

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ІЛЬІНА Світлана Сергіївна

УДК 622.673.1[043.5]

**РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ЗНИЖЕННЯ
ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ В СИСТЕМАХ «ПОСУДИНА –
АРМУВАННЯ» ВЕРТИКАЛЬНИХ СТОВБУРІВ З ПОРУШЕНОЮ
ГЕОМЕТРІЄЮ**

05.05.06 – «Гірничі машини»

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі гірничої механіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Самуся Володимир Ілліч,
Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ),
завідувач кафедри гірничої механіки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Ропай Валерій Андрійович,
Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Дніпропетровськ),
професор кафедри будівельної, теоретичної та прикладної механіки

кандидат технічних наук,
Соломенцев Костянтин Анатолійович,
ВАТ «Науково-дослідний інститут гірничої механіки ім. М.М. Федорова» Міністерства енергетики та вугільної промисловості України (м. Донецьк),
завідувач відділу шахтного підйому

Захист відбудеться “25” січня 2012 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.06 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ-27, просп. Карла Маркса, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, пр. Карла Маркса, 19.

Автореферат розісланий “23” грудня 2011 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, кандидат технічних наук

О.В. Анциферов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Всі основні стовбури вугільних і рудних шахт України закладені в 50 – 60-ті роки минулого сторіччя і до теперішнього часу експлуатуються вже понад 40 – 50 років. Динамічні проблеми систем «посудина – армування» навіть на стадії здачі нового стовбура в експлуатацію завжди посідали першочергове місце в забезпеченні безпеки роботи підйомних установок.

Зараз у більшості стовбурів через складні гірничо-геологічні і технічні умови відбулося порушення вертикальності осей їх просторового характеру. В поєднанні з цим корозійний знос армування, викликаний агресивністю шахтного середовища, досяг настільки великих значень, що зростання контактних навантажень на армування, викликане викривленням осей провідників, стало істотно перевищувати допустимі запаси міцності. Для підтримки стовбурів в експлуатаційному стані такі ситуації вимагають проведення систематичних ремонтних робіт з великими капітальними витратами щодо приведення геометричних і міцнісних параметрів армування до нормативних значень.

Аналіз фактичного стану систем «посудина – армування» в промислових умовах показав, що у низці випадків деякі з цих причин практично неможливо усунути, а для вирішення проблеми зниження динамічних навантажень в системах необхідне дослідження можливості використання інших технічних рішень і заходів, що забезпечують безударний режим руху скіпів у провідниках або ефективно знижують динамічні навантаження до безпечного рівня.

Вирішення проблеми забезпечення експлуатаційної безпеки систем «посудина – армування» в умовах роботи на проектних швидкостях підйому в армуванні з порушеною геометрією полягає в тому, щоб за неможливості забезпечення безударного режиму в конкретних виробничих умовах максимально знизити рівень діючих навантажень і частоту їх прояву по глибині стовбура. Це вирішується шляхом використання комплексу заходів та технічних рішень з врахуванням і варіюванням параметрів систем «посудина – роликові напрямні – армування» для конкретних підйомних відділень.

Тому встановлення закономірностей формування динамічних процесів у системах «посудина – армування» з урахуванням впливу порушеної геометрії стовбурів на їх експлуатаційні параметри для обґрунтування методів та засобів зниження динамічних навантажень є **актуальним науковим завданням**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до держбюджетної науково-дослідної теми кафедри гірничої механіки „Розробка теорії, методів розрахунку та технологій створення гірничого обладнання нового покоління” (№ держреєстрації 0108U000556), в якій здобувачка брала участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження.

Мета роботи полягає у встановленні закономірностей взаємодії підйомних посудин з армуванням в умовах шахтних стовбурів з порушеною геометрією і в розробці на їх основі методів і засобів стабілізації руху системи «посудина – армування».

Відповідно до поставленої мети вирішувались наступні завдання:

- дослідити експлуатаційні параметри систем «посудина – армування» для діючих стовбурів;

- дослідити залежність динамічних навантажень та їх амплітудо-частотних характеристик від геометричних параметрів профілів провідників, кінематичних зазорів, швидкості руху і пружньо-дисипативних параметрів роликів напрямних;

- дослідити вплив зміщення контактуючих робочих поверхонь гумових котків роликів напрямних відносно плоских поверхонь коробчастих провідників на динаміку підйомних посудин;

- розробити методику визначення раціональних технічних рішень і їх параметрів, які забезпечують зниження навантажень в системах «посудина – армування» в діючих шахтних стовбурах з порушеною геометрією.

Ідея роботи полягає у комплексному врахуванні впливу реальних експлуатаційних параметрів армування, діаграм швидкості руху посудини і пружньо-дисипативних параметрів її напрямних пристроїв на динаміку системи «посудина – армування».

Об'єкт досліджень – динамічні процеси в системах «посудина – армування» шахтних стовбурів з порушеною геометрією.

Предмет досліджень – динамічні параметри систем «посудина – армування» стовбурів з порушеною геометрією в робочих режимах.

Методи досліджень: аналіз і узагальнення літературних джерел з дослідження динаміки шахтного підйому для обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи; основні принципи теоретичної та будівельної механіки, обчислювальні методи і методи комп'ютерного математичного моделювання для реалізації математичної моделі динаміки взаємодії підйомних посудин з провідниками.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. У вантажопідйомних відділеннях стовбурів з порушеною геометрією при лобових відхиленнях провідників від вертикалі на суміжних ярусах у інтервалі нормативних значень 3 – 10 мм монотонні викривлення осей відділень призводять до порушення плавності руху та для підйомних посудин з масою понад 40 т при робочій швидкості 10 – 12 м/с збуджують ударно-контактні навантаження в системах «посудина - армування», які перевищують нормативне значення 10 кН.

2. Неповний контакт бічних роликів напрямних типу НКП з робочими площинами коробчастих провідників є джерелом збудження параметричних коливань підйомної посудини, причому залежність ширини зони аварійно-небезпечних співвідношень інерційно-геометричних параметрів системи «посудина – армування» має експоненційний характер від середньої жорсткості роликів та лінійний – від різниці між максимальними жорсткостями роликів, що контактують з протилежними провідниками.

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше встановлено, що у системах «скіп – армування» з двостороннім розташуванням провідників, що мають порушену на локальних ділянках прямолінійність профілів, ударно-динамічні навантаження розподіляються за амплі-

літудою між провідниками прямо пропорційно жорсткості їх опорних розпор;

- вперше встановлено, що в стовбурах з порушеною геометрією раціональні параметри корекції профілів провідників визначаються за критерієм безударної взаємодії посудини з армуванням на підставі даних вимірювань динамічних параметрів взаємодії підйомних посудин з армуванням та розрахунків методом згладжування локальних відхилень від вертикалі з урахуванням фактичних значень пружньо-дисипативних параметрів роликівих напрямних пристроїв;

- вперше встановлено, що для підйомних установок з масою навантажених скіпів 40 – 46 т, довжиною посудин 9 – 11 м при швидкості руху 10 – 12 м/с у стовбурах з порушеною геометрією та кроком розпор 3 – 4 м жорсткість пружних напрямних є резонансною в інтервалі 400 – 500 кН/м;

- розроблено метод, що передбачає поетапне вимірювання у шахтних та лабораторних умовах, розрахунки геометричних, жорсткісних та динамічних параметрів систем «посудина – армування» для визначення рекомендацій щодо зниження динамічних навантажень.

Наукове значення роботи полягає в розвитку теорії динамічної взаємодії шахтних підйомних посудин, обладнаних пружньо-дисипативними роликівими напрямними, з армуванням жорсткого типу, а саме, у встановленні нових закономірностей виникнення ударно-циклічної взаємодії в системах «посудина – армування», на основі яких розроблено новий комплексний метод розрахунку раціональних параметрів систем «посудина – армування», що забезпечують зниження ударного навантаження на армування з боку підйомної посудини до безпечного рівня.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці «Методичних рекомендацій по зниженню динамічних навантажень на провідники жорсткого армування та визначенню раціональних параметрів роликівих напрямних підйомних посудин у стовбурах з порушеною геометрією» для стовбурів з тривалим терміном експлуатації в умовах підвищеного корозійного і механічного зносу армування.

Реалізація результатів роботи. «Методичні рекомендації по розробці заходів по зниженню динамічних навантажень на провідники жорсткого армування і визначенню раціональних параметрів роликівих напрямних підйомних посудин в системах «посудина – армування» шахтних стовбурів з порушеною геометрією» використовуються ВАТ «НДІ гірничої механіки ім. М.М. Федорова», ЗАТ «Запорізький залізорудний комбінат», шахтою «Смолінська» ВАТ «Східруда», Інститутом геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, в навчальному процесі Державного ВНЗ «Національний гірничий університет».

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю використання для отримання наукових результатів фундаментальних методів теоретичної механіки і математичної фізики, теорії диференційних рівнянь, чисельних методів; використанням коректних методик експериментальних досліджень динаміки взаємодії підйомних посудин з армуванням шахтних підйомних установок вертикальних стовбурів в промислових умовах; використанням сучасної метрологічно атестованої апаратури.

тури для вимірювання, реєстрації, запису й обробки даних; задовільною збіжністю результатів теоретичних та експериментальних досліджень на діючих підйомних установках (різниця за параметром «віброшвидкість» не перевищує 23%, за параметром «частота коливань» – 7%).

Особистий внесок здобувача. Автором дисертаційної роботи виконана постановка завдань досліджень, розроблені математичні комп'ютерні моделі і розв'язані завдання дослідження взаємодії підйомних посудин з провідниками жорсткого армування в умовах шахтних стовбурів з порушеною геометрією, проведені промислові, лабораторні і теоретичні дослідження, визначені основні закономірності взаємодії посудин з армуванням, обґрунтовані методи і засоби стабілізації руху підйомних посудин в стовбурах з порушеною геометрією.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися й обговорювалися на Міжнародній науково-методичній конференції «Інноваційні технології SolidWorks у вищій освіті, науці та промисловості» (Дніпропетровськ, 2008 р.), Міжнародній конференції молодих вчених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (Дніпропетровськ, 2008 р.), Міжнародних науково-технічних конференціях «Перспективні методи та технічні засоби підвищення ефективності енергоємних установок та технологічних комплексів гірничо-металургійної промисловості» (Кривий Ріг, 2008 р.), «Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок» (Донецьк, 2009 р.), Міжнародних науково-практичних конференціях «Виробництво і експлуатація сталевих канатів – проблеми і рішення» (Одеса, 2009 – 2011 рр.), «Нефтегазовое и горное дело» (Пермь, 2009 р.), «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2009 – 2011 рр.), Міжнародній науковій конференції «Математичні проблеми технічної механіки» (Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ, 2011 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації опубліковано в 13 наукових працях, з яких 10 статей у фахових виданнях і 3 у збірниках наукових конференцій, із них 10 самостійні.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 92 найменування і 7 додатків. Містить 161 сторінки машинописного тексту, у тому числі 88 рисунків і 4 таблиці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, подано стан питання щодо динаміки системи «посудина – армування», сформульована ціль та наукові завдання досліджень, визначено наукове та практичне значення роботи, наукові положення, що виносяться на захист.

У першому розділі проводиться аналіз наукових праць з проблем динаміки системи «посудина – армування», основних методів і засобів стабілізації руху підйомних посудин у вертикальних шахтних стовбурах.

Над питаннями розвитку теоретичних і експериментальних методів аналізу динамічних явищ в ланках шахтних підйомних установок, а також у системах «посудина – армування» в різний час працювали відомі вчені в області шахтного підйому: Г.Н. Савін, П.П. Нестеров, Н.Г. Гаркуша, В.І. Дворніков,

О.О. Горошко, Л.В. Колосов, А.П. Нестеров, В.І. Самуся, В.А. Ропай, С.В. Карась, С.В. Бачковський, А.Є. Гавруцький, І.Б. Доржинкевич, В.Д. Мусієнко, Л.С. Осадча, В.І. Артемов, Г.Д. Трифанов, А.І. Соломенцев, К.А. Соломенцев, В.А. Пристром та ін. За кордоном аналогічними дослідженнями займалися С. Бер, Г. Берг, С. Кавулок, Е. Шебела, Дж. Хансел, Ф. Хессельбарт та ін.

Головним чинником, який викликає появу ударних навантажень в системі «посудина – армування», за умови відсутності параметричного резонансу, є порушення вертикальності провідників, що за час експлуатації досягли значних розмірів. Ліквідація цих порушень потребує значних капітальних витрат.

Проте встановлені на посудинах роликові напрямні не завжди забезпечують безударний режим руху скіпів у провідниках, а динамічні навантаження системи «посудина – армування» у декілька разів перевищують передбачені проектом і на найбільш викривлених ділянках стовбура можуть досягати 60 – 80 кН.

У кінці розділу сформульовані завдання досліджень, які необхідні для досягнення поставленої мети.

У другому розділі описані результати шахтних та лабораторних досліджень геометричних і жорсткісних параметрів армування і роликових напрямних в діючих шахтних стовбурах.

На основі розроблених математичних моделей були визначені реальні опорні жорсткості провідників армування для основних рудних стовбурів Кривбасу. Аналіз результатів показав, що в одному відділенні два провідники можуть мати різні значення жорсткостей, відмінні в 2 – 3 рази, що створює умови несиметричного динамічного навантаження посудини та впливає на визначення безпечних експлуатаційних параметрів систем «посудина – армування».

Аналіз геометричних параметрів армування діючих стовбурів показав, що після 30 – 50 років експлуатації провідники набувають істотних відхилень від вертикалі та загальної проектної площини, генеральні лінії цих провідників мають значні викривлення на локальних ділянках ярусів, а відхилення на суміжних ярусах можуть виходити за нормативні межі (рис. 1).

Аналіз даних лабораторних експериментів з деформації пружних елементів роликових напрямних показав, що:

- жорсткість роликових напрямних типу НКП є амплітудо-залежною функцією і в межах робочих діапазонів 0 – 23 мм їх навантажувальна характеристика описується параболічною функцією;

- максимальна жорсткість напрямних НКП досягає на цьому інтервалі 700 кН/м, а приведена до осі ролика максимальна жорсткість важільних напрямних набагато менше і не перевищує 120 – 250 кН/м;

- неповний контакт ролика НКП з провідником призводить до зниження його опорної жорсткості;

- коефіцієнт в'язкого опору гумових елементів, що застосовуються, лежить у межах 60 – 250 Нс/м.

У рамках аналітичних досліджень деформаційних параметрів напрямних типу НКП на підставі задачі Герца про контакт двох пружних тіл одержана аналітична залежність радіального стиснення котка від сили взаємодії котка з про-

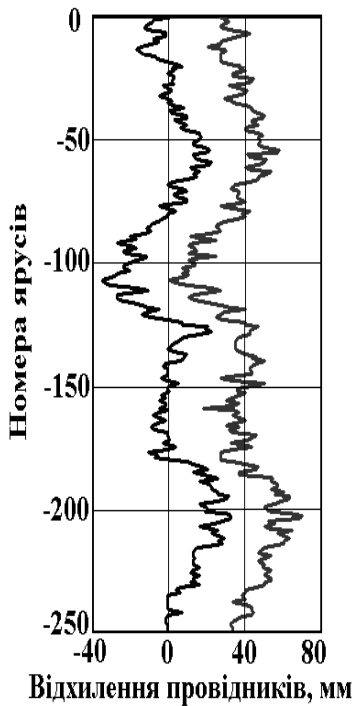


Рис. 1. Профілі провідників

відником (1).

З графіків на рис. 2 видно, що при однакових значеннях радіального стиснення пружні зусилля котків значно відрізняються між собою. При величині стиснення 20 мм котки НКП-320Р майже в 2,5 рази більш жорсткі, ніж котки КМЦ-320 і НПК-320Р і набагато більш жорсткіші ніж двоважільних напрямні з гумово-пружинним демпфером.

$$x(P) = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot h} \left[\frac{0,75}{Epr} \left(\ln \left(\frac{2 \cdot R}{0,128 \sqrt{\frac{0,75 \cdot P \cdot R}{h \cdot Epr}}} \right) + 0,407 \right) \right], \quad (1)$$

де $x(P)$ – пружне стиснення ролика, м; P – сила радіального стиснення, Н; Epr – модуль пружності котка, Н/м²;

$$Epr = Ep \frac{R^2}{R^2 - r^2}, \quad (2)$$

де Ep – модуль пружності гуми, Н/м²; h – товщина котка, м; R, r – зовнішній і внутрішній радіуси гумової оболонки котка, відповідно, м.

У межах проектних деформацій (радіальне стиснення до 24 мм) жорсткість напрямних типу НКП росте з величиною їх радіального стиснення від 2,5 до 3,5 разів, тоді як приведена жорсткість важільної напрямної залишається практично постійною на всьому робочому ході деформації амортизатора (збільшується до 7% за рахунок геометричної нелінійності важільної конструкції).

Результати шахтних експериментальних досліджень показали, що в стовбурах з порушеною геометрією роликові напрямні не забезпечують ефективного зниження контактних навантажень на армування до необхідного безударного рівня в умовах переходу на проектні швидкості підйому.

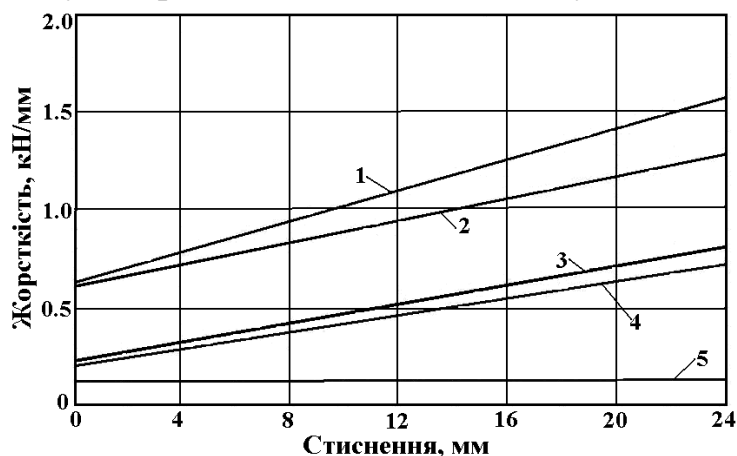


Рис. 2. Жорсткості напрямних, приведені до точки контакту з провідником (за даними лабораторних експериментів): 1 – НКП-320Р без виїмок, 2 – НКП-320Р з виїмками, 3 – КМЦ-260 з виїмками, 4 – КМЦ-320 з виїмками, 5 – УРН-250

У третьому розділі на основі основних теорем динаміки твердого тіла проводиться обґрунтування і розробка математичної моделі, яка описує динаміку системи «посудина – роликові напрямні – армування» в стовбурах з порушеною геометрією.

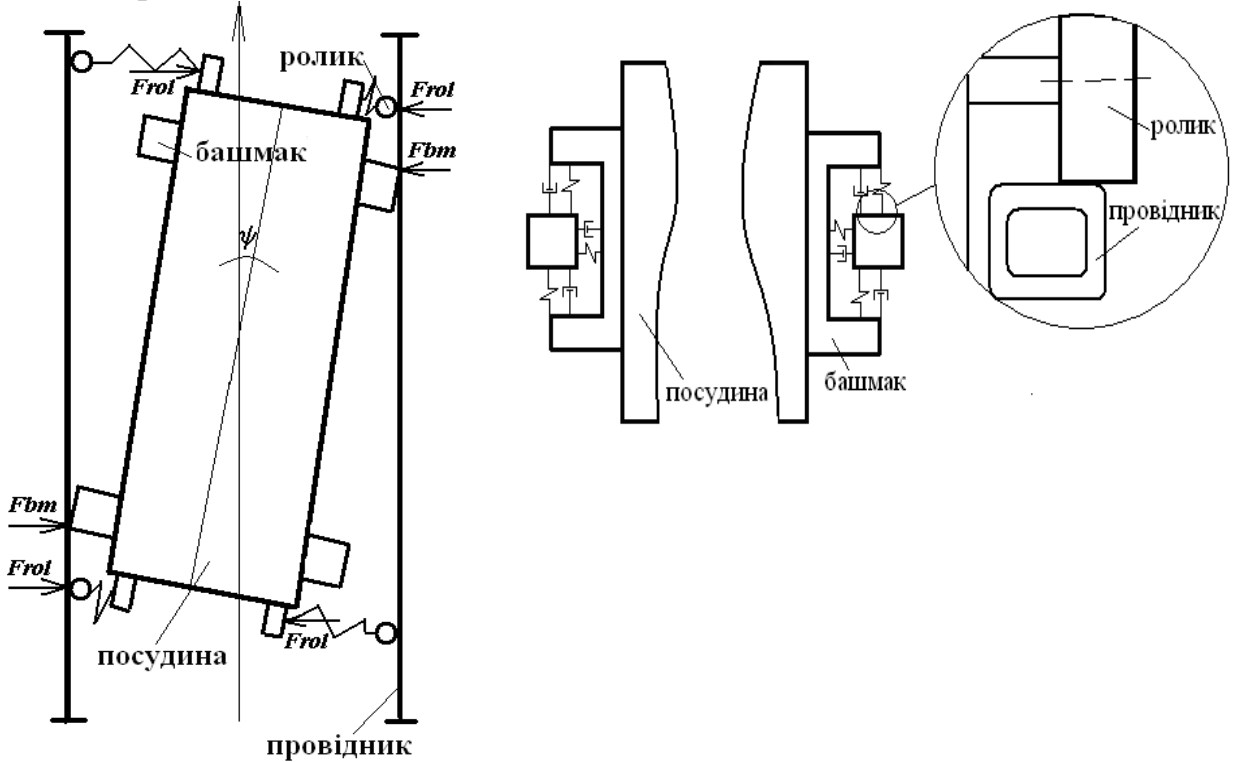


Рис. 3. Розрахункові схеми системи «посудина – армування»:

$F_k rol = Crol \cdot u_k$ – сила взаємодії k -го ролика з провідником;

$F_k btm = Cbtm \cdot u_k$ – сила взаємодії k -го башмака з провідником

Для лобової площини:

$$\begin{aligned} & \frac{Q}{g} \cdot \frac{d^2}{dt^2} u_{c,lob}(t) + \sum_{k=1}^4 C_k^{lob} \cdot u_k^{lob}(t) + \sum_{k=1}^4 \rho_k^{lob}(u_k^{lob}) \cdot \dot{u}_k^{lob}(t) = \\ & = \sum_{k=1}^4 C_k^{lob} \cdot u_{pr,k}^{lob}(t) + \sum_{k=1}^4 \rho_k^{lob}(u_k^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,k}^{lob}(t), \\ & I^{lob} \cdot \ddot{\psi}^{lob} + \left[b \cdot (C_1^{lob} \cdot u_1^{lob}(t) + C_3^{lob} \cdot u_3^{lob}(t)) - (h^{ver} - b) \cdot (C_2^{lob} \cdot u_2^{lob}(t) + C_4^{lob} \cdot u_4^{lob}(t)) \right] + \\ & + \left[b \cdot \left(\rho_1^{lob}(u_1^{lob}) \cdot \dot{u}_1^{lob}(t) + \rho_3^{lob}(u_3^{lob}) \cdot \dot{u}_3^{lob}(t) \right) - (h^{ver} - b) \cdot \left(\rho_2^{lob}(u_2^{lob}) \cdot \dot{u}_2^{lob}(t) + \rho_4^{lob}(u_4^{lob}) \cdot \dot{u}_4^{lob}(t) \right) \right] = \\ & = \left[b \cdot (C_1^{lob} \cdot u_{pr,1}^{lob}(t) + C_3^{lob} \cdot u_{pr,3}^{lob}(t)) - (h^{ver} - b) \cdot (C_2^{lob} \cdot u_{pr,2}^{lob}(t) + C_4^{lob} \cdot u_{pr,4}^{lob}(t)) \right] + \\ & + \left[b \cdot \left(\rho_1^{lob}(u_1^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,1}^{lob}(t) + \rho_3^{lob}(u_3^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,3}^{lob}(t) \right) - (h^{ver} - b) \cdot \left(\rho_2^{lob}(u_2^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,2}^{lob}(t) + \rho_4^{lob}(u_4^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,4}^{lob}(t) \right) \right] \end{aligned}$$

Для бічної площини:

$$\begin{aligned}
& \frac{Q}{g} \cdot \frac{d^2}{dt^2} u_{c,bok}(t) + \sum_{k=1}^4 C_k^{bok} (u_k^{lob}(t)) \cdot u_k^{lbok}(t) + \sum_{k=1}^4 \rho_k^{bok} (u_k^{bok}(t)) \cdot \dot{u}_k^{bok}(t) = \\
& = \sum_{k=1}^4 C_k^{bok} (u_k^{lob}(t)) \cdot u_{pr,k}^{bok}(t) + \sum_{k=1}^4 \rho_k^{bok} (u_k^{bok}(t)) \cdot \dot{u}_{pr,k}^{bok}(t), \\
& I^{bok} \cdot \ddot{\psi}^{bok} + [b \cdot (C_1^{bok}(u_1^{lob}(t)) \cdot u_1^{bok}(t) + b \cdot (C_3^{bok}(u_3^{lob}(t)) \cdot u_3^{bok}(t)) - (h^{ver} - b) \cdot (C_2^{bok}(u_2^{lob}(t)) \cdot u_2^{bok}(t) + \\
& + C_4^{bok}(u_4^{lob}(t)) \cdot u_4^{bok}(t))] + [b \cdot (\rho_1^{bok}(\dot{u}_1^{lob}) \cdot u_1^{bok}(t) + \rho_3^{bok}(\dot{u}_3^{lob}) \cdot u_3^{bok}(t)) - \\
& - (h^{ver} - b) \cdot (\rho_2^{bok}(\dot{u}_2^{lob}) \cdot u_2^{bok}(t) + \rho_4^{bok}(\dot{u}_4^{lob}) \cdot u_4^{bok}(t))] = [b \cdot (C_1^{bok}(u_1^{lob}(t)) \cdot u_{pr,1}^{bok}(t) + b \cdot (C_3^{bok}(u_3^{lob}(t)) \cdot u_{pr,3}^{bok}(t)) - \\
& - (h^{ver} - b) \cdot (C_2^{bok}(u_2^{lob}(t)) \cdot u_{pr,2}^{bok}(t) + C_4^{bok}(u_4^{lob}(t)) \cdot u_{pr,4}^{bok}(t))] + [b \cdot (\rho_1^{bok}(u_1^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,1}^{bok}(t) + \rho_3^{bok}(\dot{u}_3^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,3}^{bok}(t)) - \\
& - (h^{ver} - b) \cdot (\rho_2^{bok}(\dot{u}_2^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,2}^{bok}(t) + \rho_4^{bok}(\dot{u}_4^{lob}) \cdot \dot{u}_{pr,4}^{bok}(t))], \\
& I^{gor} \cdot \ddot{\psi}^{gor} + \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=1}^2 [C_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot u_k^{bok}(t)] - \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=3}^4 [C_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot u_k^{bok}(t)] + \\
& + \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=1}^2 [\rho_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot \dot{u}_k^{bok}(t)] - \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=3}^4 [\rho_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot \dot{u}_k^{bok}(t)] = \\
& = \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=1}^2 [C_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot u_{pr,k}^{bok}(t)] - \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=3}^4 [C_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot u_{pr,k}^{bok}(t)] + \\
& + \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=1}^2 [\rho_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot \dot{u}_{pr,k}^{bok}(t)] - \frac{h^{lob}}{2} \cdot \sum_{k=3}^4 [\rho_k^{bok}(u_k^{lob}(t)) \cdot \dot{u}_{pr,k}^{bok}(t)]
\end{aligned}$$

де функції жорсткості напрямних:

$$C_k^{lob}(u_k^{lob}) = \begin{cases} C_{rol,k}^{lob}(u_k^{lob}), u_k^{lob}(t) < \Delta_k^{lob}, \\ C_{bm,k}^{lob}, u_k^{lob}(t) \geq \Delta_k^{lob} \end{cases}$$

$$C_k^{bok}(u_k^{lob}, u_k^{bok}) = \begin{cases} C_{rol,k}^{bok}(u_k^{lob}, u_k^{bok}), u_k^{lob}(t) < \Delta_k^{bok}, \\ C_{bm,k}^{bok}, u_k^{bok}(t) \geq \Delta_k^{bok} \end{cases}$$

$\Delta_k^{bok}, \Delta_k^{lob}$ – кінематичні зазори в парах «башмак – провідник»;

$C_{rol,k}^{lob,bok}$, $C_{bm,k}^{lob,bok}$ – жорсткості роликоопор і систем «башмак – пружний провідник – пружна розпора»; ψ – кути повороту посудини навколо центральних осей інерції; u_c – переміщення центра мас посудини; u_k – координата k -го башмака; $u_{pr,k}$ – координата провідника навпроти k -го башмака; b – відстань від центра мас до верхнього поясу посудини; h^{ver} – висота посудини; Q – вага посудини; ρ – коефіцієнт в'язкого опору амортизатора.

У разі неповного контакту бічних роликів з провідниками зниження їх опорної жорсткості відбувається синхронно з лобовими коливаннями посудини. Через це коефіцієнти диференціальних рівнянь стають періодичними функціями з періодом, рівним періоду лобових коливань, а рівняння перетворюються на систему параметричних рівнянь типу Матьє–Хілла, що мають властивість внутрішнього параметричного резонансу з можливістю нестійкого зростання амплітуд коливань у бічній площині (рис. 4). Це означає, що установка бічних роликів НКП з можливістю часткового виходу їх гумових оболонок за межі плоских робочих поверхонь коробчастих провідників є джерелом параметричного збудження коливань підйомної посудини.

Залежність ширини зони аварійно-небезпечних сполучень інерційних та геометричних параметрів системи «посудина – армування» від жорсткості роликів має експоненційний (крива 1, рис. 5), та лінійний характер – від різниці між амплітудами жорсткості роликів, що контактують з протилежними провідниками (крива 2, рис. 5).

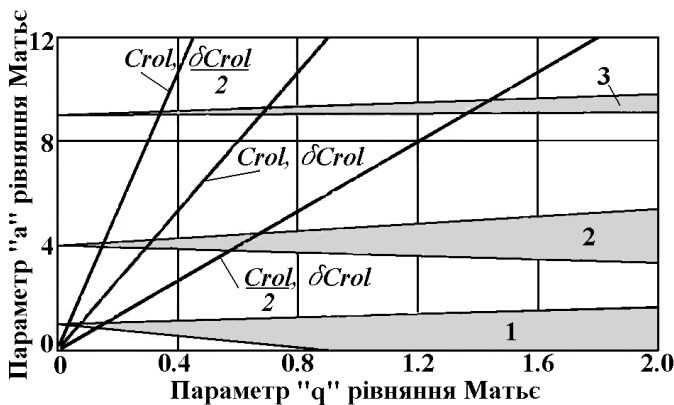


Рис. 4. Діаграма стійкості коливань підйомної посудини: 1–3 – зони нестійкості коливань

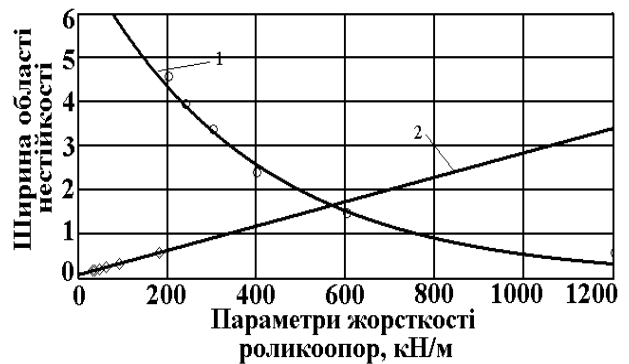


Рис. 5. Залежність розміру зон нестійкості від параметрів жорсткості бокових роликів

Аналіз власних частот коливань скіпа показав, що в досліджуваних стовбурах частота кутових коливань скіпів у лобовій площині практично співпадає з частотою кутових коливань навколо вісі каната. Це створює умови для виникнення динамічного явища типу «биття» з періодичним наростанням/зменшенням амплітуд коливань та ударами запобіжних башмаків скіпа по провідниках.

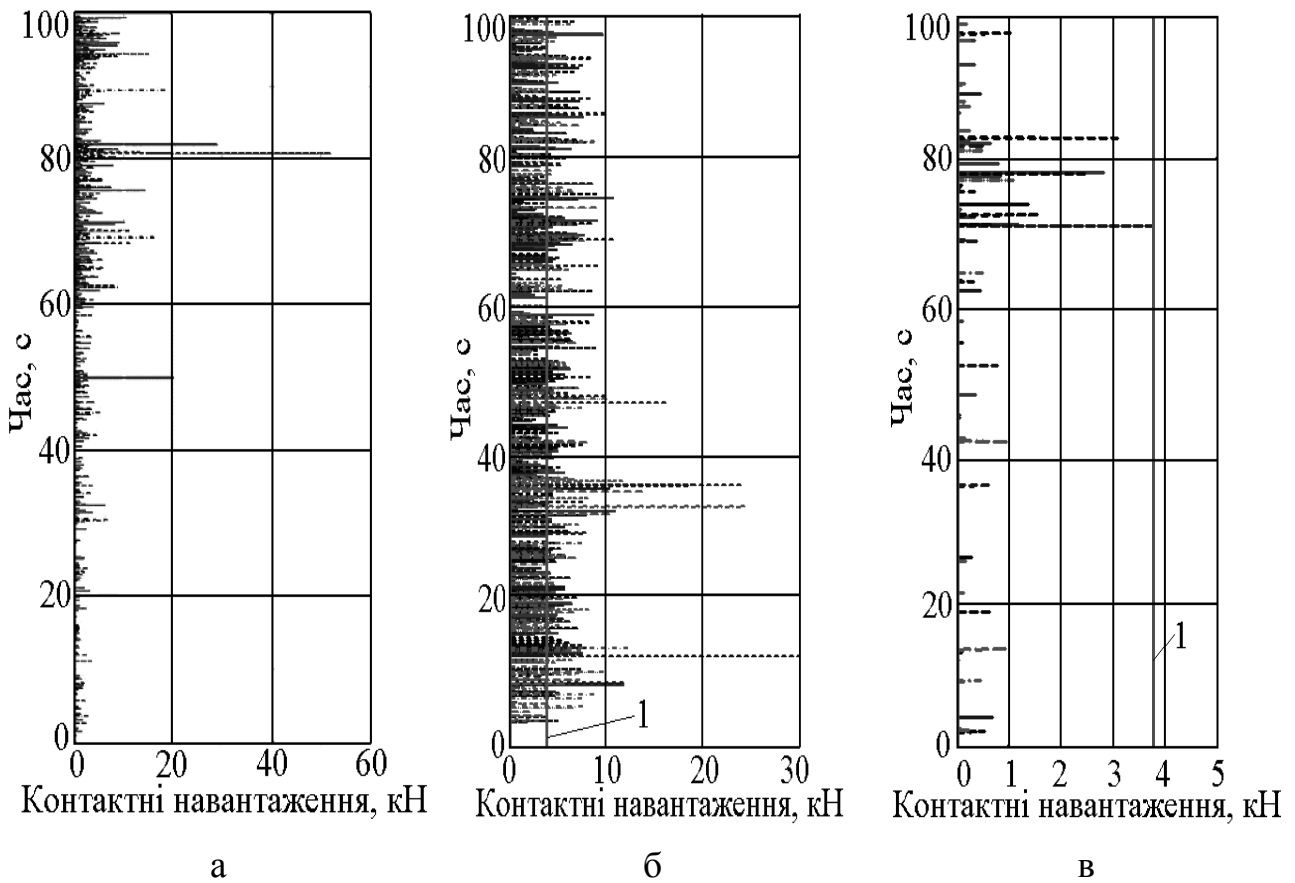


Рис. 6. Діаграми контактних навантажень між скіпом та провідниками: а – при фактичному профілі та КВО = 0; б – при згладженому профілі та КВО = 0; в – при згладженому профілі та КВО = 2000 Нс/м

Теоретичні дослідження та шахтні експерименти, проведені для підйомів діючих стовбурів з порушеною геометрією, показали, що, коли скіп потрапляє на ділянку з найбільшими порушеннями профілю, ударні навантаження значно зростають, і в окремі моменти їх одиночні сплески досягають значення 50 кН (рис. 6а). Такий рівень навантажень носить потенційно небезпечний характер при наявності значного корозійного зносу елементів армування на ділянці викривлення.

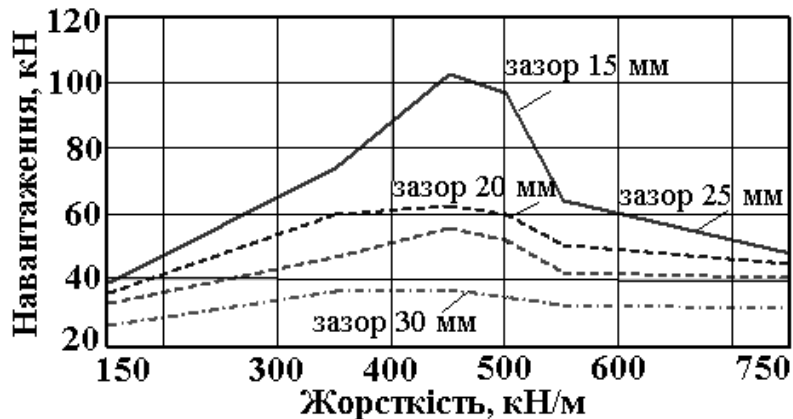


Рис. 7. Залежність контактних навантажень від жорсткості напрямних і кінематичних зазорів

Також показано, що у досліджуваних стовбурах при жорсткості роликів напрямних 400 - 500 кН/м провідники з фактичним профілем створюють на швидкості підйому 11 м/с збудження з частотами, близькими до частот власних коливань скіпа в лобовій площині, що призводить до зростання амплітуд ударних навантажень на армування у 2 - 3 рази. Це означає, що така жорсткість є резонансною для вказаних систем «посудина – армування» з існуючими параметрами. При цьому амплітуди навантажень суттєво знижуються тільки зі збільшенням кінематичного зазору в парах «башмак – провідник» при перевищенні нормативного значення 23 мм на сторону (рис. 7), а ударно-динамічні навантаження розподіляються за амплітудою між провідниками пропорційно жорсткості їх опорних розпор.

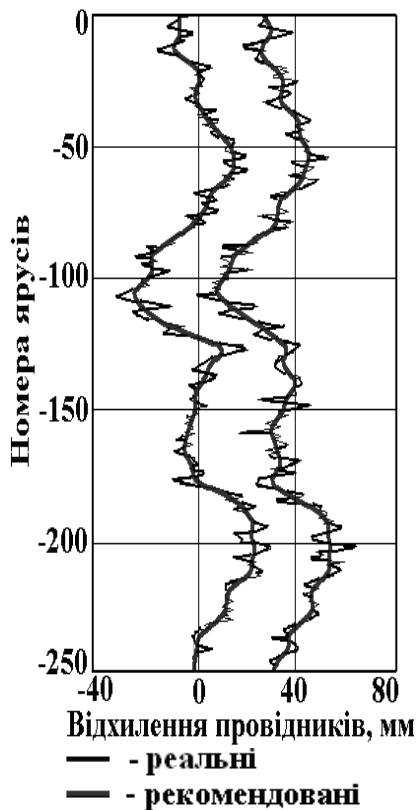


Рис. 8. Профілі провідників

На рис. 8 показано, що реальний профіль провідника можна представити як суперпозицію плавної генеральної лінії провідника, яка визначається викривленням осі стовбура і відхиленнями на ярусах відносно цієї лінії. Для визначення параметрів генеральної лінії застосовано метод згладжування Гаусса. В цьому випадку збільшення значення параметра згладжування призводить до зменшення відхилень провідників на суміжних ярусах та відповідного зниження динамічних навантажень.

На рис. 9 наведені результати досліджень залежності динамічних навантажень скіпів на армування в досліджуваних стовбурах від максимальних відхилень на суміжних ярусах з фактичними (відхилення більше 10 мм) і згладженими профілями провідників цих відділень на робочих діаграмах підйому при різних жорсткостях традиційних роликкоопор. Показано, що зменшення жорсткості роликкоопор і відхилень провідників від вер-

тикалі знижують динамічні навантаження, але їх мінімальні величини перевищують нормативні значення 10 кН навіть при відхиленнях провідників на суміжних ярусах суттєво менших 10 мм.

У межах нормативних зазорів найбільш суттєве (до 4 – 8 разів) зниження навантажень досягається за рахунок комплексного підходу, що полягає в одночасному та взаємопов'язаному згладжуванні профілів провідників (рис. 6,б) та збільшенні коефіцієнту в'язкого опору (КВО) амортизаторів роликів напрямних (рис. 6,в). Криві 1 відповідають безударному рівню навантажень в системі.

Доведено, що при неможливості досягнення безударного режиму шляхом згладжування профілів з нормативними рівнями кінематичних зазорів істотно знизити ударні навантаження на провідники до безпечного рівня при незмінній діаграмі швидкості підйому дозволяє тільки зміна конструкції напрямних з під-

вищеними дисипативними властивостями та параметрами, адаптованими під задану систему «посудина – армування».



Рис. 9. Залежності контактних навантажень на армування від максимальних відхилень провідників від вертикалі на суміжних ярусах та їх опорної жорсткості: 1 – жорсткість 150 кН/м; 2 – жорсткість 550 кН/м; 3 – жорсткість 750 кН/м

Теоретично й експериментально було визначено, що максимальні значення амплітуд віброшвидкостей деформування амортизаторів обумовлюють їх дисипативні властивості та знаходяться у межах 0,15 – 0,20 м/с. Розбіжність між теоретичними та експериментальними даними не перевищує 20 – 23%.

У четвертому розділі розроблено метод та методичні рекомендації щодо заходів поетапного зниження контактних навантажень у системах «посудина – армування» стовбурів з порушеною геометрією та визначення допустимих параметрів взаємного розташування роликів НКП та коробчастих провідників при їх неповному контакті у бічній площині провідників, що відповідають зонам параметричної стійкості коливань підйомної посудини.

Запропоновано схему та визначено раціональні параметри роликоопори, яка містить додатковий гідравлічний амортизатор зі змінним значенням коефіцієнта в'язкого опору протягом робочого ходу, що досягається шляхом зміни поперечного перерізу дюзи плунжера залежно від зближення запобіжного башмака посудини з провідником.

Впровадження «Методичних рекомендацій по розробці заходів щодо зниження динамічних навантажень на провідники жорсткого армування та визначенню раціональних параметрів роликів напрямних підйомних посудин у системах «посудина – армування» шахтних стовбурів з порушеною геометрією» в проектних та експертних організаціях, гірничих підприємствах дає можливість підвищити безпеку експлуатації сучасних підйомних комплексів.

ВИСНОВКИ

Представлена дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішено актуальне наукове завдання важливого прикладного значення, що полягає у розробці й обґрунтуванні методів і засобів зниження динамічних навантажень в системах «посудина – армування» вертикальних стовбурів з по-

рушеною геометрією за рахунок встановлення того, що суперпозиція лобових відхилень провідників від вертикалі на суміжних ярусах у інтервалі нормативних значень та додаткових наднормативних монотонних викривлень осей відділень при робочій швидкості 10 – 12 м/с призводить до порушення плавності руху підйомних посудин з ударно-контактними навантаженнями армування, а періодична зміна площини контакту бічних роликів напрямних НКП з коробчастими провідниками збуджує параметричні, динамічно нестійкі коливання підйомної посудини.

Основні наукові і практичні результати дисертаційної роботи:

1. На основі аналізу літературних джерел динаміки шахтного підйому зроблений висновок, що актуальним завданням досліджень є визначення закономірностей формування динамічних навантажень в системах «посудина – армування» стовбурів з порушеною геометрією, які мають суттєві відмінності від динаміки відповідних систем в стовбурах з проектними параметрами.

2. Розроблено математичну модель, що описує поведінку системи «посудина – армування», відмінну від загальновідомих тим, що у вхідні дані враховує фактичні геометричні, швидкісні й інерційні параметри підйомної установки, змінний амплітудно-залежний опір гідравлічних амортизаторів напрямних, залежність опорної жорсткості бокових роликів від амплітуди коливань посудини у лобовій площині.

3. Показано, що динамічні навантаження на провідники від посудини прямо пропорційні їх опорним жорсткостям, внаслідок чого посудина знаходиться в умовах несиметричної динамічної реакції на взаємодію з системою двох протилежних провідників, якщо останні мають відмінні одна від одної жорсткості.

4. Експериментально визначено, що для діючих підйомів роликів напрямні для однакових підйомних посудин та провідників виготовляються різними виробниками та їх фактичні жорсткості відрізняються одна від одної у 1,5 – 2,0 рази. Це створює різні динамічні умови для роботи однакових систем «посудина – армування» та знижує ефективність традиційних заходів щодо зниження динамічних навантажень.

5. Фактична жорсткість роликів напрямних типу НКП є амплітудно-залежною функцією і в межах робочих діапазонів 0 – 23 мм їх навантажувальна характеристика описується параболою; максимальна жорсткість напрямних НКП досягає на цьому інтервалі 700 кН/м; приведена до осі ролика максимальна жорсткість важільних напрямних 120 – 250 кН/м; неповний контакт котка з провідником призводить до зниження його опорної жорсткості, яка пропорційна значенню залишкової площини контакту. На основі розв'язання задачі Герца одержано аналітичну залежність радіального стиснення котка напрямної типу НКП від сили взаємодії котка з провідником.

6. При шахтних експериментах визначено, що на ділянках підвищених відхилень генеральних ліній осей провідників і відхилень на суміжних ярусах в системах «посудина – армування» виникають контактні навантаження потенційно небезпечного рівня.

7. На основі розробленої моделі показано, що робота бічних роликів

котків з частковим періодичним виходом гумових оболонки за межі робочих поверхонь коробчастих провідників синхронно з лобовими коливаннями створює умови виникнення параметрично нестійких аварійно-небезпечних коливань посудини в армуванні з наростанням амплітуд в бічній площині.

8. Доведено, що у скіпів з навантаженою масою 37 – 45 т, висотою 9 – 11 м та шириною 1,6 – 1,8 м частота кутових коливань у лобовій площині практично співпадає з частотою кутових коливань навколо осі каната, що може викликати динамічне явище типу «биття» з періодичним зростанням амплітуд коливань та жорсткими ударами скіпа по провідниках.

9. Встановлено, що величини максимальних навантажень на локальних ділянках армування визначаються спектральними параметрами збуджень від профілю провідників при фіксованій швидкості руху по ділянці, пружньо-дисипативними параметрами роликів амортизаторів і армування, інерційно-геометричними параметрами посудини. При цьому в системі присутні кратні співвідношення частот збуджень від провідників і власних частот системи «посудина – ролюпоори – армування», що призводить до зростання амплітуд ударних навантажень на армування. Відхилення результатів математичного моделювання від даних промислових експериментів не перевищують 20 – 23% по параметру віброшвидкість, частоти теоретичних та експериментальних даних знаходяться в однакових діапазонах.

10. Обґрунтовано процедуру розрахунку параметрів нелінійного згладжування профілів провідників, яке у стовбурах з порушеною геометрією може знизити відхилення на суміжних ярусах до рівня безударного руху посудини.

11. Показано, що у стовбурах з порушеною геометрією, в яких технічно неможливо досягти безударного режиму руху посудини корекцією профілів провідників, необхідно використовувати розроблені амортизуючі пристрої з параметрами, адаптованими під дану систему «посудина – армування».

12. Розроблено метод та методичні рекомендації, які дозволяють для умов конкретного вантажопідйомного відділення розробити й обґрунтувати технічні заходи і рішення, що забезпечують максимально можливе зниження динамічних навантажень в системі «посудина – армування» і безаварійну роботу підйому в конкретному стовбурі з порушеною геометрією.

Впровадження результатів роботи забезпечує соціальний ефект за рахунок підвищення безаварійності та безпеки експлуатації діючих підйомних комплексів.

НАУКОВІ ПОЛОЖЕННЯ І ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ОПУБЛІКОВАНІ В НАСТУПНИХ НАУКОВИХ ПРАЦЯХ

1. Самуся В.И. Спектральный анализ колебаний роликовых направляющих рудных скипов в условиях ствола ГС–1 ЗАО ЗЖРК / В.И. Самуся, С.С. Ильина // Зб. наук. праць НГУ. – Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2008. – №30. – С. 145 – 149.

2. Ильина С.С. Исследование жесткостных характеристик двухрычажных роликовых направляющих шахтных подъемных сосудов / С.С. Ильина // Геотехнічна механіка: Зб. наук. праць ІГТМ НАН України – Дніпропетровськ: ІГТМ

НАН України, 2008. – Вип. 76. – С. 217 – 226.

3. Ільїна С.С. Аналіз умов роботи скіпів у стовбурах з порушеною геометрією та засобів стабілізації їхнього руху / С.С. Ільїна // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2008. – Вип. 81. – С. 145 – 149.

4. Ильина С.С. Анализ работы роликовых рычажных направляющих в промышленных условиях скипового подъема / С.С. Ильина // Стальные канаты: Сб. науч. тр. / МАИСК. – Одеса: Екологія, 2009. – №7. – С. 103 – 110.

5. Ільїна С.С. Математична модель динаміки системи «посудина – армування» неврівноваженої підйомної установки з пружно-дисипативними роликовими напрямними / С.С. Ільїна // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 83. – С. 126 – 136.

6. Ильина С.С. Экспериментальные исследования гашения ударных нагрузок на армировку шахтных стволов упругими роликовыми амортизаторами / С.С. Ильина // Научные исследования и инновации. – Пермь: ПГТУ, 2010. – №2, Т. 4. – С. 59 – 63.

7. Самуся В.І. Особливості динаміки кліті з жорсткими і пружними напрямними на ділянках локального викривлення провідників / В.І. Самуся, С.С. Ільїна // Гірнича електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 84. – С. 149 – 159.

8. Ильина С.С. Экспериментальные и теоретические исследования опорной жесткости направляющих сосудов и армировок вертикальных стволов / С.С. Ильина // Стальные канаты: Сб. науч. тр. / МАИСК. – Одеса: Екологія, 2010. – №8. – С. 79 – 102.

9. Самуся В.І. Моделирование динамики системы «сосуд – армировка» / В.І. Самуся, С.С. Ильина // Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: Зб. наук. праць. – Донецьк: НДІГМ ім. М.М. Федорова, 2010–2011. – №104–105. – С. 56 – 78.

10. Ильина С.С. Исследование влияния параметров профилей проводников на динамику скипов в стволах с нарушенной геометрией / С.С. Ильина // Динаміка і міцність машин. Зб. наук. праць. – Харків: ХП, 2011. – №52. – С. 85 – 93.

11. Ільїна С.С. Дослідження жорсткісних характеристик роликових двохважелевих напрямних шахтних підйомних посудин / С.С. Ільїна // Труди ІV науково-технічної конференції молодих вчених, магістрантів та студентів з проблем гірничо-металургійної промисловості «Перспективні методи та технічні засоби підвищення ефективності енергоємних установок та технологічних комплексів гірничо-металургійної промисловості». – Кривий Ріг: КТУ, 2008. – С. 103 – 105.

12. Самуся В.І. Обеспечение плавности движения скипов в проводниках жесткой армировки шахтных стволов с нарушенной геометрией / В.І. Самуся, С.С. Ильина // Материали научн.-техн. конф. «Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок». – Донецьк: НІІГМ ім. М.М. Федорова, 2009. – С. 96 – 98.

13. Ильина С.С. Исследование центрирующих свойств роликовых направляющих скипов в условиях эксцентриситета груза в стволах с нарушенной

геометрией / С.С.Ильина // Матеріали міжнар. наук. конф. „Математичні проблеми технічної механіки – 2011”. – Дніпропетровськ: ДДТУ, 2011. – С. 189 – 190.

Внесок автора в роботи, які опубліковані у співавторстві:

[1] – планування експерименту і обробка даних, формулювання висновків; [7] – проведення теоретичних досліджень, формулювання висновків; [9] – побудова комп'ютерної математичної моделі, проведення чисельних експериментів; [12] – обробка даних експерименту, побудова графіків і формулювання висновків.

АНОТАЦІЯ

Ильина С.С. Розробка та обґрунтування методів і засобів зниження динамічних навантажень в системах «посудина – армування» шахтних стовбурів з порушеною геометрією. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.06 – гірничі машини. Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» МОНМС України, Дніпропетровськ, 2011.

Дисертація присвячена розробці методів та засобів зниження контактних навантажень у системі «посудина – армування» для підвищення безпеки її роботи в шахтних стовбурах з порушеною геометрією.

У дисертації визначені закономірності формування динамічних навантажень в системах «посудина – армування» в шахтних стовбурах з порушеною геометрією, вперше обґрунтовані раціональні параметри напрямних пристроїв шахтних підйомних посудин і параметри корекції профілів провідників жорсткого армування залежно від діаграми швидкості роботи підйомної машини, параметрів підйомних посудин, фактичних відхилень вісі стовбура від вертикалі, що забезпечує підвищення безпеки експлуатації підйомних установок в стовбурах з порушеною геометрією.

Ключові слова: шахтна підйомна установка, шахтний стовбур, підйомна посудина, армування, динамічні параметри, роликові напрямні.

АННОТАЦИЯ

Ильина С.С. Разработка и обоснование методов и средств снижения динамических нагрузок в системе «сосуд – армировка» шахтных стволов с нарушенной геометрией. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 – горные машины. Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» МОНМС Украины, Днепропетровск, 2011.

Диссертация посвящена выбору методов и средств снижения динамических нагрузок в системах «сосуд – армировка» стволов с нарушенной геометрией.

В работе проведен анализ существующих исследований динамических

процессов взаимодействия подъемных сосудов с армировкой, анализ фактических эксплуатационных параметров работы шахтных подъемов в сложных горно-геологических и горнотехнических условиях, анализ эффективности традиционных средств снижения динамических нагрузок в действующих стволах. Выполнена постановка задач исследований и разработана математическая модель, описывающая динамику системы «сосуд – роликовые направляющие – армировка» в условиях стволов с нарушенной геометрией, учитывающая комплексное влияние скоростных, геометрических, упруго-диссипативных и амплитудно-частотных параметров системы на ее динамику.

В результате лабораторных, промышленных экспериментов и теоретических исследований определены фактические жесткостные и диссипативные параметры применяющихся роликовых направляющих, деформационно-жесткостные параметры проводников и расстрелов армировок в стволах основных действующих рудников Украины. Установлены причины низкой эффективности традиционных решений по снижению уровня динамической нагруженности систем «сосуд – армировка» в стволах с нарушенной геометрией.

Разработаны дифференциальные и конечно-элементные математические модели динамики системы «сосуд – роликовые направляющие – армировка». Получены зависимости, устанавливающие области устойчивости параметрических колебаний системы при наличии частичного периодического выхода боковых роликов типа НКП за пределы рабочих плоскостей коробчатых проводников с применением диаграммы Айнса-Стретта.

Установлено, что монотонные отклонения проводников от вертикали на протяженных участках совместно со знакопеременными отклонениями от вертикали на смежных ярусах приводит к возникновению ударно-циклического взаимодействия сосуда с армировкой со сверхпроектным потенциально-опасным уровнем динамических нагрузок. Исследованы зависимости уровня и характера нагрузок от скорости движения подъемного сосуда, его инерционных и геометрических параметров, упруго-диссипативных характеристик роликовых направляющих, опорных жесткостей проводников и расстрелов.

Выполнены исследования влияния спектральных характеристик возмущений сосуда в зависимости от профилей проводников и упруго-диссипативных параметров направляющих на динамические нагрузки в системе «сосуд – армировка». На основании их результатов показано, что в стволах с нарушенной геометрией при нормативных значениях кинематических зазоров в парах «башмак – проводник» ударные нагрузки могут быть снижены до безопасного уровня за счет использования комплексного подхода, который заключается в одновременном и взаимосвязанном сглаживании профилей проводников и увеличении коэффициента вязкого сопротивления амортизаторов роликовых направляющих.

Обоснован метод поэтапного снижения динамических нагрузок, разработана методика расчета коррекции профилей проводников, конструкция и параметры роликовых направляющих с заданными диссипативными свойствами для конкретных отделений стволов с нарушенной геометрией.

Результаты исследований внедрены в ЗАО «Запорожский железорудный

комбинат», на шахте «Смолинская» ОАО «Востокруда», в НИИ горной механики им. М.М. Федорова, в Институте геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, в Государственном высшем учебном заведении «Национальный горный университет».

Ключевые слова: шахтная подъемная установка, шахтный ствол, подъемный сосуд, армировка, динамические параметры, роликовые направляющие.

ABSTRACT

Ilijina S.S. Development and substantiation of dynamic loading reduction methods and modes for «vessel – reinforcement» system at mine shafts with broken geometry. – On the rights of manuscript.

Thesis for competition on candidate of engineering sciences degree on specialty 05.05.06 – mining machines. State Higher Educational Institution «National Mining Universitet», Dnipropetrovsk, 2011.

The thesis is devoted to the development of contact loading reduction methods and modes in «vessel – reinforcement» system for the work safety increase at mine shafts with broken geometry.

Dynamic loadings formation principles in «vessel – reinforcement» systems are defined in the thesis. Mine lifting vessels directing devices rational parameters and conductors profiles correction parameters of strong reinforcement depending on the diagram of hoist working speed are defined. Lifting vessels parameters, actual shaft axis deviations from vertical, that provides operation mine winding plants safety increase in shafts with broken geometry, are proved for the first time.

Keywords: mine hoist, mine shaft, lifting vessel, reinforcement, dynamic parameters, roller guides.