

С.С. Ільїна

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ СКІПІВ У СТОВБУРАХ З ПОРУШЕНОЮ ГЕОМЕТРІЄЮ ТА ЗАСОБІВ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЇХНЬОГО РУХУ

Характерною особливістю стовбурів центральної групи (ГС-1 та ГС-2) Запорізького залізорудного комбінату є те, що вони перебувають у зоні мульди зсуву гірських порід і мають істотні порушення вертикальності профілю провідників на деяких ділянках.

Головні підйомні установки цих стовбурів (ПМ-4, ПМ-5 і ПМ-6) обладнані скіпами типу СН-19.5 для доставки руди й породи на поверхню і на цей час працюють зі швидкістю 10-11 м/с. Маса навантажених скіпів досягає 42-45 т.

Армування стовбура жорсткого типу з коробчастими провідниками 180x180x12 мм двостороннього розташування щодо скіпів, розстріли – двотаврові балки №36С, крок армування змінний по глибині стовбура – 3 м у верхній частині, 4 м – у середній та 6 м – у нижній частині стовбура.

Для напрямку руху скіпів застосовуються універсальні дворичагові підпружинені роликові напрямні й жорсткі запобіжні башмаки ковзання. Кожний скіп підвішений на одному головному канаті.

Під час руху по стовбуру скіп коливається в межах кінематичних зазорів відповідно відхиленням провідників від вертикалі в лобовій та бічній площинах. Амплітуди й частоти цих коливань визначаються параметрами кривизни профілю кожного провідника, їхнім взаємним розташуванням щодо проектною вертикалі й швидкістю руху скіпа по ділянці армування.

У стовбурах є ділянки провідників з різними параметрами кривизни. Крім того, кожний скіп на ділянці розгону й уповільнення по різних ділянках провідників рухається з різною вертикальною швидкістю. Це приводить до того, що амплитудо-частотні параметри горизонтальних коливань скіпа збуджені провідниками через пружні вузли роликових напрямних скіпа є різними на різних ділянках стовбура.

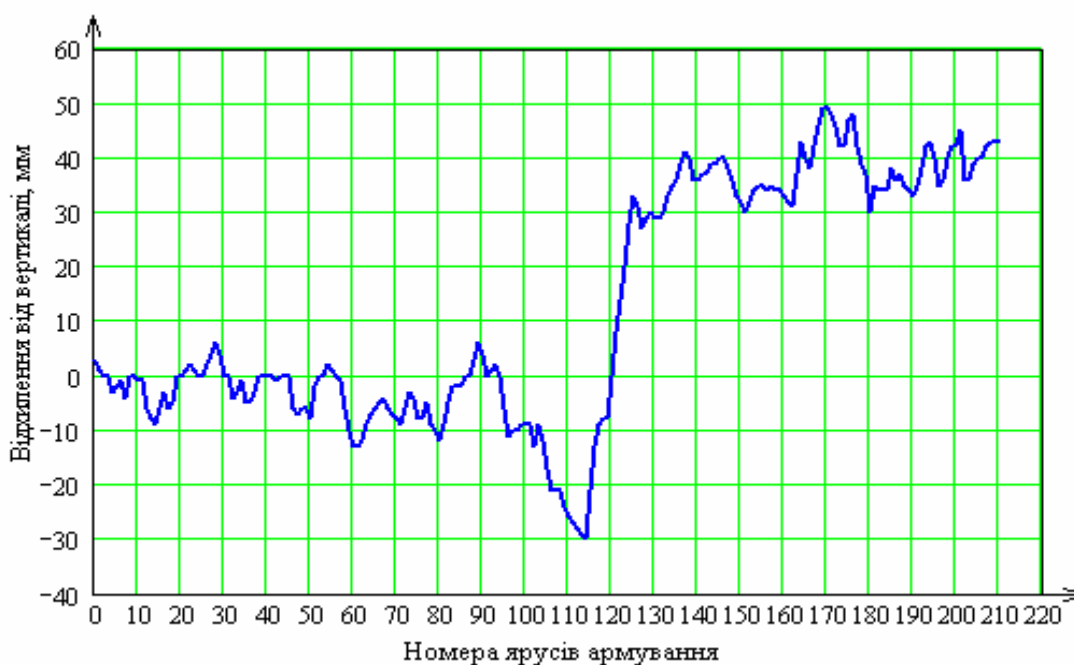
Є ділянки стовбура, на яких відхилення провідника від вертикалі малі, не перевищують 3-5 мм і розподілені по протяжній ділянці стовбура, що має довжину 10-30 довжин посудини. На такій ділянці скіп рухається по провідникам без ударів у режимі низькочастотних коливань, взаємодіючи із провідниками тільки через роликові напрямні в межах робочого ходу їхніх пружин. Тобто скіп їде по стовбуру у проектному режимі взаємодії з армуванням з незначними динамічними навантаженнями в межах 5-7 кН.

Є ділянки стовбура, на яких профілі провідників мають значні знакозмінні або однобічні відхилення від вертикалі. Якщо амплітуди знакозмінних або локальних відхилень профілю провідників від вертикалі досягають 20-30 мм на довжині скіпа (це 3-4 прольоти ярусів армування), то амплітуди змушених коливань скіпа так само виходять за межі кінематичного проміжку (згідно вимо-

гам Правил безпеки максимальний зазор не повинен перевищувати 23 мм на сторону) і у жорсткий контакт із провідниками вступають робочі поверхні запобіжних башмаків.

На рисунку наведений приклад профілю провідника одного із скіпових відділень стовбура ГС-1 ЗЗРК.

Із цього графіка видно, що просторові відхилення провідника від вертикалі становлять понад 60 мм на довжині ділянки від 115 до 125 ярусів стовбура (тобто протягом 30-40 м при висоті скіпа 11 м.). При швидкості скіпа вище 7-8 м/с це приводить до виникнення ударних навантажень на провідники на цій ділянці до 50-80 кН [1].



Профіль провідника №7 скіпового відділення стовбура в бічній площині

Такий високий рівень експлуатаційних навантажень приводить до прискореного зношення провідників і вкладишів башмаків, знижує нижче припустимого рівня динамічні запаси міцності провідників і розстрілів, вузлів їхнього кріплення. У деяких випадках високі динамічні контактні навантаження призводять до прискореного утворення втомних тріщин, розриву зварювальних швів провідників. Тому головним фактором, що визначає надійність і безпеку роботи системи "посудина - жорстке армування", є рівень динамічних навантажень на провідники з боку підйомної посудини.

Ці навантаження визначаються двома складовими: навантаження, сприймане роликовим амортизатором, і навантаження, створюване жорстким запобіжним башмаком посудини. Максимальний рівень цих навантажень, за інших однакових умов, визначається, головним чином, кривизною провідників на локальній ділянці стовбура, вертикальною швидкістю, масою й геометричними параметрами скіпа.

Роликові підпружинені амортизатори скіпа призначені для його утримання в центрованому положенні відносно коробчастих провідників у межах кінематичних зазорів і запобігання жорсткого контакту башмаків із провідниками при коливаннях посудини, викликаних скривленнями профілю провідників.

Фактично треба забезпечити такий режим руху посудини відносно армування по всьому стовбурі (окремо в лобовій та бічній площинах), щоб всі горизонтальні збурення від провідників поглиналися за допомогою системи роликових амортизаторів, не приводячи до жорсткого ударного контакту башмаків із провідниками.

Основною характеристикою, що визначає роботу роликової напрямної підйомної посудини, є вид залежності між горизонтальним переміщенням точки контакту ролика із провідником і зусиллям опору, що визначається конструкцією, параметрами й пружньо-дисипативними характеристиками системи напрямних.

Проведені в роботі [2] дослідження універсальних роликових напрямних, що застосовуються на скіпах ЗЗРК у цей час, показали, що в них залежність між зусиллям опору й горизонтальним переміщенням точки контакту ролика із провідником має вигляд східчастої функції. Умови стрибка зусиль створюються за рахунок установки наприкінці робочого ходу амортизатора блока з 3–4-х гумових шайб, сумарна жорсткість яких в 4–5 разів вище, ніж жорсткість основної металевої пружини, що амортизує коливання посудини при малих амплітудах порядку 3–5 мм.

Конструкція напрямних така, що забезпечити раціональне (по довжині робочого ходу амортизатора) включення в роботу пружини й гуми практично неможливо через те, що по глибині стовбура амплітуди горизонтальних відхилень провідників від вертикалі відрізняються в кілька разів. Скіп на одних ділянках стовбура виявляється затиснутим між гумовими блоками в лобовій площині, на інших – притиснутий якою-небудь гранню жорсткого башмака до провідника, на третіх – коливається в межах ходу пружини. Це призводить до систематичного виникнення ударно-циклічного режиму взаємодії скіпів із провідника на ділянці мульди зсуву з навантаженнями потенційно-небезпечного рівня [1].

Наукові розробки й досвід експлуатації закордонних рудників показали, що ефективним засобом запобігання появи ударно-циклічних навантажень на провідники, коли їхній профіль має малі відхилення від вертикалі в межах вимог нормативної документації (± 5 мм на сторону в межах одного кроку ярусів), є застосування поглинаючих апаратів із блоками, що демпфірують, гідравлічного й пневматичного типів. Найбільш повний огляд цих рішень наведений у роботі С.В. Бачковського [3]. При цьому зазначено, що в описах цих конструкцій відсутні методики визначення параметрів цих конструкцій, вони підбиралися дослідним шляхом для умов конкретних діючих стовбурів.

У вітчизняних умовах вимоги до профілю провідників менш жорсткі. В "Инструкции по производству маркшейдерских работ" [4] на стадії будівництва регламентується відхилення одного провідника від вертикалі не більше 10 мм на кроці армування. При цьому на стадії експлуатації ця вимога не нормується. Тому через 30–40 років роботи рудників часто зустрічаються стовбури, у яких

пари провідників одного відділення можуть розходитися в бічних площинах у протилежних напрямках, створюючи гвинтообразність траєкторії руху посудини та залишаючись при цьому формально в межах 10 мм відхилень по кожному провіднику. Така форма деформації "поверхні руху" скіпа збуджує інтенсивні жорсткі удари башмаків по провідниках, які неможливо усунути пружинно-гумовими амортизаторами.

У роботі [3] проводиться дослідження й розробка конструкції уніфікованої двохважильної напрямної для глибоких стовбурів Криворізького басейну. У ній паралельно встановлені пружина й гідравлічний амортизатор аналогічний автомобільному. Через ряд причин ці напрямні не знайшли застосування на практиці й у корпус блоку, що амортизує, навіть у цей час установлюються гумові вставки, недоліки роботи яких описані вище. Однак дослідження, проведені в цій роботі, показали теоретичну ефективність гасіння коливань скіпів із застосуванням гідроамортизаторів у їхніх напрямних для шахтних умов. Для особливих умов стовбурів з порушеною геометрією доцільно вивчити досвід суміжних галузей у створенні протиударних поглинаючих апаратів.

Найбільш близькою за масою та швидкістю руху транспортних засобів і задачам динаміки є залізнична галузь. Її дослідними інститутами зроблена велика робота зі створення ефективних протиударних амортизаторів із фрикційними й гідрогазовими поглинаючими апаратами [5]. Теоретичні й експериментальні дослідження дозволили створити цілий ряд демпферів для гасіння ударів між вагонами. Ці завдання подібні із завданнями гасіння ударно-циклічних навантажень між скіпами й армуванням. У роботі [6] показано, що найбільш ефективними є гідрогазові апарати типу ГА-500 зі змінним за довжиною робочого ходу гідравлічним опором. При визначенні раціонального закону його зміни величини максимальних зусиль у них менші, ніж в апаратах з постійним опором.

Ці апарати створені для гасіння поздовжніх динамічних навантажень між вагонами. Шахтний скіп під час руху по стовбуру робить просторові коливання у провідниках і йому для стабілізації необхідна система з 12 амортизаторів, розміщених на верхньому й нижньому поясах несучої рами у лобовій та боковій площинах. Габарити, конструкція й параметри залізничних амортизаторів та їхніх модифікацій не дозволяють застосувати їх на шахтному підйомі. Але ефективність цих конструкцій говорить про доцільність досліджень динаміки скіпів з урахуванням їх властивостей і розробки нових шахтних скіпових амортизаторів для зниження контактних навантажень на армування в місцях істотних відхилень профілів провідників від вертикалі.

Список літератури

1. Гавруцкий А.Е., Мусиенко В.Д., Осадчая Л.С. Исследование горизонтальных нагрузок на армировку в скиповом стволе ЗЗРК № 1 // Шахтное строительство. – 1991. - №7. – С. 13-15.
2. Ильина С.С. Исследование жесткостных характеристик двухрычажных роликовых направляющих шахтных подъемных сосудов. // Геотехнич. механика: Межвед. сб. науч. тр. – 2008. – Вип. 76. – С.200-209.
3. Бачковский С.В. Обоснование рациональных параметров амортизационно-

- демпфирующих устройств рычажных направляющих шахтных подъемных сосудов: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Д., 1991. – 18 с.
4. Инструкция по производству маркшейдерских работ. – М.: Недра 1987. – 240 с.
 5. Болотин М.М., Каракашьян З.О., Першин В.Я. Эталонные поглощающие аппаратуры автосцепки. //Мир транспорта. – 2007. – С.114-123.
 6. Хачапуридзе Н.М., Юрченко А.В., Кривовязюк Ю.П., Хорошманенко П.Г. О математическом моделировании соударений вагонов, оборудованных гидрогазовыми поглощающими аппаратами. //Исследование колебаний подвижного состава. ДИИТ им. М.И.Калинина, Д.: Вып. 190/23. – С.86-90.