

**Відгук**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу**  
**Сахно Світлани Володимирівни**  
**«Підвищення рівня безпеки праці гірників при підтриманні гірничих виробок**  
**пологих вугільних пластів анкерним кріпленням», подану на здобуття**  
**наукового ступеня кандидата технічних наук**  
**за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці**

**1. Актуальність теми дисертації**

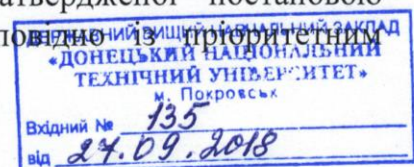
Добувна промисловість України традиційно входить до найбільш небезпечних галузей економіки. Аналіз статистики нещасних випадків в 2017 році на вугільних шахтах України свідчить, що коефіцієнт смертельного травматизму на 1 млн тонн видобутого вугілля становить 1,07, про що свідчить тренд безпеки праці в галузі останнього десятиліття. Наведений показник в рази вище ніж в провідних вуглевидобувних країнах світу. Аналіз статистики нещасних випадків в вугільній галузі вказує, що близько 20 % смертельних травм є наслідком вивалів і руйнування порід в гірничих виробках. Травми, пов'язані з обваленнями в гірничих виробках, входять до першої трійки найбільш поширених в світовій практиці.

Аналіз і узагальнення наукових досліджень свідчить, що рівень травматизму від обвалень порід в гірничих виробках залежить від типу кріплення і його надійності. Світові тренди кріплення пов'язані з поширенням анкерних систем, використання яких сприяє підвищенню експлуатаційної стійкості виробки і безпеки робіт. В складних гірничо-геологічних умовах, притаманних українським шахтам, що обумовлюють великі деформації контуру виробок, руйнування приконтурних порід і їх вивали, найближча перспектива анкерного кріплення пов'язана з розвитком анкерних систем, що комбінують фрикційний ефект з адгезійним і механічним закріпленням.

Такий стан справ зумовлює нагальну потребу проведення експериментальних і теоретичних досліджень щодо отримання фактологічного матеріалу про стан травматизму від обвалень, механізмів розвитку вивалів порід в умовах анкерного кріплення, пошуку шляхів щодо стримування і профілактики вивалів, розробки системи оцінювання небезпек вивалів і рівня ризику травмування. Отже, розроблення способу зниження травматизму гірників від вивалів порід анкерними системами з високою несучою здатністю та великими передруйнівними деформаціями, при підтриманні гірничих виробок пологих вугільних пластів, є актуальною науково-прикладною задачею.

**2. Зв'язок роботи з науковими програмами планами темами.**

Дисертаційна робота виконана відповідно до завдань Концепції Загальнодержавної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 рр. та «Програми підвищення безпеки праці на вугледобувних і шахтобудівних підприємствах», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України, «Програми підвищення безпеки праці на вугледобувних і шахтобудівних підприємствах», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України № 374, а також відповідно до пріоритетним



тематичним напрямком наукових досліджень ДВНЗ ДонНТУ в рамках держбюджетної теми: «Удосконалення способів підвищення стійкості гірничих виробок в умовах глибоких шахт» (д.р. № 0117u004316), і госпдоговірної теми «Дослідження кінетики зміщень порід в підготовчих виробках для розробки заходів щодо забезпечення їх експлуатаційного безпечного стану» (д.р. № 0117u004317), в яких авторка приймала участь як співвиконавець.

### **3. Структура та загальна характеристика дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 137 найменувань на 14 сторінках; містить 161 сторінку основного тексту, 86 рисунків, 12 таблиць, 16 додатків на 74 сторінках; загальний обсяг дисертації складає 264 сторінок.

**У першому розділі** дисертації (стор. 21-51) здійснено аналіз стану виробничого травматизму в гірничих виробках закріплених анкерним кріпленням, його причин, сучасних способів профілактики та запобігання. Проаналізовані методи оцінки ризиків травмування, як визначені ISO 31010, так і авторські, і галузеві.

Подано узагальнення наукових і практичних досліджень, присвячених вивченню механізмів розвитку вивалів гірських порід, концепціям анкерного кріплення, взаємодії анкерів з гірським масивом, підвищенню ефективності управління стійкістю порід.

Отже, обґрунтована ідея зниження рівня травматизму від вивалів в гірничих виробках за рахунок управління станом гірських порід і мінімізації вивалоутворення. Сформульовано мету дисертаційної роботи та завдання наукових досліджень.

**У другому розділі** (стор. 52-77) наведено результати натурних досліджень, аналіз деформацій і обвалів порід в гірничих виробках з анкерним кріпленням в умовах шахт українського Донбасу.

Дослідження включали: спостереження на глибинних і контурних станціях, виміри геометричних параметрів виробки експрес методом зі складанням ескізів у найбільш характерних ділянках, візуальні спостереження і фотофіксацію проявів гірського тиску.

Встановлено особливості динаміки розвитку зрушень і деформацій порід покрівлі, закріплених анкерним і анкерно-рамним кріпленням, які зумовлюють травматизм від вивалів, поза зоною та в зоні впливу очисного вибою в умовах вугільних шахт.

**У третьому розділі** (стор. 78-103) наведено результати математичного моделювання геомеханічних процесів навколо гірничої виробки закріпленої анкерним кріпленням з деталізацією зміни НДС в системі «анкер-закріплювач-масив» методом скінчених елементів.

На основі поетапного моделювання з урахуванням принципу суперпозиції було встановлено, що підвищення коефіцієнта зчеплення анкера з породою призводить до зниження переміщень блоку, що відшаровується, за ступеневою залежністю. Загальні деформації анкера також знижуються, а відносні деформації поблизу тріщини зростають за залежністю близькою до логарифмічної від коефіцієнта зчеплення. При  $k_{\text{адг}}$  більше 5 одиниць відносні деформації є

константою. Таким чином, підвищення жорсткості контакту анкера призводить до підвищення його локальних відносних деформацій, що більш небезпечно для анкерного болта. Встановлено, що, з точки зору мінімізації напружень в системі «анкер-закріплювач-масив» при некритичних зміщеннях блоку, що відшаровується, параметри закріплення мають знаходитись в наступному діапазоні:  $k_{адг} = 2-3$  од.,  $\mu = 0,2-0,25$ ;  $E = 2-10$  ГПа. Таким чином зроблено висновки щодо обмеження умов застосування адгезійно закріплених анкерів малими деформаціями і створено підґрунтя для розробки анкерних систем з неадгезійним закріпленням болтів.

**У четвертому розділі** (стор. 104-141) представлені результати лабораторних і стендових експериментів, що були покладені в основу розробки нового способу неадгезійного закріплення анкерів, який дозволяє запобігати обваленням порід при великих розшаруваннях і деформаціях.

Основна ідея розробленої системи полягає в тому, що закріплення анкерів у шпурі відбувається не за рахунок адгезії, а за рахунок стиснення по всій довжині шпурі сумішами, що розширюються в процесі гідратаційного твердіння, а саме сумішами на основі оксиду кальцію, які здатні збільшуватись в 2-3 рази у вільному стані, а в умовах обмежених деформацій розвивати тиск розширення до 30-50 МПа.

В результаті досліджень гідратаційного твердіння невибухових сумішей на основі оксиду кальцію методами мікроскопії за допомогою цифрового мікроскопа Bresser LCD 40-1600 в прохідному світлі та стендових випробувань на установці нерівнокомпонентного тривісного стиску було розроблено і запатентовано модифіковану суміш, що саморозширюється.

В результаті порівняльних тестів в лабораторних умовах встановлено, що максимальне зусилля закріплення анкерних болтів сумішами, що розширюються, перевищує зусилля для болтів закріплених смолами більше ніж в два рази, а зусилля піддатливості в 1,67 рази більше ніж в експерименті з закріпленням Cement KL (Orica) і в 2 рази більше ніж смолою КФ-МТ-15. Аналіз режиму роботи таких анкерів свідчить, що система «анкер-закріплювач-порода» має механізм роботи близький до сучасних енергоабсорбуючих болтів.

**У п'ятому розділі** дисертації (стор. 142-171) наведено практичні результати перевірки ефективності розробленого способу підвищення безпеки гірників і проведено оцінку зниження ризиків їх травмування. Впровадження відбувалось в умовах гірничих виробок шахти ім. Сургая. Розрахункова економічна ефективність способу з позицій зниження витрат на матеріали при кріпленні складає 41,80 грн/анкер.

Розроблено методику оцінки ризику травмування від руйнування покрівлі в підготовчих гірничих виробках та систему визначення небезпеки вивалів.

Запропоновані оцінки рівнів ризику: «прийнятний», «прийнятний за умови нагляду і моніторингу», «неприйнятний без заходів постійного контролю» і «неприйнятний». Це дозволяє планувати заходи профілактики, контролю і боротьби з вивалами порід.

Апробація запропонованої методики оцінки ризику травмування від вивалів з покрівлі дозволив встановити, що незалежно від небезпеки вивалів кріплення анкерами дозволяє знизити рівень імовірності вивалу до 8,9%

#### **4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення та висновки можна вважати обґрунтованими, оскільки в процесі дослідження використовувались сучасні аналітичні, фізичні, математичні методи, лабораторні та стендові випробування, шахтний експеримент. Достовірність отриманих результатів підтверджується розрахунковими значеннями їх оцінки за загальноприйнятими критеріями.

Обґрунтованість і достовірність отриманих наукових положень, висновків і рекомендацій визначається коректною постановкою завдань наукових досліджень та дотриманням вимог до формування та обробки масивів статистичних даних.

#### **5. Наукова новизна роботи**

Основні результати, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи, полягають у наступному:

- удосконалено механізм роботи системи «анкер-закріплювач-масив», за рахунок встановлення явища впливу підвищення коефіцієнта зчеплення закріплювача на зниження загальних деформацій анкера, й одночасне зростання його відносних деформацій поблизу тріщини за залежністю близькою до логарифмічної від коефіцієнта зчеплення, до  $k_{адп}=5$  одиниць, після чого відносні деформації стають константою. Напруження в закріплювачі при цьому розподілені стрибкоподібно по довжині зі збільшенням амплітуди в напрямку блоку, що відшаровується, а підвищення напружень у найнебезпечній для анкерного болта ділянці 0,95-1,05 м становить 20-26% від напружень на суміжних ділянках. Врахування цих залежностей дозволяє підвищити ефективність анкерного кріплення та зменшити утворення вивалів, що сприяє зниженню рівня травматизму в гірничих виробках;

- отримано функціональна залежність для розрахунку несучої здатності анкерного болта постійного перетину, закріпленого по всій довжині сумішами що розширюються в твердій фазі. Аналітичні розрахунки за виведеною залежністю показали, що при тиску розширення суміші закріплювача 30 МПа та коефіцієнті тертя 0,3 зусилля, що виникають, дорівнюють силам зсуву закріплювача з межею міцності на зсув 9 МПа. Це сприяє зниженню рівня травматизму від вивалів в гірничих виробках;

- встановлено, що при кріпленні анкерами, зафіксованими по всій довжині сумішами, що розширюються в твердій фазі, порід з закритими тріщинами, область максимальної несучої здатності системи обмежена співвідношенням  $d/D=0,55-0,75$  (при тиску розширення 3,8-7,6 МПа максимальне зусилля закріплення анкерів 19 - 35 кН, зусилля піддатливості 14-24 кН), а при кріпленні непорушених порід  $d/D=0,55-0,85$  (при тиску розширення 35-38 МПа максимальні зусилля закріплення 80 - 100 кН, зусилля піддатливості 42 - 64,8 кН). Це сприяє підвищенню безпеки гірників у протяжних виробках.

## **6. Практичне значення роботи та реалізація результатів досліджень**

Практичне значення роботи полягає у тому, що в ній розроблено методику оцінки ризику травмування в результаті вивалу порід на вугільних шахтах. Запропоновано систему оцінювання небезпеки вивалів і відповідного рівня ризику травмування. Обґрунтовано шляхи підвищення рівня безпеки праці гірників за рахунок розробки способу неадгезійного закріплення анкерів у гірничих виробках сумішами, що саморозширюються в твердій фазі і методики визначення параметрів цього способу, що дозволяє створювати анкерну систему з високою несучою здатністю при великих передруйнівних деформаціях і сприяє мінімізації вивалів порід. Розроблено, випробувано й запатентовано суміш для неадгезійного кріплення анкерів, використання якої сприяє підвищенню рівня безпеки праці гірників в протяжних виробках. Розроблено методику оцінки ризику травмування в результаті вивалу порід на вугільних шахтах.

Результати дисертаційної роботи впроваджено на промислових підприємствах України, що підтверджено відповідними актами.

## **7. Зауваження до дисертації та автореферату**

1. З роботи не зрозуміло на якому етапі існування виробки пропонується використовувати розроблену систему неадгезійного кріплення анкерів. Очевидно, що її ефективність по боротьбі з вивалами залежить від етапу встановлення.

2. В роботі відсутні рекомендації щодо керування тиском розширення суміші, а це є один з основних її параметрів, що визначає ефективність роботи всій системи кріплення, і, як наслідок, стримування вивалів порід.

3. В роботі чітко не визначено, як за допомогою розроблених рішень має проводитись профілактика вивалоутворення, а як боротьба з вивалами. Хоча в табл. 5.4, на стор. 169 дисертації, передбачені додаткові заходи для зниження імовірності вивалів, пояснення їх змісту відсутнє.

4. Не зрозуміло, чому обрано чотирибальну шкалу вагових показників при оцінці небезпек вивалів, і чому числовий поділ шкали прийнято прямо пропорційним, оскільки зростання ризику не завжди може бути задовільно описано лінійною функцією.

5. При проведенні кластерного аналізу, з дендрограми експертів (рис. 5.12, стор 164 дисертації) очевидно, що 5 експертів мають неузгоджені думки, але ці думки входять в базу даних при подальшому аналізі. Для підвищення якості оцінок слід було відсіяти оцінки експертів, що утворили окремі кластери.

6. В роботі відсутній аналіз травматизму від вивалів по професіям гірників, але очевидно, що цей розподіл є непропорційний. Проведення такого аналізу дозволило б сформулювати додаткові заходи з підвищення безпеки праці гірників.

Указані зауваження не мають суттєвого впливу на науковий та практичний рівень дисертації, не знижують загальну позитивну оцінку роботи.

## 8. Повнота викладення основних результатів роботи в наукових фахових виданнях

За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, з них 6 – у наукових фахових виданнях України, 2 з яких у виданнях включених до міжнародної наукометричної бази Web of Science, 1 – у наукових видання іноземних держав, 5 – матеріали конференцій, 1 – патент України на корисну модель.

Основні результати дисертації викладені в опублікованих працях.

## 9. Загальні висновки

Дисертація Сахно Світлани Володимирівни «Підвищення рівня безпеки праці гірників при підтриманні гірничих виробок пологих вугільних пластів анкерним кріпленням», є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна науково-прикладна задача встановлення закономірностей зміцнення гірських порід анкерами, що фіксуються по всій довжині шпур сумішами, які саморозширюються в процесі твердіння, для управління стійкістю гірських порід, зменшення вивалоутворення і, як наслідок, зниження рівня травматизму від вивалів в протяжних виробках.

Зміст автореферату і основні наукові положення дисертації Сахно С.В. цілком ідентичні. Основні результати дисертації викладені в опублікованих працях. Дисертація та автореферат викладені на достатньо високому науковому рівні, стиль викладення та ступінь обґрунтованості положень і висновків свідчать про достатню наукову кваліфікацію здобувача.

Дисертаційна робота та автореферат за змістом, отриманими результатами та оформленням відповідають вимогам п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника (із змінами)», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 і паспорту спеціальності 05.26.01 – охорона праці.

Ураховуючи сказане, вважаю, що дисертаційна робота Сахно Світлани Володимирівни виконана на високому рівні, її структура та зміст повністю відповідають вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, а її авторка заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці.

Офіційний опонент,  
завідувач наукового відділу  
інформаційних технологій  
Державної установи «Національний  
науково-дослідний інститут  
промислової безпеки та охорони праці»  
Держпраці та Національної академії  
наук України,  
доктор технічних наук, старший  
науковий співробітник



О.Є. Кружилко