшуються при зміцненні на висоту 1,6 м на 29 %.

Виконані розрахунки показали, що при закріпленні порід над охоронною смугою з кострів необхідні стійкість і переріз виробки забезпечуються при ширині дерев'яної смуги 3 м, 5-ти анкерах і при зміцненні порід бровки двома рядами ін'єкційних анкерів на висоту на менше 1,6 м від пласта.

Збільшення площі перерізу виробки при зміцненні порід бровки, в порівнянні з застосуванням тільки анкерного кріплення, показано на рис. 5.41.

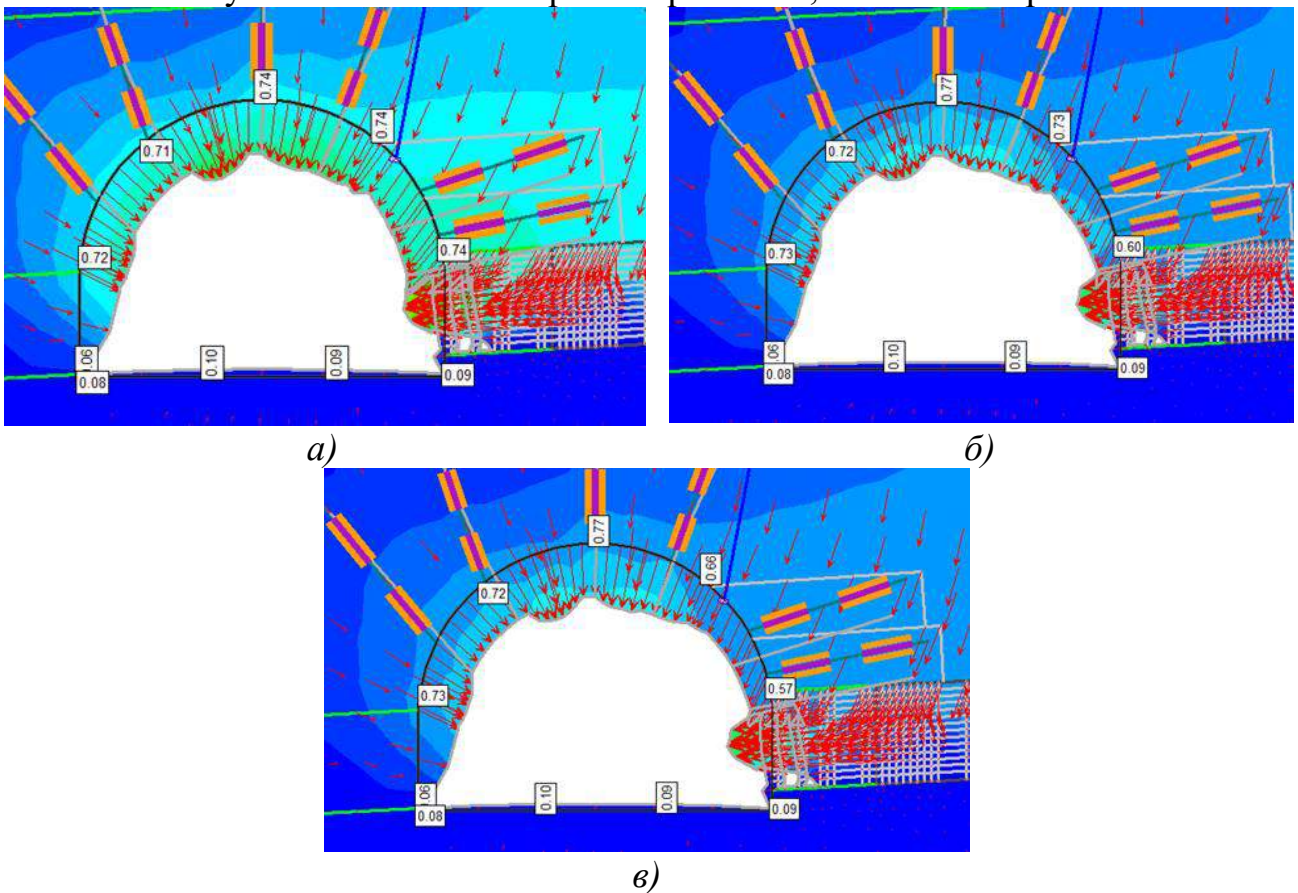


Рис. 5.40. Зміщення порід бровки: *a* – без зміцнення; *б* – при зміцненні на 0,8 м від пласту; *в* – при зміцненні на 1,6 м

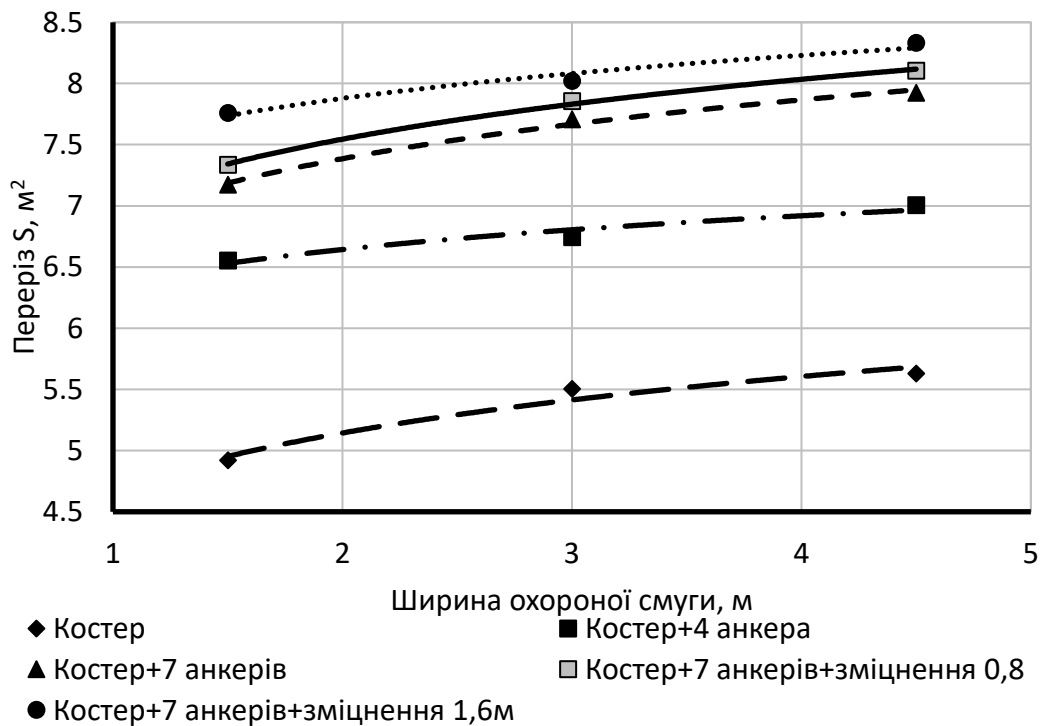


Рис. 5.41. Графіки залежності остаточної площі перерізу виробки з різними параметрами дерев'яної охоронної конструкції і зміцненням порід бровки

При цьому було зроблено зіставлення геологічного індексу міцності GSI, який приймався для порід при моделюванні з нормативними значеннями класифікації порід за стійкістю (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Відповідність геологічного індексу міцності GSI и класифікації порід за стійкістю (за даними Бабця Д.В.) [156]

Категорія стійкості	Оцінка стану стійкості порід	Осадкові породи. U , мм	Значення індексу GSI	Опис структури масиву по Хоку
I	Стійкі	До 50	більше 70(75)	добре зчеплений породний масив з блоків кубічної форми з системами тріщин, що взаємно перетинаються
II	Середньостійкі	Від 50 до 200	40(45) – 70(75)	частково порушений масив з багатограниними блоками, що утворені перетином 4-х або більше систем тріщин
III	Дуже нестійкі	Від 200 до 500	30(35) – 40(45)	шаруватий складчастий масив з включеннями частин круглої і багатокутної форми.
IV	Вельми нестійкі	Понад 500	менш 30(35)	слабо пов'язаний, дезінтегрований, сильно порушений масив

Порівняння показало, що зменшення зміщень контуру і підвищення ступеня стійкості порід адекватно відображає вплив заходів щодо зниження деформацій масиву (рис. 5.42).

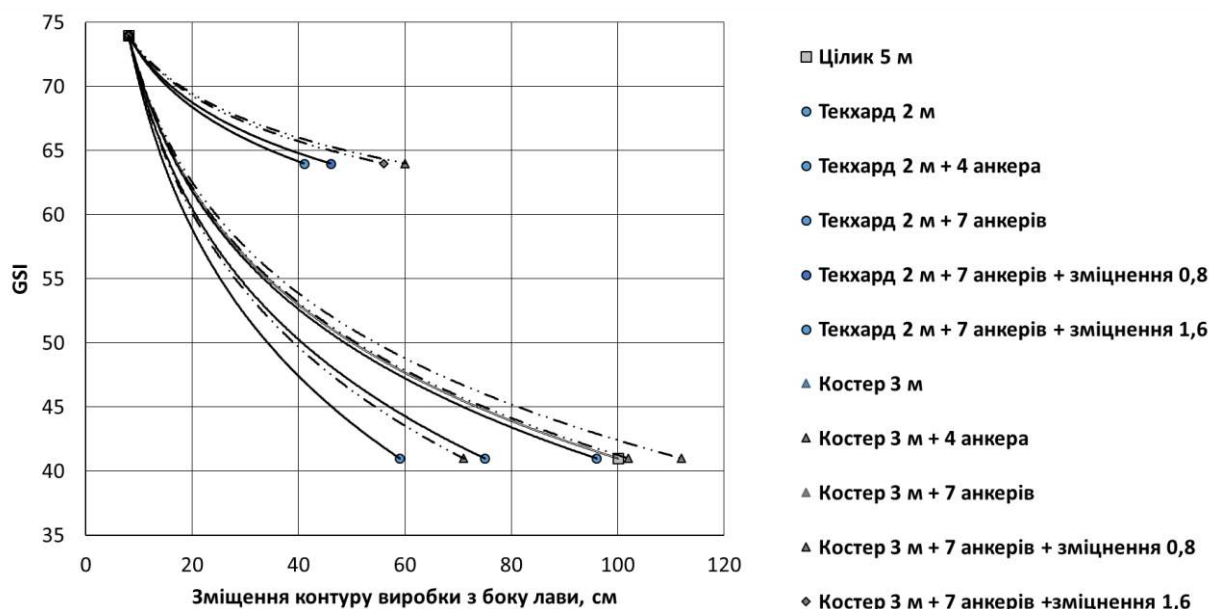


Рис. 5.42. Зіставлення геологічного індексу міцності GSI порід, який приймався при моделюванні з нормативними значеннями класифікації порід за стійкістю

Таким чином, в гірничо-геологічних умовах глибоких антрацитових шахт економічно доцільне повторне використання конвеєрних виробок можливо при

величині залишкового перерізу не менше 60 % від початкового, що досягається застосуванням семи анкерних болтів, з яких два підкріплюють бровку над вікном лави, а п'ять встановлені в покрівлі, а також таких охоронних конструкцій, жорсткість яких обмежує зміщення породного контуру в покрівлі виробки до 20 % від її проектної висоти.

5.5. Зміцнення бровки на сполученні «лава-штрек»

Зміцнення бровки здійснюється способом нагнітання полімерних смол в породний масив, підставою для чого була неможливість утримання порід бровки після пересування механізованого кріплення для викладки охоронних споруд.

Вибір речовини для зміцнення порід був зроблений виходячи з таких міркувань.

Склади для зміцнення порід поділяються на три основні категорії: водні суспензії тонких частинок, гелі, в'язкість яких поступово збільшується до їх повного затвердіння і синтетичні смоли, які твердіють під впливом затверджувачів або каталізаторів [157].

До першої групи відносять водні розчини цементу і глинисті розчини, яким притаманний істотний недолік – швидку седиментацію. До другої – силікатні клеї, широко використовувані для тампонажу ґрунтів і обводнених пісків, які мають довгий час затвердіння.

Синтетичні смоли мають ряд переваг: добре регулюється час гелеутворення і затвердіння, мають високу проникність по тріщинах, високу адгезію до гірських порід та велику механічну міцність [157].

В даний час на ринку є ряд виробників, що пропонують смоли з різними технічними характеристиками (табл. 5.5) [158].

Для умов зміцнення порід бровки 206 пром. штреку обрана технологія нагнітання рідких пінополіуретанових смол Беведол-Беведан в об'ємному співвідношенні (1:1). Беведол це суміш різних поліетерполіолів з домішками, які в поєднанні з Беведаном перетворюється на еластичну поліуретанову смолу. Беведан – це поліізоціонат на базі 4.40-Діфенілметандіізоціонат.

Комплект обладнання для нагнітання смол.

За допомогою насоса компоненти в рідкому стані подаються окремо по шлангах, перемішуються в змішувачі і через анкерну систему і герметизатор нагнітаються в гірський масив під тиском 60-90 бар. Реакція полімерної суміші протікає зі збільшенням обсягу полімерного складу.

Спінений склад проникає під тиском в масив і заповнює тріщини до 0,1 мм, а також заповнює і склеює не тільки тріщини, але і відносно великі порожнини. В результаті в масиві формується область, зміцнена спіненим еластичним складом. Комплект технічних засобів, що застосовуються для зміцнення, складається з нагнітальної установки, магістралі високого тиску і змішувально-запірної арматури.

Характеристики сучасних смол

Назва складу, розробник	Основа складу	Міцність, МПа		В'язкість компонентів, МПа с	
		Адгезійна	На стиснення	А	Б
ППУ-328, НВО «Полімерсинтез», РФ	Поліуретан	2,02	п: 3-5*	350-400	900-1100
Беведол S-Беведан, «Carbo-Tech», Німеччина		1,32	п: 2	380-460	200-250
Віпур, «Willich», Німеччина		-	п: 2-3	410-510	150-250
Вількіт, «Willich», Німеччина	Органо-мінеральна	3,5	60,0	800-1100	180-300
Беведол OM-Беведан, «Carbo-Tech», Німеччина		2,5	54	1400-1500	200-250
ГСД-9, ТС-10, РФ	Фенолоформальдегідна	0,4-0,6	12-14	-	-
Бевефілл, «Carbo-Tech», Німеччина		-	п: 8-10	1300-2500	14

Нагнітання проводиться установкою СТ-DP35, яка складається з двох поршневих насосів, жорстко пов'язаних з поршнем пневмоприводу (рис. 5.43). Установа підключається до пневмомережі ділянки. Для всмоктування компонентів складу з витратних ємностей насоси укомплектовані гумовими шлангами з фільтрами. На високонапірної сторони передбачені рециркуляційні крани, які дозволяють встановити два положення «Нагнітання» і «Рециркуляція» і манометри контролю тиску (рис. 5.44).



Рис. 5.43. Нагнітальна установка в робочих умовах: ємності з Беведолом і Беведаном і установка СТ-DP35

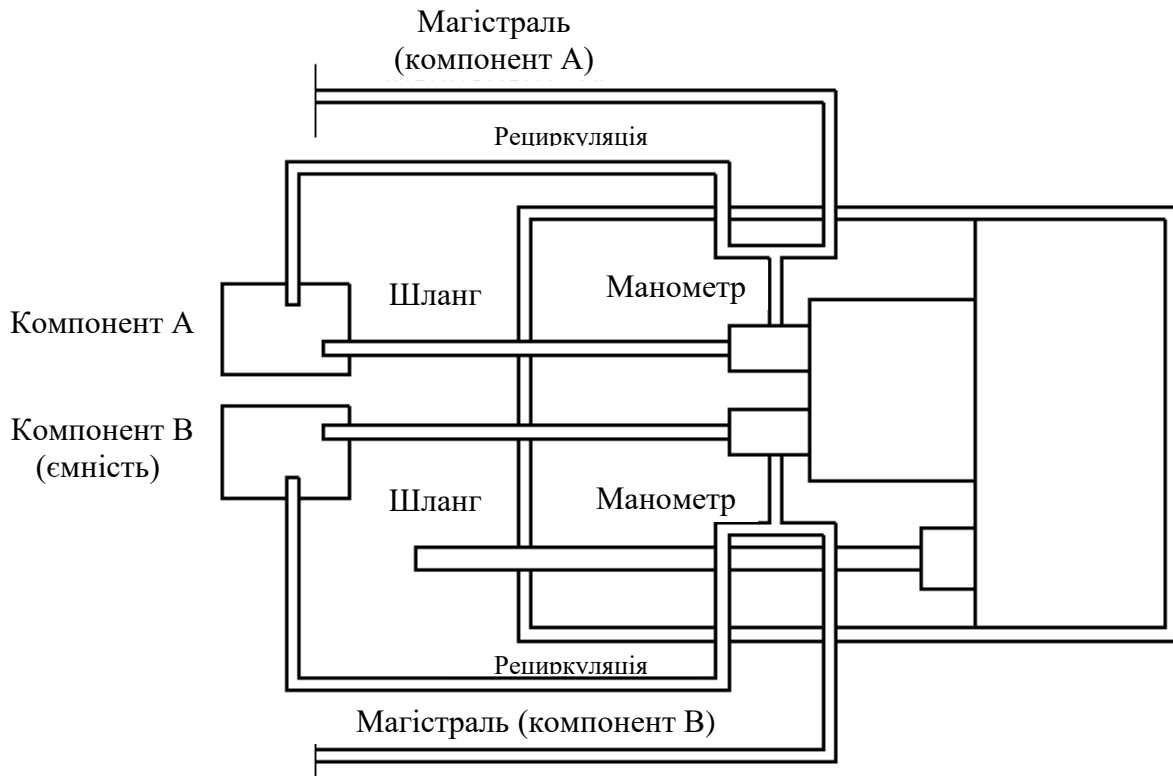


Рис. 5.44. Принципова схема нагнітальної установки СТ-DP 35

Магістраль високого тиску містить дві гнучкі лінії високого тиску. Кожна лінія магістралі складається з рукавів довжиною 10 м, з'єднаних між собою трійниковою муфтою (рис. 5.45, 5.46).



Рис. 5.45. Підведення магістралей високого тиску до анкера

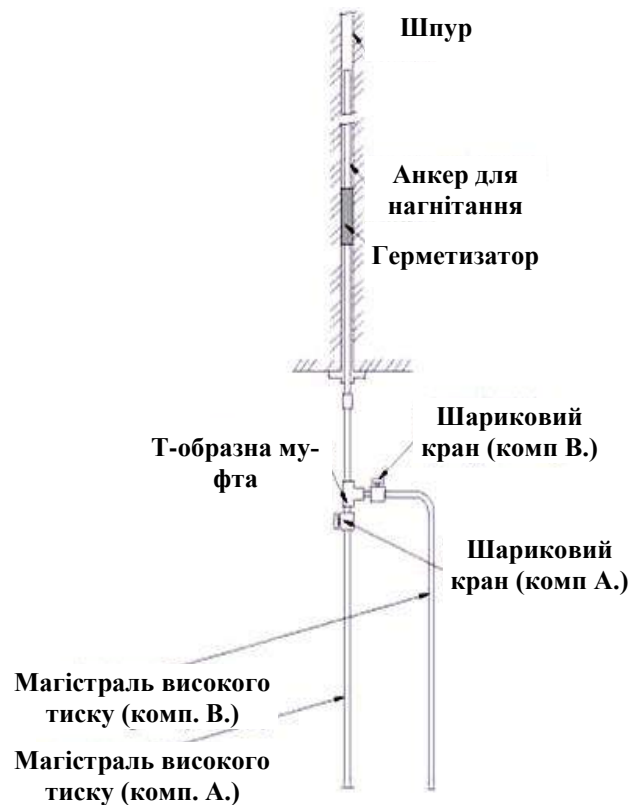


Рис. 5.46. Магістраль високого тиску і змішувально-запірна арматура

Змішувально-запірна арматура представлена ін'єкційним анкером IPMA з високоякісної сталі. IPMA – це скорочена форма від назви нагнітальної трубки з функцією анкера.

Він поєднує в собі функцію нагнітальної трубки з герметизатором для подачі смоли в масив, що зміцнюється і функцію анкера, який залишається після процесу нагнітання в шпурі. Герметизатор, довжиною 250 мм, який ізолює шпури діаметром до 60 мм, встановлюється на відстані 700 мм від головки анкера (рис. 5.47).



Рис. 5.47. Конструкція анкера IPMA

Застосування анкерів IPMA дозволяє поряд зі зміцненням шляхом нагнітання полімерних смол, провести додаткове армування і анкерування зруйнованої гірської породи.

Технічні характеристики анкера наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6

Технічні характеристики анкерів IPMA

Назва показника	IPMA 40	IPMA 110	IPMA 200	IPMA 250
Розривне навантаження, кН	40	110	178	229
Розривне видовження, %	-	-	>15	>15
Межа міцності при розриві, Н/мм ²	360	400	700	700
Діаметр, зовнішній, мм	22	22	22	25
Діаметр, внутрішній, мм	12	12	8	11
Різьба на кінці анкера	Відсутня	Так	Так	Так
Різьба	M24	M24	M24	M27

Використовувана технологія зміцнення порід покрівлі.

Не менш ніж за 30 м до підходу очисного вибою, проводиться випуск порід бровки, що відшарувались від верхнього боку виробки, оборка покрівлі і встановлення тимчасового запобіжного кріплення. Далі встановлюються анкери довжиною 2,4 м в 3 ряди, з кроком 1 м і з'єднуються між собою в шаховому порядку ланцюгами.

Слідом на висоті 0,3 м від вугільного пласта, в шаховому порядку з кроком по горизонталі 1 м, встановлюються анкери ІРМА 200, довжиною 2,4 м. Шляхом нагнітання смол проводиться зміцнення порід (рис. 5.48).



Рис. 5.48. Встановлення анкерного кріплення

Нагнітання складу здійснюється в наступному порядку. У шпур встановлюється ін'єкційний анкер ІРМА, поруч з установкою ставляться дві ємності зі складом (Беведол, Беведан). Перші 3...4 хв. нагнітання ведеться при низькому рівні подачі насоса, при цьому ведеться спостереження за герметизацією шпуру. У разі витікання складу з устя шпуру нагнітання припиняється і устя додатково ущільнюється дрантям. Ущільнювати можна шляхом проштовхування в нього дрантя за допомогою спеціального металевго стрижня (діаметром 6–8 мм). Після припинення витікання складу з устя шпуру об'ємна подача установки збільшується і регулюється за допомогою крана регулювання подачі повітря.

В процесі нагнітання проводиться спостереження за рівномірністю витрат компонентів з обох ємностей, періодично перевіряється стан фільтрів на всмоктуючих рукавах.

Нагнітання вважається закінченим тоді, коли в шпур подана достатньо велика кількість складу, або при неодноразовому його витіканні на оголену поверхню зміцнюваного масиву (рис. 5.49) або в сусідній шпур.

В результаті впровадження даного способу вдалося зміцнити породи покрівлі на сполученні з лавою і встановити охоронні споруди з дерев'яних кострів.



Рис. 5.49. Витікання складу через тріщини в масиві

5.6. Послідовність вибору раціональних параметрів кріплення і охорони виробок з метою їх повторного використання

Вибір раціональних параметрів кріплення і охорони виробок для повторного використання проводився в наступній послідовності.

1. Визначаються параметри деформування системи «лава-штрек» при використанні способу охорони вугільного цілика, при різній його ширині.

2. В якості підсилюючих елементів приймається анкерне кріплення. Визначається ПДС для різної ширини вугільного цілика при різній кількості анкерів (3, 4, 5, 6, 7).

3. Отримані результати порівнюються з прийнятим критерієм (мінімальний залишковий переріз $S_{зал}$, максимальні зміщення контуру).

4. За тією ж послідовністю проводиться розрахунок для безціликових способів охорони при різних конструкціях охоронних споруд і кількостях анкерів.

5. У разі, якщо прийнята конструкція кріплення і способу охорони не задовольняє нормальній експлуатації (критеріями), розглядаються додаткові заходи – наприклад, спосіб зміцнення приконтурного масиву полімерними смолами з використанням ін'єкційних анкерів ІРМА, посилення рамного кріплення на сполученні гідростійками та ін.

6. Для розглянутих варіантів, що задовольняють критерію раціонального повторного використання, проводиться техніко-економічний аналіз з урахуванням робіт на спорудження виробки і охоронної конструкції і робіт на відновлення її перед проходом другої лави. До використання приймається варіант, який має найменшу вартість.

Для розглянутих умов, як було показано вище, залишковий переріз конвеєрної виробки, достатній для повторної її експлуатації як вентиляційної, становить $S_{зал. min} = 8,0 \dots 8,5 \text{ м}^2$.

До порівняння приймаються традиційні для даного підприємства способи охорони вугільними ціликами, дерев'яними кострами і смугою з мішків Текхард, яка добре себе зарекомендувала на шахті «Комсомольська». Як засіб кріплення використовується арочне рамне і комбіноване рамно-анкерне кріплення (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

Способи кріплення і охорони, які прийняті для порівняння

Спосіб охорони виробки	Тип кріплення і додаткових засобів підвищення стійкості		
	Рамне кріплення СВП	Анкерне	Зміцнення брівки смолами
Вугільний цілик	+	-	-
Текхард	+	+	-
Дерев'яний костер	+	+	+

Розрахований методом математичного моделювання, при заданих параметрах охоронних споруд і засобів кріплення, залишковий переріз конвеєрної виробки після розрахунку заноситься в табл. 5.8.

Узагальнені графіки залежностей залишкової площі перерізу виробки з різними параметрами охоронних конструкцій і кількістю анкерів наведені на рис. 5.50.

Таблиця 5.8

Розрахунковий залишковий переріз виймальної виробки

Спосіб охорони виробки		Залишковий переріз, м ²				
		Рамне кріплення СВП	Анкерне кріплення		Зміцнення брівки смолами, м	
Тип охоронної споруди	Ширина, м		3 шт.	7 шт.	0,8	1,6
Вугільний цілик	3	6,48	—	—	—	—
	5	6,46	—	—	—	—
	8	7,02	—	—	—	—
	10	7,26	—	—	—	—
Текхард	1,5	5,49	6,914	7,805	—	—
	2	6,39	7,273	7,932	—	—
	2,5	6,64	7,445	8,136	—	—
	3	7,50	7,805	8,518	—	—
	3,5	7,44	7,933	8,424	—	—
	4	7,46	8,157	8,483	—	—
Дерев'яний костер	1,5	4,92	6,85	7,17	7,33	7,76
	3	5,50	6,54	7,71	7,86	8,02
	4,5	5,63	7,01	7,92	8,10	8,33

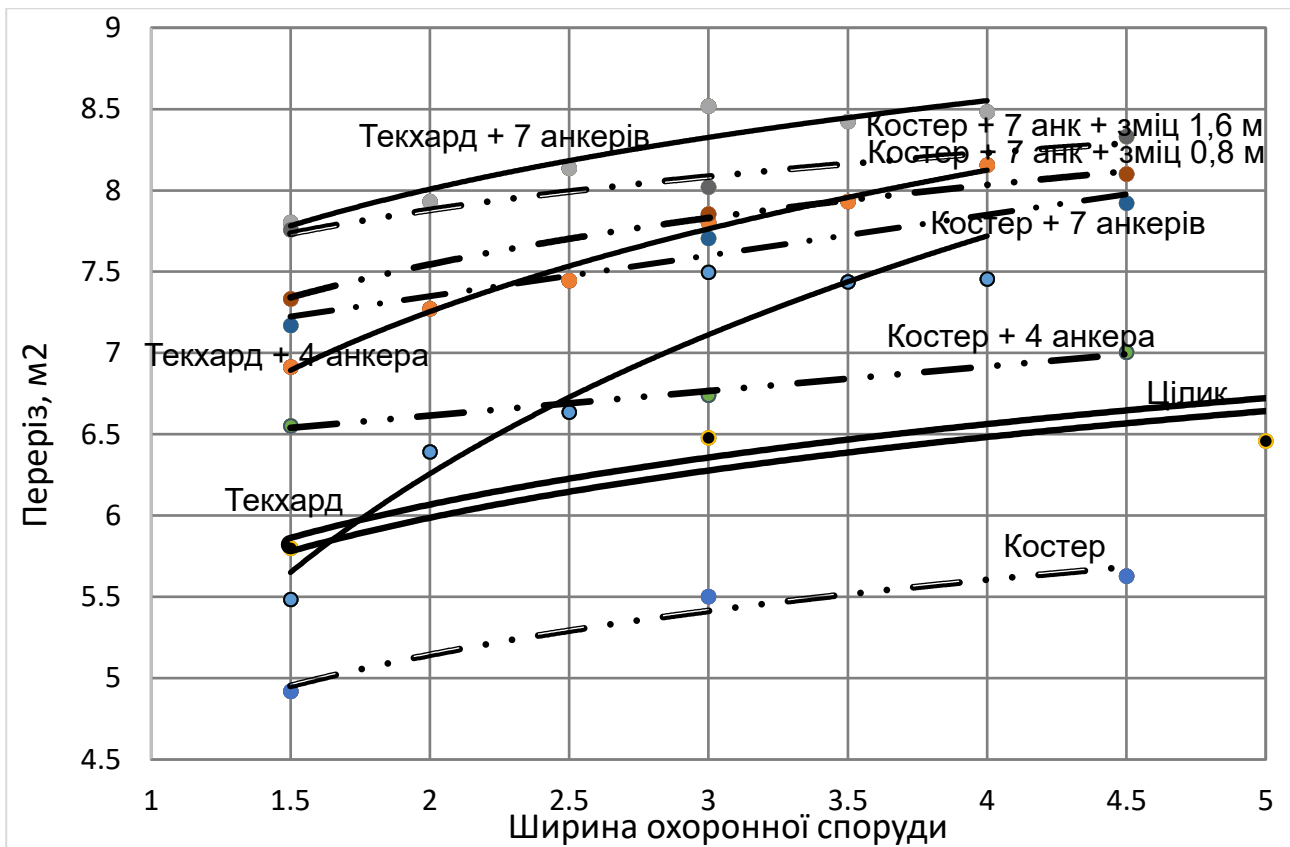


Рис. 5.50. Графік залежностей залишкової площі перерізу виробки з різними параметрами охоронних конструкцій

Вимогам відповідають всі способи охорони та кріплення, графік яких потрапляє в проміжок перерізів 8,0...8,5 м². Однак, до подальшого економічного порівняння приймаються варіанти з мінімально можливою шириною охоронної конструкції: смуга Текхард, шириною 2 м з рамно-анкерним кріпленням штреку (7 анкерів) і смуга з дерев'яних кострів, шириною 3 м з такими ж параметрами анкерного кріплення і зміцненням порід бровки на висоту 1,6 м від пласта.

5.7. Економічна ефективність запропонованих заходів з охорони пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}

Оцінка економічної ефективності проводиться шляхом порівняння вартості реалізації нового рішення з ціною проектного і існуючого раніше, не рахуючи тих випадків, коли кінцевою метою є підвищення безпеки роботи.

Порівнянню підлягають способи кріплення і охорони виробок:

1. Вугільним ціликом шириною 5 м, висотою, яка дорівнює потужності пласта.
2. Охоронною смугою з органного кріплення і Текхарда шириною 2 м, із застосуванням рамно-анкерного кріплення (7 анкерів).
3. Охоронною смугою з органного кріплення і кострів, шириною 2 м, із застосуванням рамно-анкерного кріплення (7 анкерів) без зміцнення порід бровки.

4. Охоронною смугою з органного кріплення і кострів, шириною 3 м, із застосуванням рамно-анкерного кріплення (7 анкерів) і зміцненням порід бровки.

У кожному варіанті витрачаються матеріальні та трудові ресурси, які кваліфікуються як капітальні витрати. В процесі експлуатації виробки виникають експлуатаційні витрати, що включають, перш за все вартість ремонтних робіт.

В процесі проведення шахтних досліджень в умовах ВП «Шахта «Партизанська» окрім проектного варіанту були реалізовані ще два: з охороною вугільними ціликами і дерев'яними кострами, шириною 3 м і зміцненням. Дані з охорони смугою Текхард прийняті на підставі досвіду її застосування в аналогічних умовах на шахті «Комсомольська».

Для виконання спостережень облаштовувалися ділянки з вимірювальними станціями (табл. 5.9).

Для визначення вартісних показників кріплення і ремонту пром. штреку 206-ї західної лави для 4-х варіантів охоронних систем, із застосуванням програмного комплексу «Строительные технологии-СМЕТА» (виробництва української компанії Computer Logic Group), були сформовані 8 локальних кошторисів. Підстави для використання саме такої методики визначення вартісних показників наведені в [159, 160].

Таблиця 5.9

Обсяги впровадження різних охоронних конструкцій, оцінка стану породних оголень і обсягів робіт з ремонту ділянок конвеєрного штреку

	Параметри, які контролюються	Конструкція охоронного об'єкта			
		Вугільний цілик (без анкерів), ПК 5+16м ПК10+5 м	Органне кріплення і Текхард (шахта «Комсомольська»)	Дерев. костер 2 м ПК10+5 м ПК15+10 м	Дерев. костер 3 м, органне кріплення + зміцнення ПК17+2 м ПК18+18 м
1	Середнє значення вертикальної конвергенції δ_v , мм	1200	710	1000	780
2	Зміщення з боку лави, мм	850	590	950	530
3	Обсяг перекріплення, %	60	40	58	36

В кошторисах на кріплення передбачені роботи зі зведення рамного аркового кріплення, затяжки металевою сіткою, встановлення сталевих і канатних анкерів, а також зведення штучних охоронних конструкцій і зміцнення порід бровки.

В кошторисах з ремонту виробки передбачені заміна елементів кріплення, перезатягування і прибирання вивалів.

Оскільки прохідницькі і ремонтні роботи виконуються шахтою «Партизанська» власними силами без залучення підрядних організацій, формування договірних цін з додатковими витратами не виконувалося, а як підсумкові сумарні витрати прийнята кошторисна вартість кожного з локальних кошторисів. Обсяги робіт розраховувалися на 100 погонних метрів, тому що довжина вимірювальних ділянок варіюється.

Результати техніко-економічного аналізу розглянутих способів кріплення та охорони виробки для повторного використання з урахуванням затрат на зведення кріплення і охоронної смуги, а також з урахуванням планованих обсягів ремонтних робіт наведені в табл. 5.10.

Таблиця 5.10

Загальні вартісні показники кріплення і ремонту пром. штреку на ділянках з різними охоронними конструкціями

№ п/п	Вид работ	Вартість робіт, тис. грн /10 п.м.			
		Вугільний цілик (без анкерів)	Органне кріплення і Текхард (шахта «Комсомольська»)	Дерев. костер	Дерев. костер 3 м, органне кріплення + зміцнення
1	Кріплення	95,070	280,489	155,845	180,597
2	Ремонт	73,303	48,867	78,601	34,720
3	Вартість нетоварного вугілля в цілику (втрачений дохід)	124,667	—	—	—
Всього		293,040	329,356	234,446	215,317
Всього на 1 п.м.		29,3	32,96	23,44	21,53

Отримані значення свідчать, що більш економічним є варіант з використанням рамно-анкерного кріплення, охоронної смуги з дерев'яних кострів і органного кріплення шириною 3,0 м, а також з додатковим зміцненням порід бровки ін'єкційними складами за допомогою анкерів IPMA.

5.8. Критерій можливого повторного використання підготовчої виробки

Розрахунки витрат на проведення нової виробки і виконання ремонтно-відновлювальних робіт конвеєрного штреку для його повторного використання при різному залишковому поперечному перерізі виконувалися із застосуванням програмного комплексу «Строительные технологии-СМЕТЫ». При цьому враховувалися обсяги робіт з перекріплення, випуску породи та ін. (Рис. 5.51).

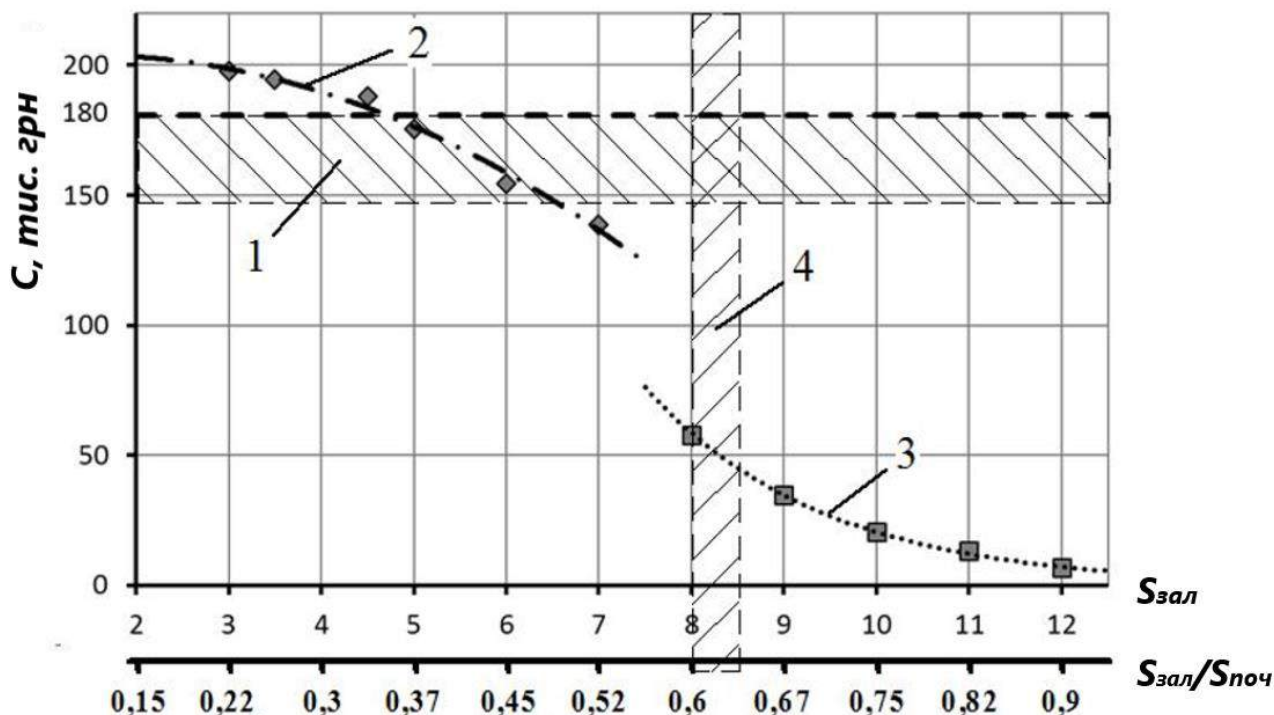


Рис. 5.51. Залежність вартості ремонтно-відновлювальних робіт та проходки від величини залишкового перерізу: 1 – вартість спорудження нової виробки; 2 – вартість ремонту виробки зі значним обсягом робіт з перекріплення; 3 – вартість підтримання виробки з незначним обсягом ремонту; 4 – мінімально припустимий для повторного використання виробки залишковий переріз

Проведені розрахунки показали, що при залишковому перерізі менше ніж 8 м^2 значно збільшується обсяг ремонтних робіт, пов'язаний з необхідністю випуску і прибирання значної кількості породи та заміною рам кріплення.

Таким чином, як критерій «повторного використання» підготовчих виробок, прийнятий залишковий переріз, який дорівнює $0,6S_{вс.пр.}$.

5.9. Рекомендації з забезпечення стійкості пром. штреку 206-ї західної лави пласта h_{10}

Забезпечення стійкості пром. штреку 206 зап. лави передбачає виконання таких операцій.

1. Встановлення з розклинюванням металевого аркового кріплення з спецпрофіля СВП-27 з кроком $0,8 \text{ м}$ у вибої виробки, що знаходиться на відстані не менше ніж 70 м від вікна лави.

2. Встановлення безпосередньо у вибої виробки всіх анкерів першого рівня у відповідності з рекомендованим паспортом кріплення (рис. 5.52, б).

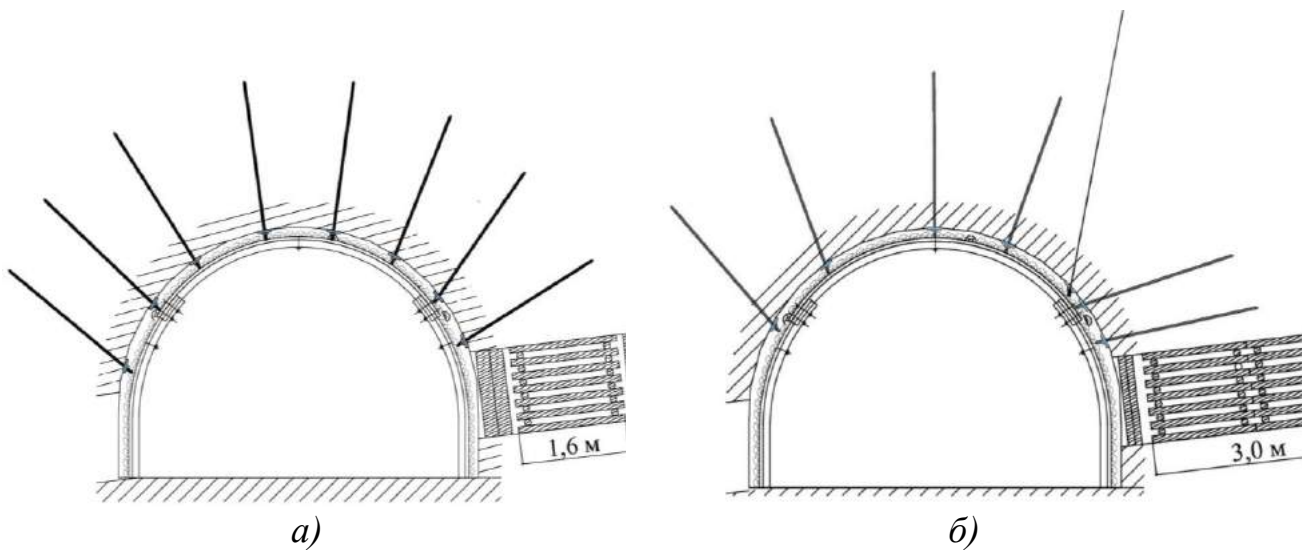


Рис. 5.52. Переріз конвєсного штреку 206-ї західної лави пласта h_{10} :
a – проектне; *б* – рекомендоване

3. З відставанням 50 м від прохідницького вибою встановлення канатного анкера і зміцнення порід бровки ін'єктуванням.

4. Зміцнення порід бровки ін'єктуванням анкерами ІРМА на відстані не менше ніж 20 м попереду очисного вибою.

5. Викладення уздовж бровки лави на сполученні з виробкою охоронної смуги з дерев'яних кострів з мінімальним відставанням від вибою.

ВИСНОВКИ

В монографії знайшли відображення комплексні дослідження авторів, спрямовані на вивчення закономірностей деформування геомеханічної системи «кріплення виробки-охоронна конструкція-лава» в гірничо-геологічних умовах антрацитових шахт.

Виконаний аналіз виробничої діяльності шахт ДП «Антрацит» та резервів підвищення техніко-економічних показників гірничих робіт. Показано, що одним із способів збереження темпів зростання видобутку вугілля при зниженні обсягів прохідницьких робіт є збільшення довжини очисного вибою і повторне використання транспортних виробок в якості вентиляційних.

Для розглянутих гірничо-геологічних умов встановлені закономірності деформування поперечного перерізу виїмкових виробок в зоні впливу першої та другої лави.

Доведено, що в гірничо-геологічних умовах глибоких антрацитових шахт економічно доцільне повторне використання конвеєрних виробок можливо при величині залишкового перерізу не менше 60 % від початкового, що досягається за рахунок раціональних параметрів рамно-анкерного кріплення, а також таких охоронних конструкцій, жорсткість яких обмежує зміщення породного контуру в покрівлі.

Запропонований новий пристрій для вимірювання геометричних параметрів внутрішнього контуру виробки закріпленої металевим арочним кріпленням і розроблена методика проведення інструментальних вимірювань деформацій металевого рамного кріплення із застосуванням портативного пристрою.

Отримані результати дозволили обґрунтувати параметри кріплення і охоронних конструкцій виїмкових виробок замість вугільних ціликів з метою їх повторного використання при суцільній системі розробки. Запропоновані комбіноване кріплення і охоронна конструкція впроваджені в умовах ВП «Шахта «Партизанська» ДП «Антрацит».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Отраслевой обзор: Уголь Украины [Электронный ресурс] / Baker Tilly. – 2013. – 15 с. – Режим доступа: http://www.bakertilly.ua/media/Baker%20Tilly%20%20Report_coal_industry_rus.pdf.
2. Тулуб С. Б. Состояние и перспективы угольной промышленности Украины [Текст] / С. Б. Тулуб // УкрНИИпроект. – К., 2007. – С. 70.
3. Ермаков А.Н. Состояние угольной отрасли Украины [Текст] / А.Н. Ермаков // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2009. – №29 – С. 91 – 97.
4. Размещение производительных сил Донбасса: [учебное пособие] / Н.А. Усачев, Я.Г. Окушко, Г.А. Черниченко, Е.Н. Черноиванова // Донецк: «Истоки», 1999. – 288 с.
5. Звягильский Е.Л. О необходимости широкой модернизации угольной промышленности Украины: [науч. доклад] / Е.Л. Звягильский. Ю.С. Залознова // НАН Украины. Ин-т экономики промышленности. – Донецк. – 2013. – 68 с.
6. Череватский Д.Ю. Промышленная политика для угольной промышленности [Текст] / Д.Ю. Череватский // Економіка промисловості. – 2012. – № 1-2. – С. 39-49.
7. Добыча угля в Украине за год сократилась в 1,6 раза [Электронный ресурс]. – Электрон дан. // УНИАН: [сайт]. – Режим доступа: <http://www.unian.net/1233151-x.html>.
8. Родина, О.Г. Формирование стратегии технологического развития угольной промышленности Украины [Текст] / О.Г. Родина // Донбас-2020: наука і техніка виробництву: Матеріали І науково-практичної конф. м. Донецьк. – 2002 р.
9. Ермаков А.Н. Состояние угольной отрасли Украины [Текст] / А.Н. Ермаков // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск: ДонГТУ, 2009. – С. 193-198.
10. Оновлення Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. / Стратегія розвитку вугільної промисловості. – м. Київ [Електронний ресурс] – Режим доступу: pre.kmu.gov.ua/fuel/doccatalog/document?id=222032.
11. «Свой некуда девать»: Насалик заявил, что Украина не будет закупать уголь в РФ: [Электронный ресурс]. – Электрон дан. // ТСН : [сайт]. – Режим доступа: <http://ru.tsn.ua/ukrayina/svoy-devat-nekuda-nasalik-zayavil-chto-ukraina-ne-budet-zakupat-ugol-v-rf-629928.html>
12. Парадокс энергетики. Что хуже: избыток электроэнергии или дефицит угля? : [Электронный ресурс]. – Электрон дан. // РИАНовости Украина: [сайт]. – Режим доступа: <http://rian.com.ua/analytics/20160117/1003661824.html>
13. Проект «Вскрытие и подготовка горизонта 20-х штреков пласта h_{10} шахты «Партизанская» ГП «Антрацит»: утв. Мин. уг. пром. Укр. 21.08.2009. – Луганскигипрошахт. – 2007. – 38 с.
14. Сторчак Г.Г. Способы охраны выработок, предназначенных для повторного использования [Текст] / Г.Г. Сторчак // Матеріали міжнародної

конференції «Форум гірників – 2010». – Д: Національний гірничий університет, 2010. – С. 211-215.

15. Солодянкин А.В. Поддержание подготовительных выработок для их повторного использования [Текст] / А.В. Солодянкин, М.Э. Мищенко // Перспективы развития строительных технологий : 9-я междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 23-24 апреля 2015г. – Д.: НГУ, 2015. – С. 228-234. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/146538>

16. Кишинский А.В. Разработка технологии поддержания и охраны повторно используемых подготовительных выработок [Текст] / А.В. Кишинский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2002. – № 12. – С. 45-49.

17. Клишин Н.К. Геомеханическое обеспечение очистных работ в сложных условиях [Текст] / Н.К. Клишин, К.З. Склепович, С.И. Касьян // Сб. науч. тр. ДонГТУ. – №26. – 2008. – с. 16 – 22.

18. Стрижиборода С.К. Влияние средств охраны вентиляционного штрека на устойчивость [Текст] / С.К. Стрижиборода, Б.И. Курицын, О.С. Аносов // Уголь Украины. – 1983. – № 9. – С. 4-5.

19. Пособие по курсовому и дипломному проектированию по дисциплинам «Технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых», «Технология подземной добычи угля», «Управление состоянием породного массива» (для студентов специальностей 7.090301.02, 7.090216 всех форм обучения) / В.И. Теряник, Я.А. Ляшок, Н.А. Рязанцев, В.М. Куцерубов, В.Н. Нестеренко, Л. Л. Бачурин. – Красноармейск, КИИ ДонНТУ, 2008. – 30 с.

20. Зборщик М.П. Малозатратное обеспечение устойчивости податливых выработок угольных шахт [Текст] / М.П. Зборщик // Современные проблемы шахт и подземного строительства. – 2006г. – Вып. 7. – С. 12-20.

21. Худков А.Н. Охрана главных пластовых выработок спаренными целиками [Текст] / А.Н. Худяков, А.Ф. Борзых, А.И. Нелюбов // Уголь Украины. – 1983. – № 10. – С. 7-10.

22. Волошин А.И. Определение рациональной ширины целика между транспортной магистралью и отрабатываемой лавой [Текст] / А.И. Волошин, О.В. Рябцев, А.И. Коваль // Уголь Украины. – 2011. – №8 . – С. 11 – 13.

23. Мартовицкий А.В. Концепция перехода шахт Западного Донбасса на повторное использование выработок [Текст] / А.В. Мартовицкий, В.И. Пилюгин / Уголь Украины. – 2011.– № 9.– С. 11.

24. Борзых А.Ф. Формирование технологических целиков для охраны прилегающих к лаве выработок [Текст] / А.Ф. Борзых, С.П. Офицеров // Уголь Украины. – 2005. – № 2. – С. 12-14.

25. Колоколов О.В. К управлению НДС массива горных пород вокруг протяженных выработок, испытывающих влияние очистных работ [Текст] / О.В. Колоколов, Н.А. Лубенец // «Неделя горняка» 98 Доклад. – Москва, МГГУ

26. Борзых А.Ф. Смещения пород в подготовительной выработке при охране спаренными целиками [Текст] / А.Ф. Борзых, Г.А. Аверин, А.Б. Краснянский // Уголь Украины. – 1986. – № 9. – С. 21-23.

27. Аверин Г.А. Обоснование и разработка технологии охраны основных пластовых подготовительных выработок с применением спаренных податливых целиков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / Г.А. Аверин. – Донецк, 1992. – 17 с.

28. Борzych А.Ф. Разработка способов охраны подготовительных выработок при отработке пологих угольных пластов Восточного региона Украинского Донбасса: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / А.Ф. Борzych. – Донецк, 1998. – 44 с.

29. Волошин А.И. Рекомендации по охране и поддержанию подготовительной выработки в сложных горно-геологических условиях [Текст] / А.И. Волошин, О.В. Рябцев, С.Ю. Процак // «Форум горняков». – 2011. – с. 67-72.

30. Рябцев О.В. Охрана и поддержание выемочного штрека позади лавы при повторном использовании [Текст] / О.В. Рябцев, С.Ю. Процак, И.Ю. Аля-Брудзинский // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2012. – Вып. 103. – С. 181-189.

31. Белодедов А.А. Обоснование эффективности технологии проведения выработок с разгрузочными полостями при установлении устойчивых параметров угольных целиков [Текст] / А.А. Белодедов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 4. – С. 197-201.

32. Левкин М.Ю. Осуществление мониторинга за состоянием охранных закладочных целиков подземных горных выработок, предназначенных для вторичного использования [Текст] / Ю.М. Левкин, С.Ю. Левкина, М.Ю. Левкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №12. – с. 106 – 110.

33. Александров В.Г. Обоснование и разработка эффективного и безопасного способа поддержания пластовых выработок при отработке крутых и крутонаклонных пластов Донбасса длинными столбами по простиранию на глубоких горизонтах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / В.Г. Александров. – СПб, 1993. – 14 с.

34. Власенко Д.С. Геомеханическое обоснование выбора типа и параметров крепи горных выработок, охраняемых податливыми целиками: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 25.00.20. «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» / Д.С. Власенко. – СПб, 2015. – 20 с.

35. Кардаков В.Е. Охрана подготовительных выработок разгруженными от опорного давления ленточными целиками [Текст] / В.Е. Кардаков, Н.И. Десятерик // Уголь Украины. – 1980. – № 6. – С. 7-8.

36. Титов Н.В. Эффективность охраны выемочных выработок податливыми целиками на антрацитовских шахтах [Текст] / Н.В. Титов,

Ю.В. Турук // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – №4. – с. 67 – 70.

37. Титов Н.В. Расчет параметров податливых целиков [Текст] / Н.В. Титов, Ю.В. Турук // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 8. – С. 391-394.

38. Ютяев Е.П. Обоснование параметров околоштрековых целиков в технологических схемах интенсивной отработки выемочных участков на шахтах ОАО «СУЭК – Кузбасс»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 25.00.22. «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» / Е.П. Ютяев. – СПб, 2010. – 20 с.

39. Аксенов А.В. Совершенствование бесцеликовых способов охраны подготовительных горных выработок [Текст] / А.В. Аксенов, В.В. Васютина, Ю.А. Пивень // Наукові праці Укр НДМІ НАН України. – Донецьк, Укр НДМІ НАН України, 2007. – Вип.1. – С. 94-101.

40. Горенюк А.К. Разработка комплексного способа охраны выработок при поддержании за лавой с целью уменьшения пучения почвы (для условий Воркутского месторождения): автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / А.К. Горенюк. – СПб, 1993. – 23 с.

41. Полухин В.А. О разгрузке горных выработок взрывополостным способом [Текст] / В.А. Полухин, В.Н. Остапенко, В.П. Самболя // Уголь Украины. – 1987. – № 11. – С. 25-26.

42. Булат А.Ф., Порядок применения «Технологического регламента поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами». [Текст] / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, В.Н. Сергиенко, М.А. Ильяшов, А.А. Яйцов, А.В. Агафонов // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2009. – Вып. 83. – С. 3-13.

43. Кожушок О.Д. Совершенствование охранных конструкций для поддержания повторно испытываемых выемочных штреков [Текст] / О.Д. Кожушок, С.В. Борщевский // Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю – Донецьк: ДВНЗ «Дон НГУ», 2008. – С. 192-198.

44. Ильяшов М.А. Концептуальные решения обеспечения подготовительных выработок при работе высоконагруженных лав [Текст] / М.А. Ильяшов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 4. – С. 334-343.

45. Ильяшов, М.А. Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав [Текст] / М.А. Ильяшов // Уголь Украины. – 2008. – №4 – С. 8-11.

46. Андрощук Н.В. Совершенствование способов охраны повторно используемых подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / Н.В. Андрощук. – СПб, 1997. – 21 с.

47. Шпис К. Новая концепция штреков, проводимых независимо от очистных работ [Текст] / К. Шпис // Глюкауф. – 1994. – № 5. – С. 29-33.

48. Игнатов Е.В. Совершенствование способов охраны и охраняющих устройств подготовительных выработок при бесцеликовых технологиях [Текст] / Е.В. Игнатов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 8. – С. 378-383.

49. Агафонов А.В. Синтез комбинированных охранных систем для поддержания подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях [Текст] / Агафонов А.В., О.Д. Кожушок, Е.Н. Халимендинов, Л.В. Прохорец // Геотехническая механика: Межвед. ст. научн. трудов. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 78. – С. 86-73.

50. Амелин В.А. Моделирование на эквивалентных материалах работы охранной конструкции из двух разнесенных литых полос [Текст] / В.А. Амелин, В.Н. Трипольский, А.С. Янжула, С.Е. Онопченко // Геотехническая механика: Межведомственный сборник научных трудов – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2008. – Вып. 78. – С. 173-177.

51. Обоснование рационального способа охраны подготовительных выработок при бурошнековой выемке тонких и весьма тонких угольных пластов [Текст] / В.И. Бондаренко, Г.А. Симанович, И.А. Ковалевская, А.Г. Дунаев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М. – 2003. – № 10. – С. 10-12

52. Симанович А.М. Рациональная конструкция искусственного целика и технология его возведения [Текст] / А.М. Симанович // Уголь Украины. – 1983. – № 12. – С. 13-14.

53. Заславский И.Ю. О бесцеликовой охране выемочных выработок [Текст] / И.Ю. Заславский // Уголь Украины. – 1984. – № 2. – С. 17-18.

54. Чернышов А.В. Охрана выемочных выработок искусственными сооружениями [Текст] / А.В. Чернышов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 3. – С.55-60.

55. Файвишенко А.Г. Технология возведения жестких полос из твердеющих материалов для охраны подготовительных выработок [Текст] / А.Г. Файвишенко // Уголь Украины. – 1987. – № 10. – С. 29-31.

56. Тарасенко В.В. Промышленные испытания фосфогипсового вяжущего на шахтах [Текст] / В.В. Тарасенко, И.С. Шакин, И.Ю. Заславский // Уголь Украины. – 1986. – № 2. – С. 12-15.

57. Байсаров Л.В. Охрана штреков литыми полосами при разработке пологих пластов средней мощности [Текст] /Л.В. Байсаров, А.И. Демченко, М.А. Ильяшов // Уголь Украины. – 2001. – № 9. – С. 3-6.

58. Соловьев Г.И. Анализ способов обеспечения устойчивости выемочных выработок глубоких шахт [Текст] / Г.И. Соловьев, А.Л. Касьяненко и др. // Геотехнології и охорона праці у гірничій промисловості: Збірник матеріалів науково-практичної конференції – Донецьк: ООО «Цифрова типографія», 2009. – С. 77-80.

59. Волков В.Т. Перспективы применения фосфогипсовых вяжущих для поддержания горных выработок [Текст] / В.Т. Волков // Уголь Украины. – 1984. – № 11. – С. 17-20.

60. Байсаров Л.А. Опыт применения импортных и отечественных составов сухих смесей при возведении литых околострековых полос на шахте «Красноармейская-Западная» № 1 [Текст] / Л.А. Байсаров, А.А. Яйцов, В.А. Болбат // Уголь Украины. – 2005 – № 11 . – С. 3-5.

61. Тучин А.С. Минерально-цементные материалы фирмы «Фосрок – Полань» в Украине [Текст] / А.С. Тучин, З. Скальски // Уголь Украины. – 2001. – № 9. – С. 51-54.

62. Борщевский С.В. К вопросу о геомеханических принципах и совершенствовании технологии комплексного поддержания повторно испытываемых выемочных штреков [Текст] / С.В. Борщевский, О.Д. Кожушок // Перспективы развития Восточного Донбасса: сборник научных трудов. Часть 1. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – С. 390-397.

63. Курносоев С. А. Опыт применения сборной охранно-изолирующей полосы из быстротвердеющей бетонной смеси "Текхард" [Текст] / С.А. Курносоев, В.В. Задерий, А.А. Цикра, Д.И. Аверкин, П.Е. Филимонов, А.В. Васильев, В.Г. Васильев, Д.А. Перетятко // Геотехнічна механіка. – 2013. – Вип. 112. – С. 267-280.

64. Чураков В.Н. Комплекс ПЗК для закладки выработываемого пространства на шахтах [Текст] / В.Н. Чураков // Уголь Украины. – 1983. – № 4. – С. 13.

65. Тупиков Б.Т. Оценка технологии поддержания участковых выработок, проводимых за очистным забоем [Текст] / Б.Т. Тупиков, В.М. Андриенко // Уголь Украины. – 1997. – № 12. – С. 10-13.

66. Мухин А.В. Об охране выемочных штреков в условиях слабометаморфизованных пород [Текст] / А.В. Мухин, С.И. Скипочка, Ю.И. Кияшко // Уголь Украины. – 1996. – № 8. – С. 18-25.

67. Демин В.Ф. К вопросу об охране повторно используемых выработок породными полосами [Текст] / В.Ф. Демин // Караганда: Труды КарГТУ. – 2002. – № 4. – С. 43-46.

68. Литвинский Г.Г. Управление устойчивостью подготавливаемой выработки взрывной бутовой полосой [Текст] / Г.Г. Литвинский, В.Б. Волошин, И.А. Горбунов // Уголь Украины. – 1989. – № 2. – С. 7-9.

69. Дмитриев В.А. Об управлении кровлей при возведении бутовых полос [Текст] / В.А. Дмитриев, Ю.Ф. Савенко, Э.О. Чопок // Уголь Украины. – 1983. – № 3. – С. 9-10.

70. Соболев В.В. Совершенствование технологии поддержания подготовительных выработок при бесцеликовой подготовке и отработке пологих пластов (в условиях Печорского угольного бассейна): автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / В.В. Соболев. – СПб, 1993. – 27 с.

71. Штанько Л.А. Влияние бутовых полос на устойчивость выемочных выработок [Текст] / Л.А. Штанько, А.В. Ремизов, В.М. Воротилин // Уголь Украины. – 2010. – №7. – С. 3-5.

72. Стулишенко А.Ю. Обоснование с использованием численного моделирования разных способов сохранения выработок за лавами в условиях шахт ГХГ «Селидовуголь» [Текст] / А.Ю. Стулишенко, Е.П. Брагин // Доклад на симпозиуме «Неделя горняка – 2000». – М.: Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 12. – С. 130-137.

73. Воскобоев Ф.Н. Многоштрековая подготовка выемочных участков пластовыми выработками, охраняемыми частично упрочненными в краевых зонах породными полосами [Текст] / Ф.Н. Воскобоев, В.М. Бучатский, В.А. Звездикин // Уголь Украины. – 2006. – № 12. – С. 5-7.

74. Касьян Н.Н. Лабораторные исследования несущей способности охранных сооружений с распорным элементом [Текст] / Н.Н. Касьян, Н.Н. Малышева, И.Г. Сахно // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2012. – Вип. 105. – С. 161-168.

75. Насонов А.А. Анализ способов и конструкций, применяемых для охраны выемочных выработок [Текст] / А.А. Насонов // Перспективы развития Восточного Донбасса: сборник научных трудов. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – С. 47-128.

76. Касьян Н.Н. Результаты лабораторных испытаний опорных породных конструкций с использованием ограничивающих поверхностей [Текст] / Н.Н. Касьян, В.Л. Самойлов, И.В. Хазипов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 3. – С. 146-150.

77. Лукин К.Д. Разработка новых способов поддержания подготовительных горных выработок в сложных горно-геологических условиях и обоснование их параметров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / К.Д. Лукин. – Москва, 1991. – 16 с.

78. Лурий В.Г. Новый способ охраны и поддержания выработок при бесцеликовой технологии [Текст] / В.Г. Лурий, Ю.Г. Романов, К.Д. Лукин // Уголь Украины. – 1989 – № 10. – С. 20-21.

79. Казанин О.И. Использование охранных сооружений для поддержания выемочных выработок на угольных шахтах [Текст] / О.И. Казанин, Ю.Н. Долоткин, И.В. Скрыльников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 1. – С. 34-38.

80. Борзых А.Ф. Определение силовых характеристик костров из стальных специальных взаимозаменяемых профилей [Текст] / А.Ф. Борзых, Е.В. Посохов // Сборник научных трудов Дон ГТУ – Алчевск: Дон ГТУ – 2012. – С. 44-52.

81. Юдковский В.А. Бесцеликовая технология охраны и поддержания выработок на шахте «Новодзержинская» [Текст] / В.А. Юдковский // Уголь Украины. – 1984. – № 10. – С. 12.

82. Патент 2079665 Р Ф, E21D15/48. Костёр для охраны выемочных выработок / Б.Б. Луганцев, И.И. Мартыненко, В.А. Савин. – Оpubл. 20.05.97. Бюл. № 14.

83. Черняк И.Л. Деформирование кровли при охране подготовительных выработок породными полосами [Текст] / И.Л. Черняк, В.Ф. Носко // Уголь Украины. – 1988. – № 4. – С. 11-13.

84. Ильин А.И. Шахтные специальные крепи из породных стоек [Текст] / А.И. Ильин, В., С.А. Баранов // Уголь Украины. – 2003. – № 3. – С. 14-15.

85. Демин В.Ф. Обоснование эффективного способа охраны выемочных выработок при отработке маломощных пластов [Текст] / В.Ф. Демин, Н.Н. Тулепов, В.В. Демин // Караганда: Труды КарГТУ. – 2006. – 4. – С. 45-50.

86. Кузяра А.И. Охрана выработок на шахтах объединения «Макееуголь» [Текст] / А.И. Кузяра, А.И. Суло, А.С. Афендииков // Уголь Украины. – 1984. – № 10. – С. 9-11.

87. Тимохин А.Н. Обоснование параметров и разработка податливых опор для повторно используемых выработок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / А.Н. Тимохин. – СПб, 1993. – 14 с.

88. Канин В.А. Применение газобетонной крепи на шахте «Красногвардейская» [Текст] / В.А. Канин, А.Е. Жуков // Уголь Украины. – 1999. – № 1. – С. 13-15.

89. Долоткин Ю.Н. Охрана повторно используемых выработок полосами из облегченных блоков [Текст] / Ю.Н. Долоткин, Ю.Ф. Зайцев // Уголь Украины. – 1998. – № 5. – С. 19-20.

90. А.с. № 461230 СССР, E21D15/48. Устройство для охраны выемочных штреков / И.Я. Лещенко, И.А. Мартыненко, А.В. Литвинов. – Оpubл. 25.02.93. Бюл. № 7.

91. Ткачев В.А. Исследование влияния типа крепи и способы охраны подготовительной выработки на напряженно-деформированное состояние вмещающего массива [Текст] / В.А. Ткачев, Ю.А. Прозорова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – 2. – С. 38-43.

92. Соломойченко Д.А. Охрана и поддержание подготовительных горных выработок в условиях Восточного Донбасса [Текст] / Д.А. Соломойченко, И.Е. Долгий // Известия вузов. Горный журнал. – 2014. – № 3. – С. 35-39.

93. Беликова Н.В. Обоснование оптимальных параметров и конструкции искусственных опор для охраны выемочных участков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 25.00.22. «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» / Н.В. Беликова. – Новочеркасск, 2004. – 21 с.

94. Насонов А.А. Оценка устойчивости пород повторно используемых штреков при охране тумбами [Текст] / А.А. Насонов // Известия ТУЛГУ. Науки о Земле. – 2010. – Вып. 1. – С. 174-177.

95. Рутьков К.И. Охрана повторно используемых подготовительных выработок тумбами из деревянно-бетонных блоков [Текст] / К.И. Рутьков, В.В. Беликов, Н.В. Беликова // Уголь Украины. – 1999. – № 8. – С. 15-17.

96. Беликов В.В. Эффективность охраны выемочных выработок на тонких и средней мощности угольных пластах тумбами из блоков [Текст] / В.В. Беликов // Уголь Украины. – 2009. – № 3. – С. 40-42.

97. Тимохин А.Н. Обоснование параметров и разработка податливых опор для повторно используемых выработок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / А.Н. Тимохин. – СПб, 1993. – 14 с.

98. Клинггреф Г. Устройство околострековой охранной полосы с активным усилием начального распора и быстрым нарастанием сопротивления [Текст] / Г. Клинггреф, К. Колечны // Глюкауф. – 1989. – № 15. – С. 19-25.

99. Конце В. Опыт эксплуатации телескопических стоек с заполнением быстротвердеющей смесью на шахте «Министер Ахенбах» [Текст] / В. Конце // Глюкауф. – 1990. – № 23. – С. 30-33.

100. Крумнакер И. Возможности применения и основы расчета стоек БТС высокой несущей способности [Текст] / Крумнакер И. // Глюкауф. – 1992. – № 3. – С. 16-23.

101. А.с. 623970 СССР, МКИ Е 21 С 41/04. Способ бесцеликовой подготовки выемочных столбов / Н.А. Федоров, Е.В. Игнатов, В.Е. Зайденварг (СССР). - № 2477147/22-03; заявл. 19.0477-, опубл. 15.09.78, Бюл. № 34. - 2 с.: ил.

102. Щипанов П.В. Разработка методов поддержания выемочных штреков в условиях активного проявления горного давления при их повторном использовании: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.15.02. «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» / П.В. Щипанов. – СПб, 1993. – 23 с.

103. Вайтандт А.А. О возможности охраны выемочных выработок подвижной гидравлической бортовой крепью [Текст] / А.А. Вайтандт, Б.С. Павлов // Уголь Украины. – 1992 – № 10 . – С. 47-48.

104. Ефименко А.А. Околоштрековая охранная полоса из автомобильных шин [Текст] / А.А. Ефименко // Уголь Украины. – 1998. – № 11. – С. 13-14.

105. Дудка И.В. Применение канатных анкеров для поддержания сопряжений очистного забоя с подготовительными выработками для условий ОП «Шахта «Комсомольская» [Текст] / И.В. Дудка, Л.Г. Беспарточная // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Сб. научн. трудов. Вып. 20. – Донецк: «Норд-Пресс», 2014. – С.124-127.

106. Дудка И.В. Анализ эффективности применения рамно-анкерной крепи в подготовительных выработках ОП «Шахта «Комсомольская» [Текст] / И.В. Дудка, В.Н. Левченко // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Сб. научн. трудов. Вып. 20. – Донецк: «Норд-Пресс», 2014. – С.137-139.

107. Наумович А.В. Исследование устойчивости подготовительных выработок глубоких горизонтов в зоне влияния лавы / А.В. Наумович,

Р.Н. Терещук // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. Вип. 82. – Д., 2009. – С. 18-23.
<http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/32991>

108. Наумович А.В. Исследование устойчивости подготовительных выработок глубоких горизонтов вне зоны влияния очистных работ / А.В. Наумович, Р.Н. Терещук // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2009. – № 11. – С. 3-5.
http://lib.nmu.org.ua/catalog/site/view.html?doc_id=323123

109. Роман А. Современное забойное транспортное оборудование в каменноугольной промышленности [Текст] / А. Роман // Глюкауф. – 2008. – № 1 (2). – С. 30-35.

110. Смирнов А.В. Эволюция современных систем разработки тонких пологих угольных пластов длинными очистными забоями [Текст] / А.В. Смирнов, В.И. Пилюгин // Розробка вугільних родовищ. – 2015. – С. 7-14.
<http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/104613>

111. Баймдик Ю. Буровзрывная проходка пластовых штреков с анкерной крепью. Выявление потенциала повышения производительности [Текст] / Ю. Баймдик, М.Т. Штеттнер // Глюкауф. – 2008. – август № 2(3). – С. 18-27.

112. Мартенс П. Перспективное планирование для нидерландской каменноугольной концессии «Беатрикс» [Текст] / П. Мартенс, Л. Ратман, Й. Криингс // Глюкауф. – 2009. – август № 3. – С. 40-43.

113. Солодянкин А.В. Обоснование эффективности увеличения длины линии очистного забоя [Текст] / А.В. Солодянкин, И.В. Дудка // Перспективи освоєння підземного простору: матеріали 5-ї міжнародної наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 7-8 квітня 2011 р. – Д. Національний гірничий університет, 2011. – С. 171-173.
<http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/1634/SolodDudka2011.pdf?sequence=1>

114. Солодянкин А.В. К вопросу об эффективности увеличения длины линии очистного забоя [Текст] / А.В. Солодянкин, И.В. Дудка // Материалы междунар. конф. «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». Вып. 17. – Донецк: «Норд-Пресс», 2011. – С. 254-257.
<http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/2871>

115. Дудка И.В. Рассмотрение оптимальной длины очистного забоя для условий оп «Шахта «Комсомольская» [Текст] / И.В. Дудка, М.А. Вотяков // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. Сб. научн. Трудов. Вып. 20. – Донецк: «Норд-Пресс», 2014. – С. 75-78.

116. Куц О.А. Геологический отчет о доразведке участка Нагольчанского-Западного и полей шахт «Партизанская», им. XXIV съезда КПСС и № 53 комбината «Донбассантрацит» [Текст] / О.А. Куц, Л.М. Куц, А.И. Супрун // Донецк. – 1973.

117. Логутова Л.П. Геологический отчет о разведке и переоценке запасов антрацита поля реконструируемой шахты «Щетовская» ПО «Антрацит»: в 3 т. / Л.П. Логутова, А.И. Селиванова / – Донецк, 1982. – Т.1. – 1982. – 258 с.

118. Терещук, Р.Н. Обследование состояния горных выработок на шахтах шахтоуправления «Добропольское» ООО «ДТЭК Добропольеуголь» / Р.Н. Терещук, А.Е. Григорьев // Збірник наукових праць ДонНТУ. – 2012. – №1. – С. 68-85. <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/26497>

119. Наумович А.В. Натурные исследования закономерностей проявлений горного давления в подготовительных выработках шахты «Шахтерская-Глубокая» / А.В. Наумович, Р.Н. Терещук, С.Н. Гапеев // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2009. – № 6. – С. 8-10.

120. Халимендик Ю.М. Шахтные исследования состояния наклонных выработок / Халимендик Ю.М., Панибратченко В.Ф., Терещук Р.Н., Колесниченко Е.А., Григорьев А.Е. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Д., 2011. – Вип. 94. – С. 229-238. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/33577>

121. Солодянкин А.В. Обоснование мероприятий по повышению устойчивости подготовительных выработок ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит» [Текст] / А.В. Солодянкин, И.Н. Попович, И.В. Дудка // Перспективы развития строительных технологий: материалы 8-й Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 24-26 апреля 2014 г. – Д.: НГУ, 2014. – С. 85-90. http://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/3640/1/SolodyankinPopovichDudka_2014.pdf

122. Солодянкин А.В. Перспективы применения рамно-анкерных систем крепи в подготовительных выработках ОП «Шахта «Комсомольская» при бесцеликовой отработке пластов [Текст] / А.В. Солодянкин, И.Н. Попович, И.В. Дудка // Материалы междунар. конф. «Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений». Вып. 20. – Донецк: «Норд-Пресс», 2014. – С. 79-82.

123. Попович І.М. Обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт, що використовують повторно. Автореферат дис. ... к.т.н.: спец. 05.15.04 «Шахтне та підземне будівництво» / І.М. Попович. – НГУ, Дніпропетровськ, 2015. – 18 с.

124. Дудка И.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях [Текст] / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, И.В. Дудка, О.А. Кузьева // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2015. – № 2 (16). – С. 99-109. [http://www.kdu.edu.ua/GV_jurnal/GV_2_2015\(16\)/99.pdf](http://www.kdu.edu.ua/GV_jurnal/GV_2_2015(16)/99.pdf)

125. Дудка И.В. Исследование деформационных процессов в выемочных выработках ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит» [Текст] / А.В. Солодянкин, И.В. Дудка // Донбас 2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: матеріали VIII Міжнародного науково-практичного форуму, 31 травня - 1 червня 2016 р., Красноармійськ, – Красноарм.: «ДонНТУ». – 2016. – С. 37–42.

126. Дудка И.В. Исследование деформационных процессов в выемочных выработках ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит» [Текст]

/ А.В. Солодянкин, И.В. Дудка // Вісті Донецького гірничого інституту. – Красноармейск. – 2016. – №1 (38). – С. 41–49.

http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vdgi_2016_1_9.

127. Розин Л.А. Расчет гидротехнических сооружений на ЭЦВМ [Текст] / Л.А. Розин // Метод конечных элементов. – Л.: Энергия, 1971. – 214 с.

128. Розин, Л.А. Метод конечных элементов в приложении к упругим системам / Л.А. Розин // М.: Стройиздат, 1977. – 129 с.

129. Зенкевич О., Чанг И. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред: Пер. с англ [Текст] / О. Зенкевич, И. Чанг // М.: Недра, 1974. – 239 с.

130. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике [Текст] / О.Зенкевич // М.: Мир, 1975. – 539 с.

131. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов [Текст] / Д. Норри, Ж. де Фриз // М.: Мир, 1981. – 304 с.

132. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике [Текст] / А.Б. Фадеев // М.: Недра, 1987. – 221 с.

133. Амусин Б.З. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики [Текст] / Б.З. Амусин, А.Б. Фадеев // – М.: Недра, 1975. – 144 с.

134. Амусин Б.З. Расчет взаимодействия крепи подземных выработок некругового очертания с неоднородным вязкоупругим массивом горных пород [Текст] / Б.З. Амусин // ФТПРПИ. – 1979. – № 2. – С. 100-102.

135. Ержанов Ж.С. Метод конечных элементов в задачах механики горных пород [Текст] / Ж.С. Ержанов, Т.Д. Каримбаев // – Алма-Ата: Наука, 1975. – 238 с.

136. Куроедов В.В. О реализации МКЭ в задачах физически нелинейной теории упругости [Текст] / В.В. Куроедов // Метод конечных элементов и строительная механика: Сб. науч. тр. ЛПИ. – Ленинград: Изд-во ЛПИ, 1976. – № 349. – С. 43-47.

137. Крэнчур И.П. Об оценке некоторых итерационных методов решения задач физически нелинейной теории упругости [Текст] / И.П. Крэнчур, В.В. Куроедов // Метод конечных элементов и строительная механика: Сб. науч. тр. ЛПИ. – Ленинград: Изд-во ЛПИ, 1976. – № 349. – С. 48-53.

138. Караулов А.М. Конечноеэлементный анализ упругопластического деформирования массива грунта с изменяющимися характеристиками прочности [Текст] / А.М. Караулов, Ю.И. Соловьев // Численные методы в геомеханике и оптимальное проектирование фундаментов. Межвуз. сборник. – Йошкар-Ола: Изд-во МарПИ, 1989. – С. 22-24.

139. Пилягин А.В. Решение пространственной упругопластической задачи механики грунтов и ее практические приложения [Текст] / А.В. Пилягин // Численные методы в геомеханике и оптимальное проектирование фундаментов. Межвуз. сборник. – Йошкар-Ола: Изд-во МарПИ, 1989. – С. 54-60.

140. Ухов С.Б. Сопоставление результатов численных и инженерных расчетов устойчивости склона сложного геологического строения [Текст] / С.Б. Ухов, В.В. Семенов, Е.Ф. Гулько и др. // Численные методы в геомеханике

и оптимальное проектирование фундаментов. Межвуз. сборник. – Йошкар-Ола: Изд-во МарПИ, 1989. – С. 60-63.

141. Півняк Г.Г. Моделювання геотехнічних систем: Монографія / Г.Г. Півняк, О.М. Шашенко, О.О. Сдвижкова, Б.С. Бусигін, В.В. Соколов, І.Л. Гуменик, Д.В. Рудаков, М.М. Довбніч. – Д.: Національний гірничий університет. – 252 с.

142. Сдвижкова Е.А. Оценка запаса прочности ленточных целиков [Текст] / Е.А. Сдвижкова, Н.В. Хозяйкина, Д.А. Шашенко // Матеріали міжнар. конф. “Форум гірників-2009”. Том 3. – Дніпропетровськ: РВК НГУ. – 2009. – С. 27-31.

143. Гавриш А.К. Обоснование рациональных параметров нового способа борьбы с пучением пород почвы на основе математического анализа с использованием метода конечных элементов [Текст] / А.К. Гавриш, А.П. Рязанцев, В.В. Коваленко, А.Е. Григорьев // Материалы междунар. научно-практич. симпозиума «Современные проблемы шахтного и подземного строительства». – Донецк: Норд-Пресс. – 2004. – С. 193-200.

144. Гапеев С.М. Імітаційне моделювання деформування неоднорідних гірських порід в умовах контрольованого руйнування [Текст] / С.М. Гапеев, І.Ю. Старотіторов // Геотехнічна механіка. – Д.: Ін-т геотехнічної механіки НАН України, 2011. – Вип. 94.-С.31-40.

<http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/33569>

145. Шашенко А.Н. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт [Текст] / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Мартовицкий // Днепропетровск: «ЛизуновПрес», 2012. – 384 с.

146. Сдвижкова Е.А. Моделирование геомеханических процессов в углепородном массиве при отходе лавы от монтажной камеры и определение шага посадки основной кровли в условиях ПСП "Шахта "Степная" ПАО "ДТЭК Павлоградуголь" [Текст] / Е.А. Сдвижкова, А.В. Мартовицкий, К.В. Кравченко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. М. Остроградського. – 2012. – № 2 (73). – С. 121-127.

[http://www.kdu.edu.ua/statti/2012-2-1\(73\)/121.pdf](http://www.kdu.edu.ua/statti/2012-2-1(73)/121.pdf)

147. Рекомендации по параметрам анкерно-рамного крепления. ИГТМ им. Н. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2013. – 20 с.

148. Разработка рекомендаций по поддержанию 9-го северного конвейерного штрека послед прохода 1-й северной лавы пл. h_{10} шахты «Комсомольская» ГП «Антрацит»: Отчет о НИР. Днепропетровск: НГУ. – 2013. – 44 с.

149. Гапеев С.Н. Критериальная величина остаточного сечения конвейерного штрека, используемого повторно [Текст] / С.Н. Гапеев, А.Е. Григорьев, А.О. Логунова. // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Випуск 2 (16). – С. 90-99. [http://www.kdu.edu.ua/GV_jurnal/GV_2_2015\(16\)/90.pdf](http://www.kdu.edu.ua/GV_jurnal/GV_2_2015(16)/90.pdf)

150. Григорьев А.Е. Обоснование ширины предохранительных целиков капитальных горных выработок [Текст] / А.Е. Григорьев // Горный

информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Горная книга, 2013. – № 7. – С. 193-208. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21186047>

151. Методические указания по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах [Текст] // ВНИМИ. – Л., 1973. – 102 с.

152. Сергеев С.В. Методика и результаты наблюдений за деформациями крепи горных выработок в богатых железных рудах КМА [Текст] / С.В. Сергеев, В.В. Севрюков // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2013. – Вып. № 1. – С. 170-176.

153. Дудка И.В. Устройство для измерения деформаций металлической арочной крепи [Текст] / И.В. Дудка // Перспективы развития строительных технологий: материалы 10-й Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 24-26 апреля 2016 г., Днепропетровск – Д.: НГУ, 2016. – С. 24–27. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/147025>

154. Дудка И.В. Исследования влияния очистных работ на устойчивость участков выработок в условиях ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит» [Текст] / А.В. Солодянкин, И.В. Дудка // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, 2016. – №41. – С.102–107.

<http://journal.knu.edu.ua/vsnk41.pdf>

155. Пат. 108557 Україна, МПК G 01C 3/00, G 01B 11/00, G 01B 11/14. Пристрій для виміру геометричних параметрів внутрішнього контуру виробки, закріпленої металевим арочним кріпленням [Текст] / О.В. Солодянкин, І.В. Дудка, О.З. Прокудін; заявитель и патентообладатель Национальный горный университет, г. Днепр. – № u 201512894 ; заявл. 28.12.2015 ; опубл. 25.07.16 ; Бюл. № 14. – 4с. : ил.

156. Бабец Д.В. Развитие классификации горных пород по степени устойчивости с учетом их естественной нарушенности [Текст] / Д.В. Бабец // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – 2016. – № 2. – С. 44-50. http://www.kdu.edu.ua/PUBL/statti/44_2_2016_1.pdf

157. Петров С.А. Применение смол для упрочнения пород кровли в очистных забоях [Текст] / С.А. Петров // Mining of Mineral Deposits. – Днепропетровск, 2014. – № 2. – С. 149-155.

158. Канин В.А. Физико-химическое закрепление горных пород при поддержании и ремонте горных выработок [Текст] / В.А. Канин, А.В. Пашенко, М.Г. Тиркель // Межвед. сб. науч. трудов «Геотехническая механика». Вып. 51. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2004. – С.154-162.

159. Смирнов А.В. Экономическая оценка применения систем комбинированной крепи капитальных выработок угольных шахт [Текст] / А.В. Смирнов, А.Е. Григорьев // Научные ведомости БелГУ. Серия «Естественные науки» – Белгород: НИУ «БелГУ», 2015. – №21(218), вып. 33. – С. 132–136.

160. Grigoriev O. Assessment of efficiency AMS-A (anchor – meshwork – shotcrete) support structure in terms of coal mines / O. Grigoriev, R. Tereschuk, L. Tokar // Theoretical and practical solutions of mineral resources mining. – Netherlands: CRC Press / Balkema, 2015. – P. 85–89.

Наукове видання

Солодянкін Олександр Вікторович
Дудка Іван Володимирович
Терещук Роман Миколайович
Григор'єв Олексій Євгенович

**ОХОРОНА ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК,
ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПОВТОРНО,
В УМОВАХ АНТРАЦИТОВИХ ШАХТ**

Монографія

Видано в редакції авторів.

Підписано до друку 14.11.2017. Формат 30х42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 9,0.
Обл.-вид. арк. 9,0. Тираж 300 пр. Зам. № 37.

Підготовлено до друку та видруковано
у Державному вищому навчальному закладі
«Національний гірничий університет».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842 від 11.06. 2004.

49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.

