

## **ВІДГУК**

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента

**Колосова Дмитра Леонідовича**, завідувача кафедри будівельної, теоретичної та прикладної механіки НТУ «Дніпровська політехніка» МОН України

на дисертаційну роботу **Василькевича Віктора Івановича** «Розробка та обґрунтування методів та засобів визначення та оцінки динамічних параметрів систем «посудина-армування» шахтних вертикальних стовбурів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 – «Гірничі машини».

Відгук складено на основі вивчення дисертаційної роботи, автореферату, результатів наукових досліджень і матеріалів, що опубліковані здобувачем.

Дисертаційна робота виконана у філії ПАТ «НДІГМ ім. М.М. Федорова» у м. Києві та в ІГТМ НАН України протягом 2012-2018 років. Експериментальні дослідження з обстеження та діагностування стану систем «посудина-армування» проводилися у промислових умовах у 2017-2018 рр. за участі автора (стовбури ПрАТ «Павлоградвугілля» та ПАТ «Лисичанськвугілля»).

### **Актуальність теми дисертації та зв'язок її з науковими програмами, планами і темами**

Основною ланкою у складній виробничій схемі гірничо-видобувальних підприємств є шахтний підйом. Виробнича потужність копальні напряму залежить від стану підйому, інтенсивності його роботи та надійної експлуатації.

Робота шахтного підйому безпосередньо залежить від стану армування. Переважна більшість армувань вітчизняних вертикальних стовбурів є жорсткими.

Під час руху підйомної посудини на армування діють динамічні навантаження. Величина навантажень залежна як від характеристик посудини, так і від стану самого армування: профілю провідників, стану розпірних балок та вузлів кріплення провідників тощо. Критерієм працездатності системи «посудина-армування» є можливість сприймати провідниками і розпорами горизонтальні динамічні навантаження, які підвищуються з ростом інтенсивності підйомних установок.

Більшість армувань вертикальних стовбурів вітчизняних підприємств працює в умовах тривалої експлуатації та підвищеного зносу елементів армування, а деякі з них – в складних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах при значному відхиленні експлуатаційних параметрів підйому від проектних значень, що ще більше загострює ситуацію зі сторони безпечної експлуатації. На теперішній час існують низка невивчених, пов'язаних із накопиченням деградаційних процесів у стовбуровому обладнанні підйомних установок і їх вплив на безпеку роботи при тривалій експлуатації, необхідність визначення горизонтальних динамічних навантажень, що діють в системі «посудина-армування», необхідність забезпечення безпечної роботи шахтних підйомних комплексів в умовах зниження міцнісних та порушення геометричних параметрів провідників та розпорів армування стовбурів у складних гірничо-геологічних умовах, необхідність розробки сучасної методики розрахунку конструктивних та режимних параметрів системи підйому, засобів визначення та оцінки екстремальних навантажень.

Дисертаційна робота виконана у філії ПАТ «НДІГМ ім. М.М. Федорова» у м. Києві та в ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, відповідає пріоритетним напрямкам розвитку енергетичної промисловості, які визначені в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Автор дисертації є співвиконавцем розділу «Розвиток теорії та методів керування станом систем шахтного підйому щодо забезпечення інтенсифікації гірничих робіт на шахтах та рудниках» держбюджетної науково-дослідної роботи НАН України «Розвиток теорії та методів керування станом

геотехнологічних систем щодо забезпечення інтенсифікації роботи гірничо-видобувних підприємств» III-65-15 № держ. реєстр. 0115U002534. Також автор був виконавцем у науково-дослідній роботі НДІГМ ім. М.М. Федорова «Дослідження причин хибного спрацювання парашутів клітей глибоких шахт та розробка комплексу технічних рішень щодо підвищення безпечної експлуатації підйомних комплексів».

З огляду на вищевказане, актуальність теми дисертаційної роботи В.І. Василькевича, яка присвячена обґрунтуванню методів та засобів визначення допустимих значень експлуатаційних параметрів підйомних установок при тривалій роботі у стовбурах із порушеною геометрією у складних гірничо-геологічних умовах, не викликає сумнівів.

### **Наукова новизна дослідження й отриманих результатів**

- вперше встановлено, що верхня межа зіву башмаків прямо пропорційно залежить від висоти провідника, а нижня межа зіву лінійно залежить від фактичного розширення колії провідників. Допустимі швидкості підйому за критеріями динамічної стійкості у лобовій та бічній площинах лінійно зменшуються пропорційно зростанню кінематичних зазорів у системі «посудина-армування» та зносу поперечних перетинів провідників.

- встановлено, що зростання кінематичних зазорів за рахунок зміни лобового зазору у парі «башмак-провідник» призводить до зниження бічної жорсткості розпорів у зворотню квадратичній залежності, що обумовлено зміною значення плеча бічної сили, максимальне відхилення значення плеча бічної сили може змінюватись у інтервалі  $-5...+80\%$  від нормованого та за гармонійним законом за рахунок лобових коливань посудини, при експлуатації системи з потовщеними провідниками та жорсткими направляючими башмаками мінімальна допустима швидкість підйому знижується на  $15...30\%$  за рахунок зменшення зовнішніх габаритів провідника.

- вперше встановлено, що допустимий динамічний прогин провідників у площині їх колії лінійно залежить від значення радіуса заокруглення лобових ребер провідників у зворотній залежності, так, при наявності заокруглення 30 мм допустима швидкість знижується на 35 %.

- вперше встановлено очікуване значення максимально можливих лобових та бічних горизонтальних прискорень башмаків посудини за усередненими параметрами армування (функція жорсткості, крок) та підйомної посудини (інерційні, геометричні, конструктивні), швидкості підйому.

### **Загальна характеристика дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів і загальних висновків, списку використаних джерел і додатків, має анотацію державною та англійською мовами. Загальний об'єм роботи - 270 сторінок, з них 157 сторінок – основний текст. Дисертацію написано державною мовою, логічно і грамотно.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми виконаної роботи, визначено мету та основні задачі досліджень, сформульовано наукову новизну і практичну цінність одержаних результатів, вказано дані про апробацію основних положень дисертації.

У *першому розділі* проведено аналіз попередніх досліджень, науково-технічних робіт в області динаміки шахтного підйому, наведено сучасний стан наукової проблеми, яку досліджує автор у дисертації. Зазначено, що на даний час невивченою є проблема впливу експлуатаційних параметрів систем «посудина-армування», які працюють більше 40-50 років у складних гірничотехнічних і гірничо-геологічних умовах, на параметри безпеки. Зокрема вказано, що на дослідження процесів кінематичного зачеплення посудин з армування на даний час звернено недостатньо уваги. З проведеного аналізу автором сформульовані мета, задачі та методи досліджень.

В цілому, матеріал, що викладений в цьому розділі, достатньо повний та відбиває сучасний стан проблем, що розглядаються в роботі.

*Другий розділ* роботи присвячений визначенню експлуатаційних параметрів систем «посудина-армування» у сучасних промислових умовах вертикальних стовбурів, зокрема зносу елементів армування та профілю провідників. За цим встановлено закономірності кінематичної взаємодії в системі «посудина-армування», у тому числі взаємодію жорстких напрямних пристроїв ковзання із провідниками нестандартного профілю, що має заокруглення на ребрах. Розроблено графічно-розрахунковий метод визначення допустимої глибини зіву башмаків ковзання підйомної посудини із використанням отриманих у дисертації формул, заснований на поєднанні вимірюванні геометричних параметрів системи «посудина-армування».

*У третьому розділі* автор виклав результати досліджень із встановлення закономірностей впливу зносу геометричних параметрів провідників та кінематичних зазорів у парі «башмак-провідник» на допустиму швидкість підйому. Встановлено, що при експлуатації системи з потовщеними провідниками та жорсткими направляючими башмаками мінімальна допустима швидкість підйому значно знижується за рахунок зменшення зовнішніх габаритів провідника та встановлено що зростання кінематичних зазорів у парі «башмак-провідник» призводить до зниження бічної жорсткості розпорів, що обумовлено зміною значення плеча бічної сили за гармонійним законом за рахунок лобових коливань посудини.

*Четвертий розділ* присвячений розробці математичного забезпечення програмно-апаратних комплексів безперервного експресмоніторингу динамічного стану систем «посудина-армування» та проведенню промислових випробувань контролю плавності руху підйомних посудин. Вперше встановлено очікуване значення максимально можливих горизонтальних прискорень башмаків посудини за усередненими параметрами армування та підйомної посудин, швидкості підйому. Встановлені залежності контактних зусиль та прогинів провідників від величини вертикального ексцентриситету посудини, що описується поліномом другого порядку.

*У п`ятому розділі* реалізовано отримані результати попередніх матеріалів дисертаційної роботи. Обґрунтовано конструктивні параметри вузла кріплення рейкового провідника до розпірної балки, обґрунтовано принципову функціональну схему роботи системи безперервного моніторингу плавності руху підйомних посудин. У програмному забезпеченні сервера встановлено, розроблене у розділі 4, математичне забезпечення. Такий комплекс є основою для створення інформаційно-експертної системи контролю безпеки експлуатації шахтних підйомних установок. Розроблені та реалізовані: «Методика розрахунку екстремальних навантажень на жорстке армування вертикальних шахтних стовбурів під час експлуатації» та «Технічні вимоги щодо створення програмно-апаратного комплексу безперервного контролю динамічних параметрів плавності руху підйомних посудин в вертикальних шахтних стовбурах з жорстким армуванням», розрахунок безпечного значення зносу провідників від геометричних параметрів системи «башмак-провідник» у «Методиці експертного обстеження жорстких армувань вертикальних шахтних стовбурів».

*У висновках* викладені найбільш важливі наукові і практичні результати, одержані в дисертаційному дослідженні.

*У додатках* наведено копії титульних листів затверджених методичних документів, копії документів про впровадження результатів дисертації та список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна**

Обґрунтованість і достовірність представлених у дисертаційній роботі Василькевича В.І. наукових положень, висновків і методик підтверджуються коректним використанням апробованих аналітичних та експериментальних методів досліджень, відповідністю прийнятих припущень у постановках задач, меті і задачам досліджень; використанням класичної теорії єдиної динамічної

параметричної системи «посудина-армування» як системи, в якій рух посудини залежить від періодичної жорсткості розпорів і провідників; експериментальною апробацією основних положень у промислових умовах; позитивними результатами впровадження розроблених «Методик...», «Технічних вимог...» та рекомендацій у практику роботи профільних інститутів і гірничих підприємств.

Достовірність отриманих формул забезпечується коректністю використання класичної теорії динамічної взаємодії посудини з армуванням, що була розроблена на основі багатьох теоретичних та експериментальних досліджень у НДІГМ ім. М.М. Федорова під керівництвом професорів Гаркуші М. Г. та Дворнікова В. І. Розроблені на базі цієї теорії Методика розрахунку жорстких армувань, та Методика обстежень армування вертикальних стовбурів, вдосконаленню яких присвячена дисертація Василькевича В.І., пройшли широку апробацію та використовуються у всіх проектних та експертних організаціях СНД.

У роботі використано комплексний метод досліджень, що включає аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень у галузі динаміки систем «посудина-армування», шахтні вимірювання, теоретичні дослідження з використанням методів класичної механіки систем «посудина-армування», комп'ютерні чисельні експерименти аналітично-розрахункові методи, експериментальні дослідження у промислових умовах діючих шахт.

Враховуючи вищевказане, обґрунтованість викладених у роботі положень не викликає сумніву.

### **Найвагоміші науково-практичні результати, отримані у роботі**

1. Для армувань із коробчатими провідниками, що мають заокруглення ребер, мінімально допустима глибина зіву башмака ковзання підйомної посудини за критерієм зачеплення лінійно зростає пропорційно величині радіуса заокруглення до 35-40 %, при цьому, максимально допустима за критерієм кінематичного зачеплення швидкість руху посудини знижується у зворотній

логарифмічній залежності до 30 % зі зростанням сумарного лобового кінематичного зазору між провідниками та башмаками з 15 мм до 30 мм при параметрах діючих систем «посудина-армування».

2. Під час руху підйомної посудини екстремальні контактні зусилля в парах «башмак-провідник» прямо пропорційні максимальним прискоренням башмаків і зворотно пропорційні добутку відповідних мультиплікаторів частот її власних коливань, величині вертикального ексцентриситету посудини та кількості башмаків, що одночасно контактують із провідниками у відповідній площині армування, та можуть перевищувати розрахункові навантаження у стаціонарному режимі руху у два - три рази.

### **Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях**

Матеріали дисертації достатньо повно викладені в 22 публікаціях (з них 8 одноосібних). В тому числі статей у наукових спеціалізованих виданнях – 7, у закордонних виданнях – 1, доповідей та тез доповідей, опублікованих у збірках матеріалів вітчизняних і міжнародних наукових конференцій – 13, патент України на корисну модель – 1. Вимоги положень МОН України щодо наукових публікацій витримано. Зміст автореферату достатньо повно відображає зміст і результати дисертаційної роботи.

### **Значущість результатів дисертації для науки та практики**

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей зміни параметрів безпеки систем «посудина-армування» у стовбурах з порушеною геометрією, що експлуатуються тривалий час у складних гірничо-геологічних умовах від поярусних значень експлуатаційних параметрів шахтних підйомних установок.



***Практична цінність*** результатів полягає у наступному:

1. Результати роботи використані при розробці методичних документів: «Методика експертного обстеження жорстких армувань вертикальних шахтних стовбурів» (Розділ 8), «Методика розрахунку екстремальних навантажень на жорстке армування вертикальних шахтних стовбурів», «Технічні вимоги щодо створення програмно-апаратного комплексу безперервного контролю динамічних параметрів плавності руху підйомних посудин в вертикальних шахтних стовбурах з жорстким армуванням», «Вимоги до системи моніторингу та управління ризиками при експлуатації глибоких стовбурів шахт і копалень України».

2. Обґрунтовано принципову схему автоматизованої інформаційної системи безперервного контролю плавності руху підйомних посудин та розроблено математичне забезпечення, орієнтоване на використання в стаціонарному програмно-технічному комплексі, яке є основою для створення комплексної інформаційно-експертної системи контролю безпеки експлуатації шахтних підйомних установок, що включають розрахунки контактних зусиль у кінематичних парах «башмак-провідник» за отриманими в дисертаційній роботі залежностями, а також синхронізовані з ними значення миттєвої вертикальної швидкості та координати положення посудини в стовбурі.

3. Обґрунтовано на рівні винаходу конструкцію вузла кріплення рейкових провідників, що дає змогу збільшити допустимий лобовий знос провідників та/або розширення колії, підвищити безпечну швидкість підйому, зменшити трудомісткість процесу кріплення провідників та час на обслуговування і ремонт армування.

***Реалізація результатів дослідження***

Результати роботи використані на виробництві:

- при складанні плану ремонтних робіт з корекції профілю провідників і ремонту армування 2018 року стовбурів ГС-1 та ГС-2 ПрАТ «Запорізький ЗРК» (акт від 07 жовтня 2017 р. та акт від 19 квітня 2018 р.);
- при розробці заходів з ремонту армування стовбурів

ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ ім. ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» (акт від 07 листопада 2017 р.);

- при розробці заходів з ремонту армування вантажного стовбура ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля». Очікуваний економічний ефект від ремонту жорсткого армування на ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» становитиме 552347 грн., що складається з вартості скіпів та працевтрат на їх заміну (акт від 05 квітня 2018 р.);

- при проектуванні жорсткого армування вентиляційного стовбура №3 ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» (акт від 23 травня 2018 р.).

Одержані в дисертаційній роботі наукові результати та розроблені методичні документи використовуються в навчальному процесі НТУ «Дніпровська політехніка» для студентів спеціальності 184 «Гірництво».

### **Зауваження по змісту дисертації**

У дисертаційній роботі В.І. Василькевича є недоліки, до яких слід віднести наступні:

1. У розділі 2 вираз (2.8) визначає допустимий динамічний прогин, зокрема з урахування радіуса заокруглення ребер. Нижче у роботі розглянуто приклад при нульовому зносі провідників. В роботі відсутнє роз'яснення, чи не втратить вираз (2.8) свою актуальність при зносі провідників під час експлуатації, так як лобовий знос провідників «зменшує» радіус заокруглення?

2. На рис. 3.26 пункту 3.7. «Визначення допустимої швидкості підйому» наведено графіки допустимих швидкостей підйому в залежності від кроку армування, проте дослідження допустимої швидкості від кроку армування не стоїть у задачах дослідження.

3. Не ясно як при визначенні динамічних навантажень враховується горизонтальний ексцентриситет підйомної посудини.

4. В роботі розглянуто схему з двома двосторонніми протистоячими провідниками, для якої отримані формули розрахунку еквівалентних динамічних

навантажень на провідники. У рудній промисловості практично всі двоповерхові кліті рухаються в 4-х провідниках, які попарно розташовані на одному розпорі. Не ясно, чи можуть бути застосовані отримані в дисертації моделі для цього випадку.

5. У роботі не розглянуто динамічну складову взаємодії підйомної посудини з дерев'яним армуванням.

6. В дисертаційній роботі та авторефераті відсутній перелік умовних позначень.

Зазначені зауваження істотно не впливають на отримані результати, загальні висновки, наукову і практичну цінність дисертаційного дослідження та позитивну оцінку роботи в цілому.

### **Загальні висновки**

Дисертаційна робота «Розробка та обґрунтування методів та засобів визначення та оцінки динамічних параметрів систем «посудина-армування» шахтних вертикальних стовбурів» є закінченою науково-дослідною роботою, що містить вирішення важливої науково-технічної проблеми встановлення закономірності формування горизонтальних динамічних навантажень, допустимої швидкості підйому за динамічними і кінематичними критеріями від фактичних поярусних параметрів систем «посудина-армування», розробки та обґрунтування методів та засобів визначення допустимих значень експлуатаційних параметрів систем «посудина-армування» для підвищення динамічної стійкості та безпеки роботи підйомних установок.

За результатами досліджень розроблені нормативно-методичні документи: «Методика експертного обстеження жорстких армувань вертикальних шахтних стовбурів», «Методика розрахунку екстремальних навантажень на жорстке армування вертикальних стовбурів під час експлуатації», «Технічні вимоги щодо створення програмно-апаратного комплексу безперервного контролю динамічних параметрів плавності руху підйомних посудин в вертикальних шахтних стовбурах з жорстким армуванням», «Вимоги до системи моніторингу та управління

ризиками при експлуатації глибоких стовбурів шахт і копалень України», що впроваджені у роботу провідних інститутів з питань проєктування та діагностики систем «іосудина-армування»: ІГТМ ім. М.С. Щолякова ІАН України та філії ПАТ «НДПМ ім. М.М. Федорова» у м. Києві.

Економічний ефект від впровадження результатів роботи становитиме 550 тис. грн. за рахунок збільшення часу експлуатації скіпів на вугільному підйомі ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля»

Напрямок проведеного дослідження відповідає паспорту спеціальності 05.05.06 - «Гірничі машини».

Основний зміст роботи достатньо відображено у публікаціях наукових фахових виданнях, а також у тезах доповідей на всеукраїнських та міжнародних наукових конференціях.

Автореферат відповідає основному змісту дисертації.

У зв'язку з вищевказаним вважаю, що дисертація за актуальністю, новизною теоретичних результатів, науковим рівнем досліджень відповідає вимогам п. 9, п. 11 та п. 12 «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р., № 1159 від 30.12.2015 р., № 567 від 27.07.2016 р.) щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а Василькевича Віктор Іванович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 – «Гірничі машини».

#### Офіційний оповіст

Доктор технічних наук,  
доцент, завідувач кафедри будівельної  
теоретичної та прикладної механіки  
НТУ «Дніпровська політехніка» МОН України

Д.Л. Колосов

Підпис  
засвідчую:  
вчений секретар  
Вченої ради

