

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»

Макаров Сергій Олександрович

УДК

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ  
ПОКРІВЛІ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК**

Спеціальність 184 Гірництво

Автореферат  
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2019

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

|                   |   |
|-------------------|---|
| Науковий керівник | професор<br><b>Гайка Генадій Іванович</b> ,<br>Національний технічний<br>університет України «Київський<br>політехнічний інститут імені Ігоря<br>Сікорського», професор кафедри<br>геоінженерії |
|                   |   |

Захист відбудеться «\_\_\_» грудня 2018 року о \_\_\_ годині на засіданні ЕК кафедри геоінженерії у «КПІ ім Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, вул Борщагівська, 115, ауд.511.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Досвід підтримання гірничих виробок вугільних шахт свідчить про великі деформацій кріплення, обсяги яких сягають 27-30% від загальної протяжності виробок. Проблема надійності гірничих виробок залишається актуальною і потребує нових ефективних рішень щодо вдосконалення кріплення і застосування нових комбінованих конструкцій. Основна ідея роботи полягає в поєднанні властивостей підпірних конструкцій з використанням несучої здатності оточуючих порід шляхом створення сукупної системи “кріплення – масив”. Збільшення носійної здатності породного масиву дає можливість знизити матеріаломісткість та вартість базових опорних конструкцій без шкоди для стану виробки. У складних (або змінних) гірничо-геологічних умовах спільна робота різних конструкцій може забезпечити стійкість виробки з мінімальними економічними витратами. В даний час умови будівництва глибоких шахт такі, що найбільш гостро постає питання удосконалення рамно-анкерного кріплення у гірничих виробках.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геоінженерії «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НДР: «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва (№ ДР 0115U005398), в яких автор брав участь як виконавець.

### **Мета та задачі дослідження.**

- Метою роботи є удосконалення констрекції комбінованого кріплення гірничих виробок. Основними завданням є обґрунтування конструкції підсилюючого повздожнього елемента, обґрунтування конструкції анкера, забезпечення взаємодії рамного кріплення та анкерів.;

**Методи дослідження.** При вирішенні поставлених в роботі завдань використано наступні методи досліджень: метод аналізу та узагальнення практичного досвіду експлуатації

гірничих виробок та методи конструювання комбінованого кріплення.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному:

-розроблена конструкція підсилення рамного кріплення повздожньою балкою в центрі прольоту, яка «підшита» канатними анкерами в покрівлю виробки

-розроблений спосіб монтажу канатного анкера, який значно скорочує час закріплення канату в шпурі

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати та положення дисертаційної магістерської роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основи положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на II-й науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, 2019 р.).

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено методи проведення досліджень, показано практичне значення отриманих в дисертації результатів, наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію.

**У першому розділі** дана характеристика гірничо геологічних умови шахти «Бужанська» знаходиться на території Іваничівського району Волинської області України. У геологічному відношенні полі шахти розположено в північній частині Нововолинського геолого-промислового району Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

Рельєф розглянутого ділянки піднятий вододіл між долинами річок Студянка на сході і Західний Буг на заході і північному заході. Численні балки розчленовують поверхню на

окремі пагорби різної форми. Абсолютні відмітки коливаються від +190 м до +237,5 м.

Поле шахти «Бужанська» розташоване в північно-східній частині Волинського родовища Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну.

В геологічній будові поля шахти беруть участь осадові відкладення четвертинної, крейдовий, юрської, кам'яновугільної і верхнедевонської систем.

Четвертинні відкладення потужністю від 2,8 до 32,5 м представлені лесовидні суглинки, глинами і дрібнозернистими пісками. Крейдова система складається з відкладень сенонського, туронського і сіно-мапського ярусів. Відкладення сенонського ярусу потужністю від 140 до 220 м представлені зеленувато-сірим мергелем. До глибини 120 м мергелі сенонов сильно тріщинуваті і до них приурочений потужний водоносний горизонт. Відкладення туронського ярусу потужністю від 110 до 150 м представлені крейдоподібні вапняком з конкреціями чорних каменів і є потужним водоупором. Сеноманський ярус включає в себе слабощементовані, зеленувато-сірі пісковики, містять гальку кам'яновугільних і юрських порід, а також чорний кремень. У верхній частині - світло-сірий піщаний мергель. Потужність ярусу - до 14,0 м.

Юрські відкладення межах розглянутої площі представлені пестроцвітними аргілітами, глинами і плямистими алевролітами, рідше конгломератовідними пісковиками. Відкладення мають широке поширення, потужність їх змінюється від 0 до 25,9 м. Майданного поширення юрських відкладень на Бужанській ділянці внесло істотні зміни в розкриття шахтного поля.

Кам'яновугільні відкладення представлені серпуховським (Намюрського), Візейська і турнейського ярусу.

Вугленосні відкладення промислового значення на Волинському місце-народженні приурочені до серпуховському (Намюрського) ярусу. Літологічних ярус складається з чергуються аргиллітов, алевролітів, пісковиків, а в нижній частині - вапняків. У цих породах укладені вугільні пласти і

пропластки. Потужність відкладень серпуховського ярусу становить від 307 до 333 м.

У тектонічному відношенні полі шахти розташоване в найбільш пологій частині родовища, для якої характерні кути падіння, що не перевищує 2 ... 3 градусів. Падіння кам'яновугільних порід південно-західне, простяганю - з південного сходу на північний захід.

У межах поля шахти «Бужанська» геологорозвідувальними роботами виявлені 2 тектонічних порушення - насування № 1 (амплітуда до 10 м, кут падіння 40 °) і скидання № 2 (амплітуда до 7 м, кут падіння 75 °).

Простягання порушень - з північного заходу на південний схід.

Враховуючи досвід роботи суміжних шахт, геологорозвідувальна організація прогнозує велику ймовірність наявності мелкоамплітудних розривних порушень на полі шахти «Бужанська», невстановлених розвідувальними роботами.

Промислова вугленосність на розглянутій площі приурочена до верхньої частини серпуховського ярусу нижнього карбону (Бужанська свита). Робочої потужності сягає тільки пласт  $n_8$ , який в даний час розробляється шахтою.

Розкриття шахтного поля виконано двома вертикальними центрально-здвоєними стволами (повітряподаючим і вентиляційним), пройдені до горизонту - 369 м (приурочений до пласту  $n_8$ ), де розміщується навколоствольний двір.

Місцезнаходження стволів прийнято у південно-західній межі шахтного поля, виходячи з умови мінімального використання площ сільськогосподарських угідь під будівництво технологічного комплексу поверхні.

Повітряподаючий (допоміжний) ствол діаметром 5,0 м призначений для подачі в шахту свіжого повітря, спуску - підйому людей і матеріалів і видачі породи з шахти. Головний (вентиляційний) ствол діаметром 5,0 м служить для випуску вихідного вентиляційного струменя повітря і видачі вугілля на поверхню.

До повітроподаючого (допоміжного) стволу примикають вантажна і порожнякового гілки навколоствольного двору. Вугілля і вихідний струмінь повітря видаються по похилому конвеєрному квершлагу, пройденого з основного горизонту вгору під кутом 10 градусів. Для виведення вихідного струменя повітря з похилого конвеєрного квершлагу в головний (вентиляційний) ствол пройдений невеликої довжини вентиляційний квершлаг.

| Показники   | Назва стволів        |                      |
|---|----------------------|----------------------|
|   | Головний             | Допоміжний           |
| Абсолютна відмітка устя стволу, м                   | 223,2                | 224,3                |
| Абсолютна відмітка рівня головок рейок горизонту, м | -144,5               | -145,1               |
| Глибина стволу від поверхні до горизонту, м         | 367,7                | 369,4                |
| Глибина зумпфа, м                                   | -                    | 12,6                 |
| Повна глибина стволу (включаючи зумпф), м           | 367,7                | 382,0                |
| Глибина поглибленої частини стволу, м               |                      |                      |
| Діаметр стволу, м                                   | 5,0                  | 5,0                  |
| Площа перерізу стволу, м <sup>2</sup>               | 19,6                 | 19,6                 |
| Кріплення стволу                                    | Тюбінги, залізобетон | Тюбінги, залізобетон |

Таблиця 2.1 Характеристика стволів.

У другому розділі розглядаємо спорудження і кріплення протяжної гірничо виробки . Розглядаються 2 варіанти . 1- типовий з арконою формою кріплення, та 2 запропонований автором з трапецевидним перерізом.

Серед найбільш перспективних типів комбінованого кріплення відзначимо системи: арка – набризк – тампонаж; анкер – набризкбетон; рама – анкер. Останій тип найбільш ефективно залучає в роботу носійну здатність оточуючих виробку гірських порід. Достатньо ефективно в умовах пологих пластів зарекомендували конструкції рамного кріплення прямокутної форми

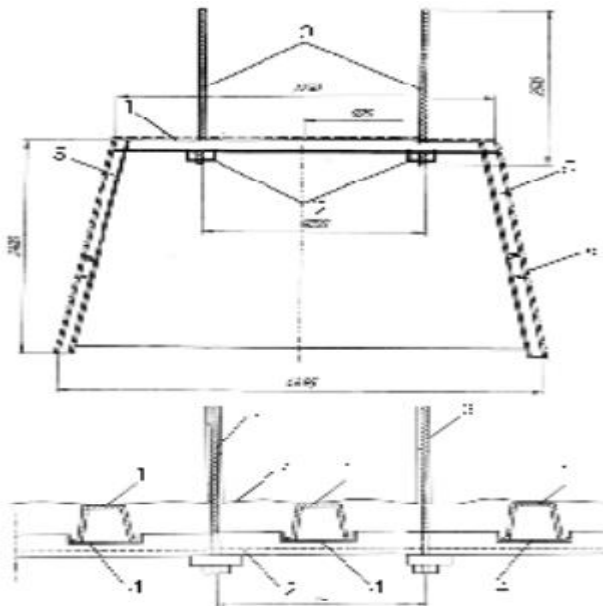
Найбільш відомою трапецевидною конструкцією є кріплення МТПШ (аналог – КПС), у якому для з'єднання прямолінійних елементів стояків використовують типові П-образні вузли, які не достатньо ефективні для прямолінійних ділянок і потребують заміни на вузли ЗПК. “Слабкою ланкою” типових конструкцій є недостатня носійна спроможність прямолінійного верхняка, який працює на вигин, тоді як стояки – здебільшого на стискання, що забезпечує їм значний запас міцності. Легко довести, що навіть при рівномірно розподіленому навантаженні при довжині верхняка більше 3,5 м його деформація почнеться ще до початку спрацьовування вузлів податливості (зусилля проковзування у вузлах близько 100 кН). Спроби підсилити верхняк проміжними стояками чи розкосами скорочують корисну площу перерізу виробки, обмежують її транспортні можливості, збільшують матеріаломісткість і вартість кріплення. Саме цим можна пояснити недостатню розповсюдженість економічно доцільної й перспективної трапецевидної (прямокутної) форми виробок.

Ефективним напрямком підвищення носійної здатності рамного кріплення є застосування поздовжніх балок, які «підшивають» до покрівлі за допомогою анкерів.

При спільному застосуванні анкерних і трапецевидних рамних конструкцій слід обов'язково проводити силовий розпір елементів рами, що забезпечує одночасне введення в роботу

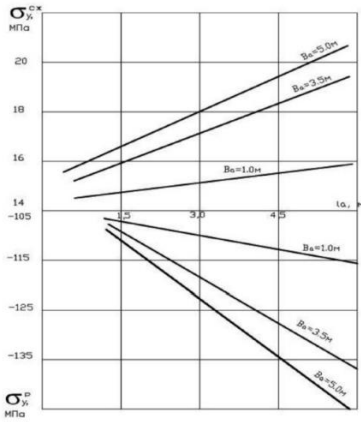


обох елементів комбінованого кріплення [2]. Підсилення прямолінійних верхняків 1 доцільно проводити за допомогою поздовжніх швелерних балок 2, “підшитих” канатними анкерами 3 до покрівлі виробки. Таке рішення дозволяє підсилити верхняк у найбільш небезпечних перерізах без захаращення виробки стояками й перешкоджання транспортним процесам. Застосування канатних анкерів, кінцева частина яких (0,5-1 м) вклеюється в шпурі полімерними сумішами, забезпечує несучу здатність до 280 кНта податливість не менше 18% від довжини вантової частини каната, що гарантує сумісність режимів роботи рам і анкерів. Завдяки наявності в підсилюючих балках 2 спеціальних пазів 4, забезпечується фіксація рам у проектному положенні, вирівнюються зусилля в суміжних рамах. Анкерне підсилення дає можливість демонтувати один із стояків рами для встановлення крайньої секції механізованого комплексу лави, що значно знижує трудомісткість його монтажу.

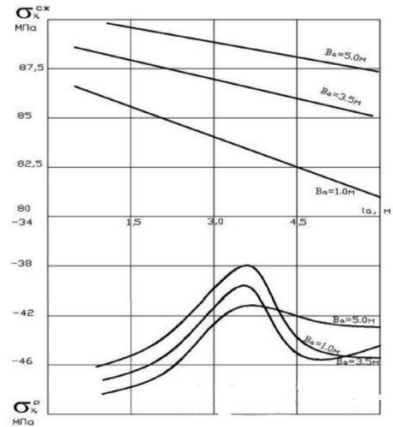


**Третій розділ** Виконана розробка елементів підсилення покрівлі виробки повздовжньою балкою в центрі прольоту підшитою канатними анкерами Проведено також дослідження напружено-деформованого стану порід, що вміщують в залежності від потужності шару легкообрушаючихся порід при різній довжині їх анкерування. Дослідження виконані на прикладі гірничої виробки трапецієподібної форми поперечного перерізу при наступних параметрах розрахункової схеми: кут падіння пласта  $15^\circ$ , його потужність 3,8 м; глибина розробки 400 м; перетин вироблення 15,5 м<sup>2</sup>; діаметр анкера 0,022 м.

Досліджено характер зміни і розподілу напружень в покрівлі, ґрунті і боках виробки. При величині шару легкообрушаючихся порід від 1,03 до 6,0 м і довжині анкера від 2,4 до 5,0 м відбуваються такі зміни напруг навколо виробки. Максимальні і мінімальні нормальні напруги з ростом довжини анкера (з 1,5 до 6 м) і збільшенням потужності шару легкообрушаючихся порід (наприклад, складеного Аргіліти) з 1 до 6 м ростуть в пропорційній лінійної залежності (Малюнок 1,а). Зміни напруг в розглянутому діапазоні в поздовжній площині з ростом довжини анкера і збільшенням товщини шару легкообрушаючихся порід має наступні тенденції: розтягують - зменшуються, а стискають - мають стрибок при довжині анкера 3,0-3,5 м і в цілому перебувають у вузькому діапазоні ( 42-48 МПа) – (Малюнок 1,б)



а



б

У четвертому розділі наведений стартап-проект роботи.

## ВИСНОВОК

Таким чином запропоновані технічні рішення суттєво збільшують надійність та економічність гірничих виробок. Підсилення верхняка в центрі прольоту повздовжньою балкою, об'єднує рами в просторову систему, а ефективний спосіб їх підсилювання вводить у роботу оточуючі породи і суттєво збільшує носійну спроможність кріплення.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Основі положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювались на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, 2019 р.).

### АНОТАЦІЯ

**Макаров С.О. Вдосконалення методу анкерного кріплення покрівлі гірничих виробок. – рукопис.**

Магістерська дисертація за спеціальністю 184 гірництво (Геотехнічне і міське підземне будівництво). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2018.

Дисертацію присвячено удосконаленню методу анкерного кріплення покрівлі гірничих виробок У статті розглянуто нова конструкція комбінованого рамно-анкерного кріплення, яка передбачає поєднання анкерних конструкцій і сталевих рам посиленних поздовжньої балкою в центрі прольоту. Використовують два варіанти такої комбінації: із застосуванням стрижневих і канатних анкерів.

*Ключові слова:* анкер, кріплення, покрівля, конструкція.

### АННОТАЦІЯ

**Макаров С.О. Совершенствование метода анкерного крепления кровли горных выработок. - рукопись.**

Магистерская диссертация по специальности 184 горное (Геотехническое и городское подземное строительство). - Национальный технический университет Украины «Киевский

политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2018.

Диссертация посвящена усовершенствованию метода анкерного крепления кровли горных выработок. В статье рассмотрены новая конструкция комбинированного рамно-анкерного крепления, которая предусматривает сочетание анкерных конструкций и стальных рам усиленных продольной балкой в центре пролета. Используют два варианта такой комбинации: с применением стержневых и канатных анкеров.

Ключевые слова: анкер, крепления, кровля, конструкция.

#### ANNOTATION

**Makarov SO Improvement of the method of anchoring the roof of mining workings. - manuscript.**

Master's Thesis on specialty 184 Mining (Geotechnical and Urban Underground Construction). - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" MES of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the improvement of the method of anchor fastening of the roof of mines. Two variants of this combination are used: using rod and rope anchors.

Keywords: anchor, fixture, roof, construction