

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

ВІДГУК

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

Відгук складено на основі вивчення дисертаційної роботи, автореферату, опублікованих здобувачем результатів наукових досліджень і матеріалів, які підтверджують впровадження результатів роботи.

Дисертаційна робота виконана протягом 2012-2018 років у філії ПАТ «НДІГМ ім. М.М. Федорова» у м. Києві та в ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України відповідно до планів двох науково-дослідних робіт за безпосередньою участю здобувача, як виконавця.

Експериментальні дослідження проводилися за участі автора у промислових умовах вугільних стовбурів (ПрАТ «Павлоградвугілля», ПАТ «Лисичанськ-вугілля») у 2017-2018 рр.

1. Актуальність теми

Як відомо більшість жорстких армувань вертикальних столів будувалися у 60-і роки ХХ століття, тобто працюють понад 40...50 років. Крім того, відомо, що система «посудин-армування» є понадчутливою до резонанснонебезпечних поєднань великої кількості геометричних, жорсткісних та інерційних параметрів. У процесі тривалої роботи під впливом зсуву гірничих порід, механічного та корозійного зносу суттєво змінюються фізико-механічні, геометричні й міцнісні

параметри динамічної системи. Вона втрачає проектні характеристики й виходить із області динамічно стійких режимів руху на проектних швидкостях. У зв'язку з цим із часом починається процес різкого зростання ступеня ризиків виникнення спонтанних аварій. Вплив цих процесів чітко проявляється під час роботи підйомних комплексів у сучасних умовах, через що вимушено знижено робочу швидкість до 40-50% від проектної. Даний процес має широкомасштабний характер у практиці сучасних вугільних підприємств.

Тому важливим є встановлення закономірностей зміни параметрів безпеки систем «посудина-армування» у стовбурах із порушеною геометрією, що експлуатуються тривалий час у складних гірничо-геологічних умовах від поярусних значень експлуатаційних параметрів шахтних підйомних установок, а 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.

Дисертаційна робота має безпосередній зв'язок з програмою науково-дослідної роботи ІГТМ НАН України та виконана відповідно до науково-дослідної теми № III-65-15 «Розвиток теорії та методів керування станом геотехнологічних систем для забезпечення інтенсифікації роботи гірничодобувних підприємств», (№ ДР 0115U002534), у якій автор був виконавцем.

2. Наукова новизна, ступінь обґрунтованості та достовірність одержаних результатів

У роботі використано комплексний метод досліджень, що включає аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень у галузі динаміки систем «посудина-армування» при формулюванні наукової проблеми; шахтні вимірювання - при моделюванні процесу динамічної взаємодії башмаків ковзання з провідниками, що мають заокруглені ребра; теоретичні дослідження з використанням методів класичної механіки систем «посудина-армування» для вдосконалення методу

розрахунку динамічних параметрів систем «посудина-армування»; комп'ютерні чисельні експерименти аналітично-розрахункові методи – для визначення залежностей допустимих швидкостей підйому за критеріями динамічної стійкості, міцності та кінематичного зачеплення систем «посудина-армування» від їх фактичних експлуатаційних параметрів; експериментальні дослідження у промислових умовах – при випробуваннях розроблених у дисертації методів в умовах діючих шахт.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і методик дисертаційної роботи 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 математичної моделі динамічної взаємодії посудини з армуванням Гаркуші-Дворнікова, що протестована лабораторними та промисловими вимірюваннями та є еталоном для проектування всіх армувань СНД.

Найбільш суттєві наукові результати, які отримані автором.

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.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

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 зворотній 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.

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, при 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), швидкості підйому.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій 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.

3. 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.

4. 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 2018р.);
- при розробці заходів з ремонту армування стовбурів ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ ім. ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» (акт від 07 листопада 2017р.);
- 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 2018р.);

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

Одержані в дисертаційній роботі наукові результати та розроблені методичні документи використовуються в навчальному процесі Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» при викладанні курсів «Діагностика гірничого обладнання» та «Шахтні підйомні установки» для студентів спеціальності 184 «Гірництво».

5. Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів і висновків, списку використаної літератури і додатків. Загальний об'єм роботи - 270 сторінок, з них 157 сторінок – основний текст. Дисертація містить 79 рисунків, 5 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 222 найменування. Додатків 3 на 33 сторінках.

Дисертацію написано державною мовою, логічно і грамотно.

Вступ розкриває актуальність теми, мету, ідею, завдання дослідження, наукову новизну, практичну цінність та інші критерії оцінки роботи.

У розділі 1 проведено аналіз попередніх досліджень, науково-технічних робіт в області динаміки шахтного підйому. Досвід експлуатації шахтного підйому показав, що основною причиною наростання горизонтальних коливань посудини, які викликають аварійно небезпечні динамічні навантаження на провідники жорсткого армування на стадії тривалої експлуатації у складних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах є сукупність кількох технічних факторів. Проведений аналіз дозволив автору сформулювати мету, ідею і завдання досліджень.

Розділ 2 присвячено дослідженням кінематичної взаємодії у системі «посудина-армування» та вплив на кінематичне зачеплення нових профілів провідників. Розроблено вимірювально-аналітичний (розрахунковий) метод

визначення допустимої глибини зіву башмаків ковзання підйомної посудини, заснований на поярусному вимірюванні значень сумарних лобових зазорів у системі «посудина-армування», значень висоти плоских бічних граней двобічних провідників, розрахунку допустимих поярусних значень глибини зіву для пари двобічних башмаків із використанням отриманих у дисертації формул, розрахунку з усіх поярусних значень і призначення його в якості допустимого значення зіву двобічних башмаків для всього вантажопідйомного відділення стовбура.

У розділі 3 вивчалось питання динамічної взаємодії у системі «посудина-армування» - вплив геометричних параметрів елементів та стану армування на забезпечення стійкості руху у дорезонансному режимі. Вперше розглянуто питання та встановлено закономірність впливу параметрів і стану армування на значення плеча бічної сили, що безпосередньо впливає на бічну жорсткість армування.

У розділі 4 розроблено математичне забезпечення, орієнтоване на використання в стаціонарному програмно-технічному комплексі, встановленому на підйомній посудині з передаванням даних вимірювань горизонтальних і вертикальних прискорень її точок на сервер механіка підйому, що дозволяє в режимі реального часу оперативно виділяти ділянки стовбура, в яких відбувається систематичне порушення плавності взаємодії посудин з армуванням, розраховувати екстремальні значення динамічних навантажень на провідники, проведено промислові дослідження плавності руху підйомних посудин.

Розроблено вимірювально-аналітичний (розрахунковий) метод визначення екстремальних навантажень у системах «посудина-армування», заснований на безперервному по глибині стовбура вимірі горизонтальних прискорень одного з башмаків посудини протягом контрольного інтервалу робочого часу підйому (не менше однієї робочої зміни) в накопичувальному режимі синхронно з вимірами координати і швидкості посудини, розрахунку екстремальних поярусних і поциклових значень контактних навантажень, порівняльної оцінки їх зміни протягом контрольних циклів і виявлених ділянок стовбура з наростаючих рівнем

контактних навантажень, використання отриманих значень навантажень для розрахунку параметрів напружено-деформованого стану армування.

У розділі 5 реалізовано отримані результати попередніх матеріалів дисертаційної роботи.

Обґрунтовано принципову схему автоматизованої інформаційної системи безперервного контролю плавності руху підйомних посудин, що базується на технічному забезпеченні, яке включає комплект вибухозахищеного контролера прискорень з радіоканалом передачі даних, систему комутації з сервером механіка підйому, що з'єднаний з інформаційними блоками підйомної машини. В 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.

У додатках наведено копії титульних листів затверджених методик, відомості щодо об'єкту дослідно-промислових випробувань та впровадження результатів дисертаційної роботи, актів використання результатів робіт та очікуваного економічного ефекту.

Перспектива розвитку та конкретних шляхів використання отриманих у роботі результатів полягає, на нашу думку, у дослідженні подальших можливостей вдосконалення діагностики системи «посудина-армування» з поширенням впровадження розробок автора на інші підприємства гірничо-видобувної галузі.

6. Зауваження по змісту дисертації

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

1. На номограмах для визначення глибини зіву направляючих від зносу провідників коробчатих (рис. 2.17 та рис. 2.18) побудованих аналогічно до номограм для визначення глибини зіву направляючих від зносу провідників з рейки (рис. 2.13-2.15) зображено межі допустимого зносу провідників. Проте не

зрозуміло, як допустимий знос може перевищувати товщину стінки коробчатого провідника.

2. На рис 3.20. наведено розрахункову схему деформації провідників і розпорів під дією бічної сили і зазначено, що зростання плеча бічної сили у прольоті викликає додаткове пружне закручування провідника навколо своєї осі, що значно зменшує площу зачеплення з башмаком та ще більше знижує запас по зачепленню. Проте у тексті дисертації не наведено виразу та не описано даної закономірності.

3. На даний момент освоєно виробництво безшовних провідників із малими радіусами заокруглення, що у значно меншій мірі впливає на зачеплення напрямних із провідником, ніж наведено в роботі. При цьому не вказано, як це вплине на безпеку підйому.

4. У розділі 4 не розглянуто задачу визначення впливу точки установки акселерометра на величину розрахованих за його показаннями екстремальних навантажень, у розділі 5 лише зазначено, що вимірювальна апаратура має встановлюватися у безпосередній близькості до бічної і лобової площин одного з провідників.

5. При розробці математичного забезпечення для визначення динамічних навантажень розглянуто найбільш розповсюджені типи армувань з двостороннім розташуванням провідників відносно посудини. Однак не розглянуті інші випадки, наприклад, діагональне розташування провідників.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

7. Загальні висновки

1. Оцінюючи дисертаційну роботу, слід відзначити, що вона в цілому є завершеною науковою роботою, яка виконана на актуальну тему, містить нові обґрунтовані результати, які в сукупності дають нове рішення актуальної наукової задачі з встановлення закономірностей 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 роботи розроблено «Методику експертного обстеження жорсткого армування вертикальних стовбурів», конструкцію вузла кріплення провідників з розпорами на рівні винаходу, «Методику розрахунку екстремальних навантажень на жорстке армування вертикальних шахтних стовбурів під час експлуатації». Зміст і реалізація результатів відповідають паспорту та напрямкам досліджень за спеціальністю 05.05.06 - «Гірничі машини».

2. Дисертаційна робота викладена з використанням сучасної науково-технічної термінології і наповнена достатньою кількістю ілюстративного матеріалу та таблиць.

3. Опубліковані автором статті повністю розкривають основні результати досліджень, які пройшли апробацію на науково-практичних конференціях. Основні результати досліджень опубліковано в 22 наукових працях, з яких: 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; з них 8 робіт опубліковано без співавторів.

4. Автореферат повністю відповідає основному змісту дисертації.

5. Актуальність, науковий рівень досліджень, ступінь новизни і достовірність наукових результатів дисертаційної роботи Василькевича В.І. відповідають 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.

6. За вирішення актуальної науково-технічної задачі, в якій вирішено актуальне наукове завдання важливого прикладного значення, що полягає у встановленні закономірностей зміни динамічного запасу з кінематичного

зачеплення посудини у колії провідників, опорної жорсткості армування та допустимої швидкості підйому за критерієм динамічної стійкості посудини в бічній площині провідників від величини зносу робочих поверхонь і кінематичних зазорів у парах «башмак-провідник» та їх фактичного розподілу по глибині стовбура, закономірностей зміни допустимої глибини зіву башмаків ковзання від радіуса заокруглення лобових ребер коробчатих провідників, закономірностей зміни екстремальних навантажень на армування від величини горизонтальних прискорень башмаків ковзання та параметрів підйомної посудини; розробці на цій основі методів визначення допустимої глибини зіву башмаків ковзання підйомної посудини та визначення екстремальних навантажень у системах «посудина-армування», що дозволило отримати економічний ефект у сумі 550 тис. грн. за рахунок збільшення часу експлуатації скіпів на вугільному підйомі ВП «Шахта ім. Д.Ф. Мельникова» ПАТ «Лисичанськвугілля», що має суттєве значення для підвищення безпеки експлуатації шахтних підйомних установок, які працюють у складних гірничо-геологічних умовах у вертикальних стовбурах з порушеною геометрією при урахуванні фактичних параметрів систем «посудина-армування»

Василькевич Віктор Іванович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 – «Гірничі машини».

Офіційний опонент

Кандидат технічних наук,

в.о. головного механіка

ДП «ОК «Укрвуглереструктуризація»

Міненерговугілля України

А

А.О. Рубель

Підпис завірено

Василькевич

