



**Дисертацією є рукопис.**

Робота виконана на кафедрі будівництва і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет»

**Науковий керівник:**

**Офіційні опоненти:**

Захист дисертації відбудеться “19” жовтня 2012 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту ім. В. Г. Короленка (м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19, т. 47-24-11).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного ВНЗ «НГУ» Міністерства освіти і науки України (м. Київ, вул. М. Платона, 1).

Автореферат розіслано “19” вересня 2012 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

**Загалом**

**Актуальність теми.** Важливу частку валового внутрішнього продукту національної економіки забезпечує паливно повністю перекрити внутрішню потребу в цьому виді палива на довгострокову перспективу, що робить його стратегічним джерелом. У зв'язку з цим проблема підвищення об'ємів видобутку конкурентоспроможного вугілля при збереженні собівартості продукції вугледобувних підприємств при відповідному рівні якості за рахунок концентрації та інтенсифікації гірничих робіт.

Оскільки основні запаси вугілля розташовані на значній глибині, важливим питанням є збільшення продуктивності виробок, які внаслідок зростання глибини ведення робіт, при неминучому збільшенні витрат на геологічними умовами, які погіршуються з глибиною та зростанням швидкості відпрацювання запасів підготовчих але й капітальних виробок суттєво знижується, а витрати на їх підтримання в робочому стані у відповідності до правил безпеки, сягають витрат на їх проведення, а також на експлуатації.

Таким чином, дослідження закономірностей деформування неоднорідного масиву порід має науково-практичне значення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до держбюджетною темою ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсифікації видобутку (0108U000541) та госпдоговірних тем 041012 «Моделювання геомеханічних процесів у вугіллях (050382 «Кіровоградське»», зокрема її частини «Обстеження капітальних виробок з метою виявлення деформацій кріплення» і 050382 «Кіровоградське»».

**Метою роботи** є розробка способу забезпечення тривалої стійкості протяжних капітальних виробок при мінімальному рівні мілкоамплітудних геологічних порушень.

**Основна ідея роботи** полягає у використанні комплексу технічних засобів з охорони та безпеки виробок в умовах нестійких порід.

**Об'єктом досліджень** є стійкість протяжної капітальної виробки, що знаходиться в складних геологічних умовах непередбачених геологічних порушень.

**Предметом досліджень** є напружено-деформований стан масиву порід в межах похилених геологічних порушень переважно розривного характеру.

**Основні задачі** досліджень включають:

- аналіз і узагальнення літературних джерел та виробничого досвіду щодо забезпечення безпеки виробок;
- проведення шахтних досліджень стану ділянок виробок, що знаходяться в складних геологічних умовах;
- проведення лабораторних досліджень деформування породного масиву навколо виробок;
- проведення аналітичних досліджень напружено-деформованого стану породного масиву навколо виробок;
- встановлення закономірностей деформування неоднорідного породного масиву навколо виробок;
- розробка практичних рекомендацій з підвищення стійкості капітальних гірничих виробок.

**Методи досліджень.** Методологічною основою вирішення поставлених задач досліджень є аналіз отриманих даних за тематикою досліджень; методів механіки гірських порід; комплексу шахтних досліджень; математичного моделювання геомеханічних процесів з використанням чисельного методу скінченних елементів.

**Основні наукові положення,** що захищаються в дисертації:

1. Стійкість протяжних виробок в гірничо-геологічних умовах ПАТ «Шахтоуп» інтенсифікацією протікання геомеханічних процесів, переважно в підшві виробки, розрахункову величину конвергенції для обґрунтування раціональних способів охорони виробки.
2. Зміщення порід в підшві виробки при використанні кріплення замкнутого типу в умовах створення технологічної податливості шляхом встановлення оберненого склону порід в гірничо-геологічних умовах.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше розроблені розрахункові схеми та алгоритм чисельного моделювання геомеханічних процесів засобах забезпечення її стійкості та при різному розміщенні вугільного пласта і міцних порід;
- вперше на основі чисельної моделі, встановлені закономірності зміни напружено-деформованого стану порід в різних якісних характеристиках породного масиву, що вміщує виробку;
- вперше для більш повного відображення реальної геотехнічної ситуації при проведенні та підтриманні протяжних виробок характеристика виробки в цілому як за станом кріплення, так і за станом порід підшви.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей зміни напружено-деформованого стану порід в умовах забезпечення стійкості виробки.

**Практичне значення роботи** полягає в розробці та обґрунтуванні рекомендацій з підтримки виробки в умовах характеристиках породного масиву, що вміщує виробку.

**Обґрунтованість і вірогідність** наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджені експериментальними даними суцільного середовища, математичної статистики, теорії ймовірностей та задовільним (доказовим) способом.

**Реалізація результатів роботи.** Результати досліджень були використані при проведенні робіт в ПАТ «Шахтоуп».

**Особистий внесок** автора полягає у формулюванні наукової мети, задач, наукових положень, в розробці математичної моделі підвищення стійкості протяжних капітальних виробок в умовах великих зміщень породного контуру при різних якісних характеристиках породного масиву, що вміщує виробку.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи докладені на міжнародній конференції «Перспективи освоєння підземного простору» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НДТУ», 2009, 2011, 2012), «Перспективи розвитку гірничої справи і підземного будівництва» (Дніпропетровськ, Державний ВНЗ «НГУ», 2010, 2011).

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано 16 наукових праць, в тому числі 10 статей в наукових журналах та 6 тез доповідей.

**Структура й обсяг.** Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел з 165 наукових праць, 16 сторінок.

Розвиток національної економіки України в значній мірі визначається можливостями її задоволення енергетичними ресурсами в структурі органічного палива запаси вугілля займають понад 95%.

Найбільші вугільні родовища, відповідно і вуглевидобувні підприємства, зосереджені в басейні Донецького вугільного басейну запасів вугілля.

Серед всіх вітчизняних підприємств з вуглевидобутку найбільш представницьким є ПАТ «Шахтоуп», яке здійснює видобутку на базі новітньої техніки та технологій і є незаперечним лідером галузі. Це найбільш таке потужне підприємство для рентабельного функціонування і подальшого розвитку м. Для забезпечення проведення і підтримання протяжних капітальних та підготовчих виробок, які забезпечують безперервність та надійність робіт.

специфічною проблемою регіону є необхідність підготовки і відпрацювання вугільних за комплексу гірничотехнічних об'єктів. Витрати на забезпечення стійкості виробок обумовлені недостатнього врахування геомеханічних особливостей породного масиву, що вміщує виробку.

Значний внесок у вирішення питань пов'язаних з проблематикою геомеханічного. Виноградов В.В., Курносів С.А., Кулібаба С.Б., Грищенко М.М., Грядущий Б.А., Заславський Ю.З., Зорін А.М., Глушко В.Т., Касьян М.М., Бабіюк Г.Г., Литвинський Г.Г., інститути. Однак, не дивлячись на значні досягнення та ефективність розроблених способів конкретних гірничотехнічних об'єктів все ще залишаються досить актуальними.

Для вивчення закономірностей проявів гірського тиску в складних гірничо-геологічних тривалим строком служби. За основний об'єкт досліджень прийнятий блок № 10 ПАТ вентильяційний та допоміжний бремсберги.

Результати досліджень О.М. Шашенка, О.О. Сдвижкової, А.М. Роевка, О.В. Солодянкіна та ін. вчених дозволили за критерій

де  $\gamma$  – об'ємна вага порід,  $H$  – глибина розробки,  $R_c$  – міцність масиву на одноосьово

Фактичний стан виробок оцінювався комплексним показником стійкості, як інтегральною характеристикою п ШКАЛИ (стійкі виробки – 4-5 балів; середньої стійкості – 3-4 бали; нестійкі – 3-2 бали; сильно не стійкі – 1-2 бали; аварійні

де  $\omega^k$  – показник стійкості за станом елементів кріплення;  $\omega^n$  – показник стійкості за Величини  $\omega_k$  та  $\omega_n$  змінюється в межах від 0 до 1 (виробка повністю стійка при  $\omega_{k(n)}$ )

де  $S$  – загальна довжина виробки;  $S'$  – загальна довжина виробки, що не потребує перекріплення. Безпосередньо шахтні дослідження проводилися за методикою ІГД ім. А.А. Скочинського та Д контуру та обладнання замірних пунктів, які складаються з контурних і глибинних реперів

Рис. 1.

Всі виробки знаходились в межах південної частини блоку в діапазоні глибин 710...880 м. Значення показника умов розробки. Результати комплексного моніторингу стану гірничих виробок різного призначення блоку проведення робіт та застосування заходів, що спрямовані на підтримку їх проектних показників

Різноманітна ступінь деформації гірських порід, елементів кріплення, а також інтенсивність деформації виробки, міцності порід та наявності вологи. Майже всі виробки відчувають підвищення несиметрії рамного кріплення; деформації кріплення – прогину верхняку, прогину та викривлення. Основний вид деформації порід – здимання порід підошви різної інтенсивності в залежності від незадовільного стану.

Інтенсивність деформації кріплення та порід тісно корелює з даними про наявність геологічних

За результатами проведених інструментальних досліджень були отримані залежності відповідно до глибини їх закладення (рис. 3).

Рис. 2. Залежність відносних зміщень контуру виробки від часу її проведення

Рис. 3. Залежність показника стійкості виробок від глибини

виробки на моделях з еквівалентних матеріалів. У відповідності до задач, що поставлені в процесі експерименту

Модель Г

Перш за все, моделювалась виробка, стійкість якої забезпечується паспортними засобами кріплення методом досліджень.

Посилення паспортного кріплення канатними анкерами в борта виробки (рис. 4, модель Б). Результати моделювання виробки, кріплення якої має замкнуту форму (рис. 4, модель В) передбачалося моделювання двох суміжних виробок меншого перерізу (рис. 4, модель Г) стійкості.

На основі проведеного фізичного моделювання були отримані залежності зміщень породних масивів

Рис. 5. Залежність зміщень контуру від глибини закладення та

Третім етапом досліджень передбачалося проведення аналітичних досліджень напружено-деформованих елементів, реалізація якого виконувалась за допомогою ліцензійної програми ANSYS. За критерій оцінки стану порід використовувався критерій міцності Хоека-Брауна, що враховує слабких, порушених порід за рахунок введення в його структуру додаткових параметрів. У виконанні умови, яка в загальному випадку має вигляд:

де  $\sigma_1$  і  $\sigma_3$  – максимальне та мінімальне діюче напруження;  $m_b$  – константа Хоека-Брауна, яка залежить від типу порід. Дослідження проводились для низки розрахункових схем (рис. 6), які відповідають «ускладненню» пласта і міцних порід.

Отримані розрахункові зміщення для паспортного рамно-анкерного варіанту кріплення виробки на моделях, які відображають протікання геомеханічних процесів навколо уклону при різних місцях «скиду».

в

|          |
|----------|
|          |
|          |
|          |
| <i>a</i> |
| <i>в</i> |
|          |

Виконане чисельне моделювання дозволило отримати узагальнені розрахункові зміщення контуру виробки в місці геологічного порушення типу «скид».

Рис. 9. Розрахункові зміщення на контурі виробки в місці «скид»

За результатами розрахунків можливо зробити висновок про те, що найбільш вдалою деформаціям в підшві.

При наявності мілкоамплітудних геологічних порушень оптимальним є проведення виробки замкнутого типу в умовах «ШУ «Покровське» майже в 2 рази менше ніж при використанні оберненого склепіння після відносної стабілізації геомеханічних процесів дозволяє забезпечити

Проведені дослідження дозволили на базі кріплення типу АНТ і двошарового кріплення ДонУГІ розробити метод забезпечити тривалу стійкість капітальних виробок в умовах великих зміщень породного контуру за рахунок рівномірної заміни слабконесучими піноматеріалами, і часткового керування процесами, які протікають в межах виробки шляхом регулювання параметрів кріплення (рис. 10, 11).

Рис. 10. Принципова технологія кріплення

Рис. 11. Принципова технологія кріплення

При спорудженні капітальних виробок в умовах, що є аналогічними гірничо-геологічним умовам, кріплення дозволяє отримати економію матеріалів (за прямими витратами) на суму не менше 10%.

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлено вплив деформації породного масиву та розподілу напружень в породному масиві навколо виробки на стійкість виробки. вирішене актуальне наукове завдання щодо обґрунтування способу підвищення стійкості виробки, підвищення економічної ефективності та рівня безпеки праці при веденні гірничих робіт на ДонУГІ. Основні наукові і практичні результати роботи полягають в наступному:

1. Аналіз літературних джерел і виробничого досвіду свідчить, що забезпечення стійкості виробки та підтримання магістральних виробок вугільних шахт на основі закономірностей проявів гірничих порушень

2. На основі комплексних шахтних, лабораторних і аналітичних досліджень встановлено стан гірничотехнічних об'єктів відносно пласта вугілля і міцних порід, а також при використанні ПАТ «ШУ «Покровське».
3. На базі відомого показника стійкості  $\omega$  запропонований комплексний показник стану порід підосви і для зручності адаптований до п'ятибальної шкали.
4. Для гірничо-геологічних умов ПАТ «ШУ «Покровське» отримані залежності відносних показників стійкості порід від параметрів порід.
5. Розроблені розрахункові схеми та алгоритм чисельного моделювання геомеханічних процесів забезпечення її стійкості та розміщенню вугільного пласта для умов блоку №10 ПАТ «ШУ «Покровське».
6. Для умов ПАТ «ШУ «Покровське» розроблений та обґрунтований комплекс заходів з підвищення стійкості порід у умовах на прикладі гірничотехнічних об'єктів блоку №10.
7. Розроблені конструктивні рішення комбінованого технологічно-податливого кріплення порід з розподіленням навантаження на кріплення виробки, ізоляції породного контуру від виробки, шару і породонесучої оболонки.
8. Очікуваний економічний ефект від застосування технологічно-податливого комбінованого кріплення порід з рахунок зменшення витрат на підтримку уклону в експлуатаційному стані.

## Список опублікованих праць

1. Халимендик А.В. К вопросу обеспечения устойчивости капитальных выработок в условиях ожидаемых больших деформаций пород // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2010. – №34, Т.2. – С. 101-112.
2. Халимендик А.В. Анализ проявлений горного давления при проведении протяженных выработок в районе мелкого заложения // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2010. – №34, Т.2. – С. 113-117.
3. Халимендик А.В., Янжула А.С. // Наукові праці УКРНДМІ НАН України.– Донецьк, УкрНДМІ, 2010. – №10. – С. 10-14.
4. Халимендик А.В. Моделирование геомеханических процессов в породном массиве при встречном движении пород // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2011. – №19. – С. 96-108.
5. Халимендик А.В. К обоснованию критерия вспучивания пород почвы горных выработок / Шахтостроительство. – Донецк: «Норд-Пресс», 2007. – С. 148-150.
6. Халимендик А.В. Современное состояние и перспективы развития шахтного строительства и угольной промышленности // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2009. – №17. – С. 116-117.
7. Халимендик О.В. Перспективи вдосконалення конструкцій жорсткого монолітного бетонного кріплення порід у складних гірничо-геологічних умовах / Солодянкін О.В., Халимендик О.В. // Матеріали 4-й Междунар. конф. «Гірничі науки та інженерія». – Донецьк: «Норд-Пресс», 2010. – С. 85-88.
8. Халимендик О.В. Розробка алгоритму дослідження системи «кріплення-масив» капітальної виробки // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2010. – №34, Т.2. – С. 113-117.
9. Халимендик А.В. Оценка состояния протяженных выработок с длительным сроком службы шахт Центрального Донбасса // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – Д.: НГУ, 2011. – С. 63-65.
10. Халимендик А.В. Анализ состояния протяженных выработок шахт Западного Донбасса / Солодянкин А.В., Халимендик О.В. // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – 2011. – С. 78-80.
11. Халимендик А.В. Обеспечение устойчивости горных выработок в условиях формирования больших зон разрушения пород // Учен. зап. Крив. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. – Донецк: «Норд-Пресс», 2011. – С. 81-84.



12. Халимендик А.В. Моделирование геомеханических процессов в массиве в окрестности уступа блока №10 шахты «Красногорский подземного строительства». Вып. 2. – Киев, 2011. – С. 141-147.
13. Халимендик А.В. Анализ состояния капитальных горных выработок в районе геологического нарушения типа «гирників-2011». – Д.: НГУ, 2011. – С. 63-67.
14. Халимендик А.В. Опыт поддержания выработок, проводимых встречными забоями в условиях шахты «степна міжнар. конф. “Форум гірників-2011”. – Д.: НГУ, 2011. – С. 43-49.
15. Халимендик А.В. К вопросу повышения устойчивости протяженных выработок и их сопряжений в условиях подземного пространства». – Д.: НГУ, 2012. – С. 13-16.
16. Халимендик О.В. До обґрунтування комплексу заходів з підвищення тривалої стійкості – Д.: НГУ, 2012. – С. 86-88.

Особистий внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві: [4-6, 11, 15] – виконання досліджень, аналіз результатів, розробка конструктивних рішень; [9, 10] – формулювання чисельних досліджень, аналіз результатів; [2, 3, 13, 14] – виконання аналітичних досліджень.

### **Халимендик О.В. Обґрунтування способу підвищення стійкості капітальних виробок**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю «Горний університет», Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, Дніпропетровськ, 2012. У дисертації вирішена актуальна науково-технічна задача з підвищення стійкості капітальних виробок.

Організовані та проведені комплексні шахтні; лабораторні та аналітичні дослідження щодо пласта вугілля і міцних порід, а також при використанні різних способів забезпечення. Розроблені розрахункові схеми та алгоритм чисельного моделювання геомеханічних процесів. Закономірності, отримані в результаті досліджень використані для розробки рекомендацій «Шахтоуправління «Покровське».

*Ключові слова:* стійкість капітальних виробок, комплексні дослідження, складноструктурні

### **Халимендик А.В. Обоснование способа повышения устойчивости капитальных выработок**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Горный университет», Днепропетровск, 2012.

В диссертации решена актуальная научно-техническая задача повышения устойчивости капитальных выработок. Выполнен анализ и обобщение литературных источников и производственного опыта в горнотехнических условиях.

Установлено, что затраты на поддержание выработок в эксплуатационном состоянии в соответствии с несоответствие существующих конструкций крепи условиям их применения вследствие не-

Отмечено, что обеспечение устойчивости капитальных выработок, возможно за счет использования шахт на основании закономерностей проявлений горного давления в условиях неустойчивости. Организованы и проведены комплексные шахтные, лабораторные и аналитические исследования в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях больших глубин, при значительных

Для более полного отображения реальной геотехнической ситуации при проведении исследований интенсивному пучению пород почвы, который характеризует в интегральном смысле состояние массива. Проанализированы показания с замерных пунктов, включающих контурные и глубинные исследования, проведенные в контрольных сечениях в диапазоне глубин 710...880 м для горно-геологических объектов. С помощью моделирования на эквивалентных материалах проведены лабораторные исследования геологическое нарушение типа «сброс».

Разработаны расчетные схемы и алгоритм численного моделирования геомеханических процессов в различных способах обеспечения ее устойчивости.

На основании проведенных исследований для условий ПАТ «ШУ «Покровское» получены рекомендации по расположению горнотехнических объектов относительно угольного пласта и крепких пород с учетом особенностей вмещающего породного массива.

На базе крепи типа АНТ и двуслойной монолитной крепи ДонУГИ разработан ряд конструкций шахт Центрального Донбасса, которые заключаются в обеспечении равномерного распределения напряжений в окрестности выработки путем варьирования прочностных характеристик и толщины демпферов. Расчетный экономический эффект от применения технологически-податливой комбинации составляет порядка 1300 грн/м. и достигается за счет уменьшения прямых расходов на по-

*Ключевые слова:* устойчивость капитальных выработок, комплексные исследования, сложные условия

**Khalimendik O.V. Substantiation of stability increase method for capital workings in large scale conditions.**  
The thesis for obtain a scientific degree of candidate of technical sciences on the specialty "Rock mass stability" Dnipropetrovs'k, 2012.

In the thesis an actual scientific and technical problem of improving the stability of capital workings in large scale conditions is solved. Full-scale, laboratory and analytical studies of the stress-strain state of rock mass at different depths are carried out. Design schemes and algorithm for the numerical modeling of geomechanical processes in different ways of ensuring its sustainability providing. Regularities obtained as a result of the study researches were used to develop recommendations for the location of technical objects relative to the coal seam and strong rocks taking into account the features of the surrounding rock mass. "Shahtoupravlenie "Pokrovskoe"".

**Keywords:** stability of capital workings, comprehensive research, complex structure rock massifs

**Хали**

**Обґрунтування спос  
в умовах**

**Підп. до  
Папір офс  
Обл.-вид**

**Держ  
«Наці  
49027, м. Д**

;;

доктор технічних наук, професор  
**Солодянкін Олександр Вікторович,**  
професор кафедри будівництва і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Н

доктор технічних наук, професор  
**Бузило Володимир Іванович,**  
декан гірничого факультету, професор кафедри підземної розробки родовищ Державного

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
**Курносів Сергій Анатолійович,**  
старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ корисних копалин на  
(м. Дніпропетровськ).









Аналіз отриманих результатів показав, що стійкість протяжних виробок в гірних породах залежить від протікання геомеханічних процесів, переважно в підшві виробки, і може бути забезпечена обґрунтуванням раціональних способів охорони гірничотехнічних об'єктів. Оскільки найбільший вплив гірського тиску було відмічено на ділянках, де мають місце порушення породного масиву навколо

цевий вигляд моделей при різних засобах забезпечення їх стійкості

---

аднених» (б) умов залягання пласта  $d_4$  та при його розміщенні в підшви (в) і покрівлі (г)

---

лення за даними шахтного моніторингу та за результатами чисельного і фізичного моделю

б

г

іс. 8. Характер деформацій контуру виробки, що закріплена:

розвантаження; в – кільцевим кріпленням; г – рамно-анкерним кріпленням у випадку розміщення вугільного пласта в підшві

---











А.М. Роєнко









|                 |
|-----------------|
| <i>Модель В</i> |
|                 |
|                 |











