

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 08.188.01
академіку НАН України
Булату А. Ф.

ВІДГУК

додаткового офіційного опонента, кандидата технічних наук **Куроп'ятника Олексія Сергійовича** на дисертаційну роботу **Василькевича Віктора Івановича** «Розробка та обґрунтування методів та засобів визначення та оцінки динамічних параметрів систем «посудина-армування» шахтних вертикальних стовбурів», яку подано до захисту у спеціалізовану вчену раду Д 08.188.01 у ІГТМ НАН України на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 – гірничі машини

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

Під час тривалої експлуатації стовбурів у складних гірничо-геологічних умовах порушується проектна регулярність профілів провідників, кроку армування, діаграми швидкості, кінематичних зазорів, залишкових параметрів перетинів провідників і розпорів кожного ярусу по всій глибині стовбура. Відповідно порушуються проектні значення параметрів безпеки, які закладено в нормах на проектування та експлуатацію. Робота системи «посудина-армування» у таких умовах не передбачена нормативно-методичною документацією з експертного оцінювання її безпеки, не існує і не застосовується достатній набір методичних, програмних і технічних засобів для забезпечення безпечної експлуатації армувань.

Вихід посудини з колії провідників на робочій швидкості викликає руйнацію всього армування незалежно від довжини дефектної ланки провідника. Це викликає необхідність визначення залежності динамічних параметрів системи «посудина-армування» від її фактичних експлуатаційних характеристик при тривалій експлуатації у складних гірничотехнічних і гірничо-геологічних умовах.

Низка невивчених до теперішнього часу питань, пов'язаних з накопиченням деградаційних процесів у стовбуровому обладнанні підйомних установок при тривалій експлуатації у складних гірничо-геологічних умовах, та необхідність забезпечення надійної роботи шахтних підйомних комплексів попри зниження параметрів міцності та порушення геометричних параметрів провідників і розпорів обумовлюють доцільність проведення докладних досліджень динамічної і кінематичної взаємодії підйомної посудини з жорстким армуванням, визначення рівня виходу фактичних експлуатаційних параметрів за проектні значення, розробку сучасної методики розрахунку конструктивних та режимних параметрів системи підйому, засобів визначення та оцінки екстремальних динамічних навантажень, що діють у системі «посудина-армування».

Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку енергетичної промисловості, які визначено в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність», та виконана в межах держбюджетної теми № III-65-15 «Розвиток теорії та методів керування станом геотехнологічних систем щодо забезпечення інтенсифікації роботи гірничо-видобувних підприємств» держбюджетної науково-дослідної роботи НАН України (номер держ. реєстр. 0115U002534).

Відтак, на сьогодні розробка та обґрунтування методів і засобів визначення й оцінки динамічних параметрів системи «посудина-армування» шахтних вертикальних стовбурів, а також формування теоретичних положень і практичних рекомендацій, є актуальними проблемами, розв'язанню яких присвячено дисертаційну роботу Василькевича В. І.

Найвагоміші науково-практичні результати, отримані в 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 до величини радіуса заокруглення на 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 системи «посудина-армування».

2. Під час руху підйомної посудини екстремальні контактні зусилля в парах «башмак-провідник» прямо пропорційні до максимальних прискорень башмаків і зворотнопропорційні до відповідних її власних частот, величин вертикального ексцентриситету посудини та кількості башмаків, що одночасно контактують з провідниками у відповідній площині армування, та можуть перевищувати розрахункові навантаження у стаціонарному режимі руху у два-три рази.

Наукова новизна отриманих результатів

1. 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.

2. Встановлено, що зростання кінематичних зазорів за рахунок зміни лобового зазору у парі «башмак-провідник» призводить до зниження бічної жорсткості розпорів у зворотноквадратичній залежності, що обумовлено зміною значення плеча бічної сили. Максимальне відхилення значення плеча бічної сили може змінюватись за гармонійним законом в інтервалі $-5...+80\%$ від нормованого 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.

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

4. 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), а також швидкості підйому.

Оцінка структури та змісту дисертації

Детальний аналіз представлених рукопису та автореферату дисертації дає підстави констатувати ідентичність автореферату й основних положень дисертації. Наведені в авторефераті наукові положення, висновки і рекомендації в повному обсязі розкрито й обґрунтовано в тексті дисертації.

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел із 222 найменувань і трьох додатків на 33 сторінках. Загальний об'єм роботи – 270 сторінок, з них 157 сторінок основного тексту. Дисертацію написано державною мовою, логічно зв'язною, цілісною композицією, науковим стилістичним наповненням та авторською манерою викладення матеріалу.

У *вступі* наведено обґрунтування актуальності теми виконаної роботи, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету і завдання дослідження, зазначено наукову новизну, практичну цінність, особистий внесок здобувача, відомості щодо впровадження результатів роботи, їх апробацію та публікації.

У *першому розділі* наведено результати огляду літературних джерел за темою дисертаційної роботи, зокрема, пов'язаних із дослідженнями виникнення горизонтальних динамічних навантажень. Як наслідок, було сформульовано наукову проблему, яка вирішувалася дисертації, визначено мету роботи, а також поставлено завдання, що розв'язувалися для досягнення цієї мети.

Другий розділ роботи присвячено аналізу стану армування вертикальних стовбурів; особливу увагу приділено зношенню робочих поверхонь та профілю провідників. Розроблено графо-аналітичний метод визначення допустимої глибини зіву башмаків ковзання підйомної посудини з використанням отриманих

у дисертації формул, який ґрунтується на поярусному вимірюванні геометричних параметрів системи «посудина-армування». Вперше розглянуто взаємодію башмаків посудини з провідниками, які мають заокруглення на ребрах.

У третьому розділі на підставі одержаних результатів встановлено, що зростання кінематичних зазорів за рахунок зміни лобового зазору у парі «башмак-провідник» призводить до зниження бічної жорсткості розпорів у зворотноквадратичній залежності; це зумовлено зміною значення плеча бічної сили. Максимальне відхилення значення плеча бічної сили може змінюватись в інтервалі $-5...+80\%$ від нормованого, а при експлуатації системи з потовщеними провідниками та жорсткими направляючими башмаками мінімально допустима швидкість підйому знижується за рахунок зменшення зовнішніх габаритів провідника. Показано, що основним параметром, який визначає допустиму швидкість підйому за параметричною стійкістю, зачепленням посудини з провідниками та міцністю армування, є рівень контактних динамічних зусиль.

У четвертому розділі розроблено математичне забезпечення, орієнтоване на використання в стаціонарному програмно-технічному комплексі, встановленому на підйомній посудині, з передаванням даних про вимірювання горизонтальних і вертикальних прискорень її точок на комп'ютер механіка підйому. Це дозволяє в режимі реального часу оперативно виділяти ділянки стовбура, в яких відбувається систематичне порушення плавності взаємодії посудин із армуванням, розраховувати екстремальні значення динамічних навантажень на провідники. Встановлено залежності допустимої швидкості підйому від величини контактних зусиль між посудиною та армуванням.

У межах п'ятого розділу розроблено методичні документи з контролю та діагностики системи «посудина-армування», обґрунтовано конструкцію вузла кріплення рейкових провідників та принципову схему автоматизованої інформаційної системи безперервного контролю плавності руху підйомних посудин.

У висновках дисертаційної роботи відображено отримані наукові та практичні результати дослідження.

У додатках наведено копії титульних аркушів затверджених методичних

документів, копії документів про впровадження результатів дисертації, список публікацій здобувача та відомості про апробацію результатів роботи.

Ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи

Аналіз дисертаційної роботи та наведених автором розрахунків дозволяє стверджувати, що основні результати досліджень достатньою мірою обґрунтовані коректним використанням апробованих аналітичних та експериментальних методів досліджень, вивченням значної кількості праць провідних вітчизняних та зарубіжних науковців, а також суттєвим ступенем апробації результатів дослідження. Достовірність отриманих формул забезпечується коректністю використання класичної математичної моделі динамічної взаємодії посудини з армуванням Гаркуші-Дворнікова, яку протестовано лабораторними та промисловими вимірюваннями; вона є еталоном для проектування всіх армувань СНД.

Автором чітко окреслено і лаконічно побудовано мету та завдання дослідження, обґрунтовано теоретичні та методичні підходи щодо їх розв'язання, розроблено і апробовано відповідні пропозиції, які у своїй комплексності є науковим способом вирішення поставлених завдань. Об'єкт і предмет дослідження визначено відповідно до встановлених вимог. Зміст сформульованих наукових задач логічно узгоджений, їх кількість можна вважати достатньою для розкриття обраної теми дисертації і вирішення поставленої мети. Особливо варто відмітити, що завдання дослідження, положення наукової новизни і висновки дисертації є логічно взаємопов'язаними, а результати дослідження отримані автором особисто.

Вищевикладене свідчить про обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, що викладено у дисертаційній роботі Василюкевича В. І.

Повнота відображення наукових положень дисертації в опублікованих автором працях

Основні результати дисертації в повному обсязі відображено в 22 публіка-

ціях, серед яких: статей у наукових спеціалізованих виданнях – 7, у закордонних виданнях – 1; доповідей та тез доповідей – 13, а також один патент України на корисну модель.

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 є такою:

1. Результати роботи використано під час розробки 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. Вони 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 корисної моделі 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 використано на виробництві:

– під час складання 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.);

– на етапі розробки заходів з ремонту армування стовбурів ВСП «Шахтоуправління ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (акт від 07 листопада 2017 р.);

– в ході розробки 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 552 347 грн., що складається з вартості скіпів та трудовитрат 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 Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» для студентів спеціальності 184 Гірництво.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У першому розділі наведено велику кількість джерел з попередніх досліджень динаміки шахтного підйому, проте не всім їм приділено достатньо уваги.

2. У дисертації, авторефераті та додатку 2 зазначено, що промислова апробація роботи проходила в умовах вугільного підйому ВСП «Шахтоуправління ім. Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». До складу вказаного відокремленого структурного підрозділу входить дві шахти: шахта ім. Героїв Космосу

та шахта Благодатна. Не зрозуміло, на якій саме шахті було проведено апробацію методик обстеження та діагностування стану систем «посудина-армування» у промислових умовах.

3. Рисунки 4.14–4.29 краще виконати кольоровими, оскільки в монохромному представленні складно розрізнити криві, що відображають зміну горизонтальних навантажень, та криві зміни вертикального прискорення скіпа. Те саме стосується й рис. 7 автореферату.

4. У тексті дисертації присутні граматичні помилки.

Загалом, вищезазначені зауваження жодним чином не зменшують наукової та практичної цінності результатів дослідження і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Василькевича В. І.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Василькевича В. І. «Розробка та обґрунтування методів та засобів визначення та оцінки динамічних параметрів систем «посудина-армування» шахтних вертикальних стовбурів» містить нові науково підтвержені результати, що дозволяють вирішити важливу науково-технічну проблему встановлення закономірності формування горизонтальних динамічних навантажень і допустимої швидкості підйому від фактичних поярусних параметрів системи «посудина-армування» з урахуванням динамічних та кінематичних показників, а також проблему розробки та обґрунтування методів і засобів визначення допустимих значень експлуатаційних параметрів системи «посудина-армування» для підвищення динамічної стійкості та безпеки роботи підйомних установок.

За результатами досліджень розроблені нормативно-методичні документи, що впроваджені в роботу провідних інститутів з питань проектування та діагностики систем «посудина-армування»: філії ПАТ «НДІГМ ім. М. М. Федорова» (м. Київ) та ІГТМ ім. М. С. Полякова НАН України (м. Дніпро).

Впровадження результатів роботи має економічний ефект у 550 тис. грн. (ВП «Шахта ім. Д. Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля»).

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.05.06 – гірничі машини.

Тему дисертації розкрито, досягнуто поставленої мети, завдання дисертаційної роботи в цілому вирішено.

Автореферат відповідає основному змісту дисертації.

Дисертаційна робота відповідає існуючим вимогам щодо дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня кандидата наук, зокрема, вимогам п. 9, п. 11, 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.), тому Василькевич Віктор Іванович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 – гірничі машини.

Додатковий офіційний опонент

Кандидат технічних наук
старший викладач кафедри
прикладної механіки та матеріалознавства
Дніпровського національного університету
залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна МОН України

