

doi:10.31721/2306-5435-2022-1-110

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Криворізький національний університет

ГІРНИЧИЙ ВІСНИК

Науково-технічний збірник

Заснований у 1966 році

Випуск 111

Кривий Ріг, 2023

Редакційна колегія: **Ступнік М.І.**, д-р техн. наук, проф. (головний редактор); **Бровко Д.В.**, д-р техн. наук, проф. (заступник головного редактора); **Азарян А.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Березовський А.А.**, д-р геол. наук, проф.; **Варава Л.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Вілкул Ю.Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Губін Г.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Євтехов В.Д.**, д-р геол.-мінерал. наук, проф.; **Жуков С.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Зінченко О.А.**, д-р екон. наук, проф.; **Зубов Д.А.**, д-р техн. наук, проф., Охрид, Македонія; **Ільяс Ніколае**, д-р техн. наук, проф., Петрошани, Румунія; **Калініченко В.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Ковальчук В.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Коробко В.М.**, д-р техн. наук, проф., Массачусетс, США; **Котов І.А.**, д-р техн. наук, доц.; **Кіяновський М.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Купін А.І.**, д-р техн. наук, проф.; **Лапшин О.Є.**, д-р техн. наук, проф.; **Моркун В.С.**, д-р техн. наук, проф.; **Несмашний Є.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Нусінов В.Я.**, д-р екон. наук, проф.; **Олійник Т.А.**, д-р техн. наук, проф.; **Паламар А.Ю.**, канд. техн. наук, доц.; **Перебудов В.В.**, д-р техн. наук, проф.; **Савельєв С. Г.**, д-р техн. наук, проф.; **Сінчук О.М.**, д-р техн. наук, проф.; **Сидоренко В.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Ткаченко А.М.**, д-р екон. наук, проф.; **Толмачов С.Т.**, д-р техн. наук, проф.; **Турило А.А.**, д-р екон. наук, проф.; **Учитель О.Д.**, д-р техн. наук, проф.; **Федоренко П.Й.**, д-р техн. наук, проф.; **Шахно А.Ю.**, д-р екон. наук, доц.; **Шишкін О.О.**, д-р техн. наук, проф.; **Щокін В.П.**, д-р техн. наук, проф.

Збірник індексується в науко-метричних базах даних Google Scholar, Index Copernicus, Research Bible, Academic Keys та ін., в загальнодержавній реферативній базі даних «Україніка наукова» (реферативний журнал «Джерело»).

Збірник надсилається до Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського НАН України та провідних наукових бібліотек України.

У матеріалах збірника викладено результати досліджень у галузі технічних наук. Розглянуто шляхи підвищення ефективності промислових виробництв, автоматизації, контролю та керування технологічними процесами.

Важливе місце займають питання енергозбереження, надійності охорони праці, техніки безпеки, захисту довкілля.

Наукові статті збірника рекомендовано науковим та інженерно-технічним працівникам, студентам, магістрантам й аспірантам.

Випуск № 111 рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет Вченою радою Криворізького національного університету (протокол № 11 від 25.04.2023 року).

Адреса редакції: 50002, Кривий Ріг, вул. Пушкіна, 44.
Криворізький національний університет. Тел. 409 61 29.

<i>Ступнік М.І., Бровко Д.В., Калініченко В.О., Федько М.Б., М.А. Грищенко, Болотніков А.В., Чирва О.І., Айгарс О.Г.</i> Дослідження рекультиваційних перспектив відвалу № 4 Центрального гірничо-збагачувального комбінату, підпрацьованого підземними гірничими роботами	3
<i>Луценко С.О., Жуков С.О., Григор'єв Ю.І., Федоренко С.О.</i> Системні невідповідності за традиційного проектування залізрудних кар'єрів	11
<i>Ковбик К.М., Калініченко В.О.</i> Методика моделювання випуску насичених водою багатих залізних руд в умовах Криворізького залізрудного басейну	18
<i>Кравцова Д.Ю., Зюган У.І.</i> Статистична обробка інженерних вимірювань зі комп'ютеризацією розрахунків у табличному процесорі	22
<i>Костянський О.М., Жуков С.О.</i> Визначення параметрів вантажопотоків на дпш конвеєрних підйомників робочої зони глибоких залізрудних кар'єрів	27
<i>Худик М.В., Шепель О.Л.</i> Пилопригнічення вугільного пилу при перевантаженні вугілля у паливно-транспортних цехах ТЕС	34
<i>Куліковська О.С.</i> Про зарубіжний досвід геодезичних робіт	39
<i>Переметчик А.В., Федоренко С.О., Подойніцина Т.О.</i> Геометричне моделювання та прогнозування якості залізних руд	46
<i>Астахов В.І., Єрьоменко О.Ю., Волков С.О.</i> Використання критерію критичних рівнів внутрішньої потенційної енергії деформації тіла при вирішенні задач будівельної механіки	54
<i>Савельєв С.Г., Бабасєвська О.В., Ярош Т.П., Кондратенко М.М.</i> Аналіз прийомів визначення оптимальної вологості шихти для виробництва окатишів	60
<i>О.Є. Латишин, Ярошенко Г.М.</i> Дослідження стану умов праці в цехах збагачення титано-цирконієвої руди виробництва Вільногірського ГМК	67
<i>Азарян А.А., Крапивний Н.С.</i> Гравітаційний метод оперативного контролю вмісту заліза в подрібненій гірничій масі	74
<i>Штанько Л.О., Антонік В.І., Баранов І.В.</i> Визначення можливостей складування окислених кварцитів при подальшій розробці крутоспадних залізрудних родовищ на прикладі кар'єру № 3 ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	77
<i>Бугай Л.А.</i> Зниження трудоемкості механічної обробки продукції з високомарганцевих сталей	83
<i>Моркун В.С., Моркун Н.В., Грищенко С.М., Гапоненко І.А., Гапоненко А.А., Бобров Є.Ю.</i> Моделювання електромагнітного акустичного перетворювача	88
<i>Латишин О.О., Ярошенко В.О.</i> Інженерна геологія та геотехніка в контексті забезпечення стійкості будівель, споруд та комунікацій	95
<i>Валовой О.І., Афанасьєв В.В., Валовой М.О.</i> Дослідження фізико-механічних характеристик хвостів СМС Ігулецького гірничо-збагачувального комбінату для будівництва та відновлення залізничних колій	100
<i>Малих Д.Ю., Єрьоменко Г.І., Тітов Д.А.</i> Уточнення розрахунку руйнування гірських порід свердловинними зарядами з диференційовано розподіленою ВР в їх рядах	104
<i>Ю.Г. Горбачов, Хруцький А.О., Громадський Вік.А., Марюсик О.С.</i> Удосконалення важкого віброживильника з метою зниження числа зависань руди у випускній виробці	110
<i>Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Павлушак Д.З.</i> Конструктивні рішення багатопарових легких огорожень підвищеної звукоізоляції	114
<i>Андрущенко Г.І., Чупринов Є.В., Кассім Д.О., Григор'єва В.Г., Ляхова І.А.</i> Синергія економіки та металургії як основа механізму ефективного функціонування сучасного підприємства повного циклу	120
<i>Тімченко Р.О., Крішко Д.А., О.Ю. Пензєв</i> Кручені хрестоподібні стрижні у з'єднаннях дерев'яних конструкцій	126
<i>Савельєв С.Г., Бабасєвська О.В., Ярош Т.П., Кондратенко М.М.</i> Оцінка методів визначення придатності тонкодисперсних матеріалів до огрудкування	132
<i>Пігулевський П.Г., Свистун В.К., Єрьоменко Г.І., Яремій С.О.</i> Застосування дистанційних методів при дослідженні впливу техногенних споруд на поверхневі та підземні води (на прикладі південного Кривбасу)	139
<i>Моркун В.С., Моркун Н.В., Гапоненко А.А., Бобров Є.Ю.</i> Застосування нелінійних ультразвукових методів для визначення характеристик залізрудної сировини	144
<i>Хруцький А.О., Горбачов Ю.Г., Громадський А.С., Громадський В.А., Громадський Вік.А.</i> Віртуальний лабораторний практикум з планування наукових досліджень	152
<i>Долгих О.В., Долгих Л.В.</i> Підвищення якості цифрових зйомок при дослідженні зони зрушень від шахти ім. Колачєвського	158
<i>Гацький А.К., Гацький І.А.</i> Синтез управління мікрокліматом в камері аварійного повітропостачання	163
<i>Анотації</i>	170

17. **Moth N.F.** Fracture of metals. Theor. Conq. Enqng. 1948. V.1657 № 16.p.321-348.
18. **Григорян С.С.** Некоторые вопросы математической теории деформирования и разрушения твердых горных пород // ПИММ, 1967. – Т.31. – С.157-245.
19. Комплексное исследование действия взрыва в горных породах / **Э.О. Миндели, Н.Ф. Кусов, А.А. Корнеев, Г.И. Марцинкевич**, – М. : Недра, 1978. – 253 с.

Рукопис подано до редакції 26.04.2023

УДК 622.646:621.86.067.2

Ю.Г. ГОРБАЧОВ, канд. техн. наук, проф., **А.О. ХРУЦЬКИЙ**, канд. техн. наук, доц.,
Вік.А. ГРОМАДСЬКИЙ, канд. техн. наук, ст. викл., доц., **О.С. МАРЮСИК**, магістр
Криворізький національний університет

УДОСКОНАЛЕННЯ ВАЖКОГО ВІБРОЖИВИЛЬНИКА З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ЧИСЛА ЗАВИСАНЬ РУДИ У ВИПУСКНІЙ ВИРОБЦІ

Мета. Метою роботи є підвищення експлуатаційної продуктивності віброживильників важкого типу, зайнятих на випуску гірничої маси з очисних блоків залізорудних шахт. Внаслідок нерівномірності гранулометричного складу відбитої руди у блоці та наявності певного відсотку шматків негабаритних розмірів випуск гірничої маси, незважаючи на інтенсифікацію процесу за допомогою вібрації, все ж таки супроводжується зависаннями та утворенням склепін у випускних виробках. Ліквідація зависань як механічним, так і підривним способами пов'язана зі значними витратами робочого часу та вибухівки, а також високою небезпекою для обслуговуючого персоналу. Зниження числа зависань руди сприятиме суттєвому підвищенню ефективності використання віброживильників та зростанню експлуатаційної продуктивності очисного блоку. Таким чином, тема дослідження важлива та актуальна.

Методи дослідження. Аналіз процесу випуску гірничої маси з очисних блоків підземних рудників показує, що заміна некерованого гравітаційного випуску руди вібраційним забезпечує можливість значного його прискорення. Але повністю позбавитися зависань та склепоутворень матеріалу у випускних виробках при цьому не вдається. На підставі вивчення закономірностей вібраційного витікання сипких вантажів з ємностей зроблено висновок про необхідність підвищення інтенсивності впливу робочого органу вібромашини на матеріал.

Наукова новизна. Запропоновано підвищення ступеня заглиблення робочого органу віброживильника під навал стовпа гірничої маси у випускній виробці шляхом змінення його конфігурації та використання принципу секційності.

Практична значимість. Удосконалення конструкції віброживильника дасть можливість підвищити інтенсивність динамічного впливу робочого органу машини на гірничу масу у випускній виробці, забезпечити безупинний процес її витікання та сприятиме руйнуванню утворених зависань.

Результати. Запропоновано технічні рішення для зменшення числа зависань під час вібраційного випуску руди віброживильниками важкого типу за рахунок удосконалення конструкції робочого органу.

Ключові слова: випуск руди з очисних блоків, зависання руди, експлуатаційна продуктивність, віброживильник важкого типу, вібропривод, робочий орган віброживильника у «два кута».

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Одним з основних і найбільш трудомістких технологічних процесів підземної розробки міцних руд є очисне виймання гірничої маси, яке представляє собою завершальну стадію видобутку корисної копалини, під час якої попередньо подрібнена масовим вибухом в обсязі очисного блоку руда випускається на горизонт доставки, через рудозвальні виробки скидається на нижче лежачий транспортний горизонт, по якому відвозиться до шахтного стовбура і піднімається на поверхню скіповою підйомною установкою [1,2].

Довгий час єдиним способом випуску відбитої руди з блоку залишався гравітаційний, який характеризується витіканням гірничої маси з очисного простору через випускні отвори під дією її власної ваги. Такий процес супроводжується частими зависаннями руди у стиснених умовах випускних отворів через зустрічі та взаємні заклинення декількох крупних шматків матеріалу. Крім того, спостерігається явище утворення стійких зводів гірничої маси внаслідок її злежування, особливо після певного часу перебування у стані спокою [2-4].

Усе сказане стає причинами зупинок процесу випуску і вимагає заходів щодо їх усунення. Розблокування зависань і склепоутворень можливо ручним способом за допомогою різного ро-

ду жердин, але це украй небезпечно та неефективно. Для використання механічних способів руйнування зависань випускні виробки потрібно обладнати відповідними пристроями впливу на завислу руду, що здорожчує процес випуску і так само не витримує жодної критики з точки зору безпеки праці. Найбільш ефективним слід визнати вибуховий спосіб ліквідації зависання і зводів, хоча й він не вільний від недоліків – операція установки заряду впритул до зависання, знову ж таки, є небезпечною для підричника, а після підриву вибухівки потрібен певний час для вентиляції випускної та доставкової виробок.

Усі описані способи вимагають значних витрат робочого часу на дії, безпосередньо не пов'язані з видобутком руди. За даними підземних рудників Кривбасу, при використанні гравітаційного випуску з випускного отвору підземного очисного блоку між двома черговими зависаннями вдається безперешкодно випустити від 10 до 80 т руди (в середньому не більше 35 т) [5]. Для подібного очисного забою зі скреперною доставкою руди, продуктивність якого не перевищує 15 тис. т руди на місяць [6], кількість зависань протягом місяця наближається до 430 випадків. Якщо оцінити витрати часу на ліквідацію одного зависання у межах 20-30 хв., що є досить реальною величиною [5], то за місяць це у підсумку вимагатиме 20-30 повних робочих змін, тобто 22-33% усього фонду робочого часу при трьохзмінному безперервному робочому тижні.

Ситуація суттєво покращилася з широким впровадженням вібраційних технологій і техніки у гірничому виробництві. Вібраційний випуск руди за допомогою спеціальних установок – вібраційних живильників – забезпечив можливість реалізації інтенсивного динамічного впливу на гірничу масу вібраційними коливаннями певної частоти і певної амплітуди. Завдяки цьому дискретне середовище сипкого матеріалу набуває нових властивостей: вібрації знижують коефіцієнти тертя між його частинками та ними і стінками випускної виробки, в результаті чого гірничу масу стає більш плинною (так називане явище «псевдозрідженості») і краще витікає під дією гравітаційних сил. Процес випуску стає безупинним і керованим [1,3-12].

Використання вібраційного способу випуску дає можливість у 4-5 разів знизити кількість зависань гірничої маси у випускних виробках і довести середню дозу випущеної між двома зависаннями руди до 150-200 т. Це суттєво скорочує непродуктивні витрати робочого часу, але повністю позбутися зависань все ж таки не вдається. Наявність у гірничій масі певної кількості негабаритних шматків викликає їх заклинання у випускних отворах. Тому задача подальшого удосконалення конструкцій віброживильників з метою підвищення інтенсивності їх впливу на зависання руди залишається дуже важливою та актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. Сучасні конструкції віброживильників важкого типу відрізняються високим технічним рівнем і забезпечують значні показники призначення та надійності. Розрахункова теоретична продуктивність кращих зразків такої техніки сягає величини майже 500 м³/год (до 1200 т/год для руди густиною 2,5 т/м³) [3,4]. Але в реальних умовах експлуатації, з урахуванням витрат часу на допоміжні операції, ліквідацію відмов та простоїв з різного роду організаційних причин, у тому числі на розблокування зависань руди у випускній виробці, де встановлений живильник, фактична експлуатаційна продуктивність виявляється набагато меншою.

Зв'язок цих двох величин може бути виражений за допомогою наступної формули [13]

$$Q_{\phi} = \frac{(T_{зм} - T_{п.з} - T_{р.п}) Q_{т}}{1 + \frac{Q_{т} t_{л.з} n_{зав} \gamma}{1000}}$$

де Q_{ϕ} і $Q_{т}$ – відповідно фактична і теоретична змінні продуктивності віброживильника для випуску руди з блоку, м³/зміну; $T_{зм}$, $T_{п.з}$ і $T_{р.п}$ – тривалість відповідно робочої зміни, підготовчо-заклучних операцій та регламентованих перерв протягом зміни, хв.; $t_{л.з}$ – час, що витрачається на ліквідацію одного зависання (разом із провітрюванням виробки), хв.; $n_{зав}$ – число зависань, що припадає на 1000 т випущеної руди; γ – насипна густина руди, т/м³.

З приведеної формули добре видно, що одним з можливих резервів підвищення експлуатаційної продуктивності вібраційних живильників є зменшення числа зависань $n_{зав}$ гірничої маси і витрат часу $t_{л.з}$ на їх ліквідацію. В роботі [13] також відзначається, що формування зависань відбувається в результаті зустрічі та взаємного заклинання 1-5 шматків руди, причому майже половина з них утворюється 3-5 шматками.

Зменшити число зависань можна шляхом удосконалення робочого органу вібраційного живильника та раціонального розташування його у випускній виробці. Що стосується останнього,

то усі без винятку дослідження провідних спеціалістів у галузі гірничої вібротехніки свідчать: вібраційний випуск забезпечує збільшення активного перетину випускного отвору (перетину, за яким відбувається реальне витікання гірничої маси) за рахунок реалізації заглиблення віброживильника під навал гірничої маси у випускній виробці, а продуктивність віброживильника прямо пропорційна величині цього заглиблення [5,6,8-10]. Наприклад, у роботі [6] стверджується: для вільного та безупинного витікання руди потрібно, щоби глибина забору механізму (тобто, заглиблення у навал матеріалу) була більше критичної. Під останньою розуміється та мінімальна величина забору, при якій відбувається вільне і безперешкодне витікання руди з випускного отвору.

З іншого боку, підвищення величини заглиблення робочого органу віброживильника сприяє зниженню числа зависань гірничої маси у випускному отворі. Справедливість цієї залежності підтверджується графіками, приведеними на рис.1 [13]. Вони побудовані з урахуванням середнього розміру шматка руди $d_{ш}$, а також відстані h_d від площини робочого органу віброживильника до лобовини (місця сполучення випускного отвору зі стелиною випускної виробки). З графіків видно, що збільшення глибини заглиблення з 0,4 до 1,6 м призводить до зменшення числа зависань в середньому удвічі.

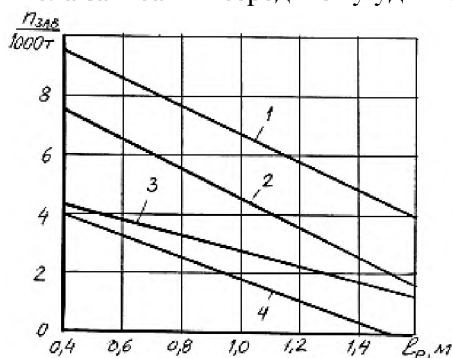


Рис. 1. Залежність числа зависань $n_{зав}$ (на 1000 т видобутку) від величини реального заглиблення l_p віброживильника: 1 – $d_{ш} = 0,64$ м, $h_d = 1,2$ м; 2 – $d_{ш} = 0,64$ м, $h_d = 1,6$ м; 3 – $d_{ш} = 0,52$ м, $h_d = 1,2$ м; 4 – $d_{ш} = 0,52$ м, $h_d = 1,6$ м

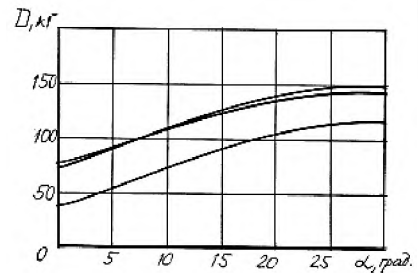
Звісно, кількість зависань залежить також й від інших чинників: гранулометричного складу матеріалу (на рис. 1 видно її суттєве зменшення при зменшенні розміру шматків з 0,64 до 0,52 м), конструкції випускної виробки, інтенсивності випуску. Але у даному випадку нас більше цікавить вплив на процес випуску геометричних параметрів та розташування робочого органу віброживильника.

З огляду на це, для підвищення продуктивності процесу вібраційного випуску гірничої маси представляється доцільним розглянути можливі шляхи збільшення величини заглиблення віброживильника.

Лабораторні та промислові дослідження, проведені свого часу в умовах Криворізького факультету Дніпропетровського металургійного інституту, дали можливість визначити основні закономірності формування потоку руди під час його вібраційного випуску та вплив на нього конфігурації робочого органу віброживильника [5]. Зокрема, у рамках досліджень перевірявся варіант виконання робочого органу «у два кута» (ламаного типу), у якого задня частина (та, що знаходилася під навалом стовпа гірничої маси) мала більший кут нахилу до горизонту, ніж передня.

Дослідження показали, що при невеликій різниці кутів нахилу цих двох частин ($0-5^\circ$) процес випуску руди відбувається у вигляді руху окремих вертикальних шарів гірничої маси, причому швидкості їх руху сильно відрізняються: від максимальної швидкості шару, найближчого до передньої стінки випускної виробки (тобто, найближчого до розвантажувального кінця робочого органу) до мінімальної швидкості протилежного шару, контактного із задньою стінкою випускної виробки. У міру зростання різниці кутів швидкості вертикальних шарів поступово вирівнюються і стають практично однаковими при різниці приблизно у $22-30^\circ$. Одночасно підвищується доза випуску матеріалу D між двома зависаннями внаслідок зменшення числа останніх (рис. 2) [5]. Автори пояснюють це явище наступним чином: коли потік руди з випускного отвору неоднорідний, великі шматки гірничої маси внаслідок різних швидкостей руху вертикальних шарів потоку весь час змінюють свої взаємне розташування, що підвищує ймовірність згаданої вище зустрічі декількох шматків та утворення зводу. У разі ж руху матеріалу у випускному отворі єдиним потоком з однаковою швидкістю усіх його компонентів ймовірність такої зустрічі різко падає. Іншими словами, якщо ці шматки не зустрілися і не утворили зводу до моменту входу у випускний отвір, то й під час його проходження не виникне причин для цього.

Рис. 2. Графік залежності дози випуску D між зависаннями від різниці α кутів нахилу задньої (заглибленої) та передньої частин робочого органу віброживильника: 1 – $h_{п1} = 0,75$ м; 2 – $h_{п1} = 1,0$ м; 3 – $h_{п1} = 1,5$ м



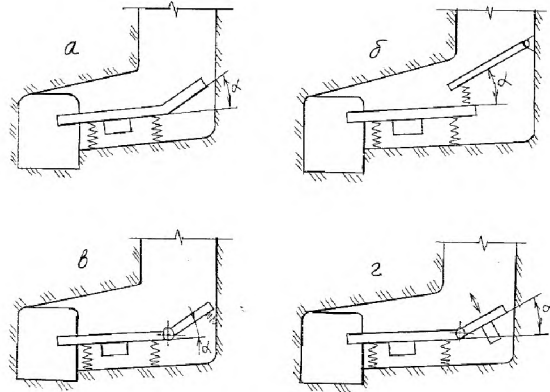
Отже, виконання робочого органу віброживильника «у два кути» забезпечує можливість зменшення числа зависань руди, причому чим більше різниця цих кутів (до певної вказаної межі), тим краще.

Постановка задачі. Метою роботи є зниження непродуктивних витрат часу на ліквідацію зависань гірничої маси під час підземного очисного виймання руди за рахунок різних варіантів змінення конфігурації робочого органу віброживильника і забезпечення таким чином більшого ступеня його заглиблення під навал гірничої маси у випускному отворі очисного блоку.

Викладення матеріалу та результати досліджень. Проведений аналіз науково-технічної інформації переконливо довів необхідність конструктивного удосконалення робочих органів віброживильників важкого типу для зниження числа зависань випущеної руди.

Для реалізації поставленої мети рекомендується використання декількох конструктивних варіантів виконання робочого органу вібраційного живильника у «два кути», які забезпечують скорочення числа зависань руди у випускних виробках очисного блоку шляхом підвищення ефективності динамічного впливу на стовп гірничої маси. Деякі можливі з них показані нижче на рис. 3.

Рис. 3. Схеми можливих варіантів виконання робочого органу віброживильника у «два кути»: а – суцільний робочий орган з піднятим завантажувальним кінцем; б – секційний робочий орган з двома окремими секціями; в – те саме, з шарнірно сполученими секціями; г – те саме, з додатковим вібраційним приводом



На усіх принципових схемах пропонувані варіанти віброживильник зображений під невеликим кутом установки до горизонту ($0-10^\circ$) як це прийнято робити у більшості випадків. Кутом α позначена різниця у кутах нахилу основної транспортно-розвантажувальної (передньої) та заглибленої завантажувальної (задньої) частин робочого органу.

Робочий орган при цьому може мати як суцільне виконання і ламану конфігурацію з піднятим завантажувальним кінцем (рис. 3а), так і секційну конструкцію. Остання може бути у вигляді двох окремих секцій (рис. 3б) [14] або шарнірно сполучених між собою (рис. 3в). В усіх цих варіантах заглиблена частина робочого органу не має приводу і отримує коливання від вібробудника основної частини. Утім, на задню секцію можна встановити додатковий вібропривод (наприклад, ударного типу з живленням від шахтної пневмомережі) (рис. 3г) [15]. В нормальному режимі роботи віброживильника працюватиме лише його основний вібратор (звичай, це конструкція інерційного типу з неурівноваженими масами (дебалансами)). У разі ж, коли вібраційного впливу основного приводу не вистачатиме для розблокування зависання руди у випускній виробці, можна буде тимчасово вмикати додатковий вібратор і потужними ударами задньої секції руйнувати їх.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Практичне застосування пропонуваних технічних рішень виконання робочих органів вібраційних живильників важкого типу повинно забезпечити підвищення ефективності процесу випуску гірничої маси під час підземного очисного виймання руди за рахунок зниження числа зависань у випускних виробках. В результаті можна очікувати скорочення простоїв очисних забойів та зростання внаслідок цього величин їх експлуатаційної продуктивності. Крім того, має підвищитися рівень безпеки очисних операцій через зменшення обсягів підривних робіт.

Наступним кроком у розвитку цього напрямку досліджень повинно стати обґрунтування раціонального режиму віброударного впливу на завислу гірничу масу додаткового приводу задньої секції робочого органу живильника.

Список літератури

1. Гірничі машини та обладнання для добування руд: Навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / **Ю.Г. Горбачов, Б.М. Гопкало, А.С. Громадський, О.С. Ліфенцов, М.С. Плішко, В.А. Семенов, А.О. Хруцький, Ю.І. Чумак, І.А. Шиповський** / Під заг. ред. **А.С. Громадського**. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ. – 2017. – 410 с.
2. **Бизов В.Ф.** Гірничі машини. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком «Гірництво». Бібліотека гірничого інженера в 14 томах. Том IX / **В.Ф. Бизов, В.П. Франчук**. – Кривий Ріг: Мінерал, 2004. – 468 с.
3. **Громадський А.С.** Проектування, формування та використання комплексів гірничорудного механізованого обладнання: Навч. посібник / **А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, О.С. Ліфенцов**. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 229 с.
4. **Громадський А. С.** Проектування гірничих машин і комплексів для видобутку та переробки руд: Навч. посіб. для студ. вищих і серед. спец. навч. закладів / **А.С. Громадський, Ю.Г. Горбачов, А.О. Хруцький, О.С. Ліфенцов**. – Кривий Ріг: Видавничий центр КНУ, 2017. – 528 с.
5. **Учитель А.Д.** Вибрационный выпуск горной массы / **А.Д. Учитель, В.В. Гушин**. – М.: Недра, 1981. – 232 с.
6. **Каварма И.И.** Комплексы поточного транспорта для подземной разработки крепких руд / **И.И. Каварма, А.В. Бровко**. – М.: Недра, 1986. – 86 с.
7. **Искович-Лотоцкий Р.Д.** Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій / **Р.Д. Искович-Лотоцкий, Р.Р. Обертюх, І.В. Севостьянов** // – Вінниця: Універсум, 2006, - 291 с.
8. **Blechman I.I.** Revisiting the models of vibration screening process / **I.I. Blechman, L.I. Blechman, L.A. Vaisberg, K.S. Ivanov**. – Vibroengineering PROCEDIA, 2014, V. 3, PP. 169-174.
9. **Гончаревич И.Ф.** Вибротехника в горном производстве / **И.Ф. Гончаревич**. – М.: Недра, 1992. – 319 с.
10. Вибрационные машины для выпуска и доставки руды / **В.Н. Потураев, В.И. Дырда, О.К. Авдеев, И.К. Поддубный, В.П. Надутий, Н.Г. Кравченко, В.Н. Платонов, В.И. Финюгеев**. – К.: Наукова думка, 1981. – 152 с.
11. Вибрации в технике: Справочник. Вибрационные процессы и машины, т. 4 / Под ред. **Э.Э. Лавендела**. - М.: Машиностроение, 1981. – 509 с.
12. **Франчук В.П.** Инженерные методы расчета и выбора динамических параметров вибрационных грохотов, конвейеров, питателей / **В.П. Франчук** // Збірник «Збагачення корисних копалин». Випуск 12 (53). – Дніпропетровськ: НГУ, 2001. – С. 126-143.
13. **Кальницкий А.М.** Расчет фактической производительности вибропитателя для выпуска и доставки руды / **А.М. Кальницкий** // Шахтный и карьерный транспорт. Вып. 11. – М.: Недра, 1990. – С. 151-154.
14. Вибродоставочные комплексы в технологиях разработки рудных месторождений / **В.Н. Потураев, В.И. Дырда, И.К. Поддубный, О.К. Авдеев, Н.А. Гордиенко, А.В. Коваль, В.И. Финюгеев, Н.И. Лисица, А.Х. Дудченко**. АН УССР, Ин-т геотехнической механики – К.: Наукова думка, 1989. – 168 с.
15. **Марюсиук О.С.** Дослідження та удосконалення конструкції віброживильника для випуску руди з блоку: Випускна кваліфікаційна робота магістра. Рукопис / **О.С. Марюсиук**. – Кривий Ріг: КНУ, 2022. – 73 с.

Рукопис подано до редакції 27.04.2023

УДК 692.21:699.844

Р.О. ТИМЧЕНКО, д-р техн. наук., проф., **Д.А. КРИШКО**, канд. техн. наук, ст. викладач,
Д.З. ПАВЛИШАК, магістрант,
Криворізький національний університет

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ЛЕГКИХ ОГОРОДЖЕНЬ ПІДВИЩЕНОЇ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ

Мета. Розробка ефективних конструктивних рішень багатошарових легких огорожень підвищеної звукоізоляції.

Методи дослідження. Використовувався теоретичний метод дослідження. Інженерний розрахунок виконували графоаналітичним методом, у якому використовують безпосередні залежності характеристик звукоізоляції від параметрів конструкцій, що змінюються під час проектування.

Наукова новизна. Отримано показники частотних характеристик ізоляції повітряного шуму звукоізолювальних асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів, що забезпечують порівняно з базовими більш високу акустичну та економічну ефективність. Запропоновано рекомендації з проектування типових технічних рішень асиметричних каркасних перегородок, що забезпечують нормативний шумовий режим у приміщеннях житлових і громадських будівель, а також допоміжних будівель виробничих підприємств.

Практична значимість. Доведено можливість підвищення звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками порівняно зі звукоізоляцією симетричними (базовими) каркасно-обшивними перегородками. Розглянуто конструктивні рішення звукоізолюючих асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів, що дають змогу розширити можливість застосування цих конструкцій у будівлях різного типу за рахунок підвищення їхньої звукоізоляції в нормованому діапазоні частот, при цьому зменшуючи матеріальні витрати на їхнє зведення. Запропоновано рекомендації з проектування конструкцій звукоізолюючих асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів.

Результати. Знайдено кількісні залежності звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками від маси і кількості шарів обшивок у всьому нормованому діапазоні частот від 100 до 3150 Гц. Техніко-економічний аналіз вартості монтажу симетричних (базових) і асиметричних каркасних перегородок доводить ефективність застосуван-

Малих Д.Ю., Єременко Г.І., Тітов Д.А. Уточнення розрахунку руйнування гірських порід свердловинними зарядами з диференційовано розподіленою ВР в їх рядах

Мета. Уточнення розрахунків при математичному моделюванні взаємодії свердловинних зарядів, у яких частини вибухової речовини розосереджені по довжині свердловини інертним матеріалом, які підриваються послідовно. При цьому проаналізовано особливості динамічного навантаження скельного масиву, який підривається, в залежності від послідовності відривання цих зарядів та їх частин. Це уточнення стосується удосконалення методики параметричних розрахунків і спрямоване на вирішення актуальної проблеми – зниження питомої витрати вибухових речовин для руйнування скельних гірських порід.

Методи дослідження. Аналіз геомеханічних процесів математичним моделюванням динамічного напруження породного масиву вибухом на відкритих гірничих розробках.

Наукова новизна дослідження полягає в уточненні закономірностей взаємодії енергії вибуху свердловинних зарядів спеціальної конструкції з оточуючим їх скельним масивом.

Практичне значення. Подальший розвиток і виробниче застосування результатів досліджень забезпечить значне зниження собівартості залізородної продукції за рахунок підвищення ефективності бурових і вибухових робіт у залізородному кар'єрі.

Результати. Для теорії і практики ведення вибухових робіт важливо знати особливості формування і взаємодії силових полів свердловинних зарядів ВР, що підривають із затримкою. Основну роль в процесі руйнування гірського масиву за цих умов відіграє конструкція підривних свердловинних зарядів. Підбором мас зарядів з різним співвідношенням їх частин в свердловинах послідовних рядів і варіюванням тривалості затримки між вибухами можна регулювати процес вибухового навантаження в залежності від конкретних гірничо-геологічних умов ведення вибухових робіт. За рахунок зміни способів формування і порядку підривання зарядів ВР в руйнованому обсязі, можна впливати на процес руйнування, знаючи особливості формування силових полів. З огляду на часові та геометричні характеристики породного масиву, можна припустити, що його напружений стан буде повністю відповідати фізичним параметрам інтегральної зони, за яких вірата енергії вибухових хвиль мінімізується. Отримані результати можуть бути використані для розробки вибухових технологій, заснованих на руйнуванні гірського масиву, приведенного попередньо в напружений стан від вибуху зарядів ВР, конструкція яких пропонується авторами даного дослідження.

Ключові слова: гірська порода, вибух, вибухове руйнування, скельне середовище, свердловинні заряди

Malykh D.Yu., Yeremenko G.I., Titov D.A. Calculating the destruction of mountain rocks by drilling charges with differentially distributed explosives in their series

Purpose. To increase the accuracy of calculations in the mathematical modeling of the interaction of well-hole charges, in which parts of the explosive substance are dispersed along the length of the well with inert material, which are detonated sequentially. The peculiarities of the dynamic load of the rock massif being blown up were analyzed, depending on the sequence of separation of these charges and their parts. This clarification relates to the improvement of the parametric calculation method and is aimed at solving the actual problem – reducing the specific consumption of explosives for the destruction of rocky massif.

Research methods. Analysis of geomechanical processes by mathematical modeling of the dynamic stresses of a rock mass by an explosion in open pits.

Scientific novelty. Clarifying the regularity of interaction of the explosion energy of borehole charges of a special design with the rock massif surrounding them.

Practical significance. Further development and industrial application of research results ensures a significant reduction in the cost price of iron ore products due to increased efficiency of drilling and blasting operations in iron ore pits.

Results. For the theory and practice of blasting, it is important to know the features of the formation and interaction of the force fields of borehole charges that detonate with a delay. The main role in the process of destruction of the mountain mass under these conditions is played by the design of blasting well charges. By selecting the masses of charges with different ratios of their parts in wells of successive rows and varying the duration of the delay between explosions, it is possible to regulate the process of explosive loading depending on the specific mining and geological conditions of blasting operations. By changing the methods of formation and the order of detonation of charges in the destroyed massif, it is possible to influence the process of destruction, knowing the peculiarities of the formation of force fields. Given the temporal and geometric characteristics of the rock massif, it can be assumed that its stressed state will fully correspond to the physical parameters of the integral zone, under which the loss of blast wave energy is minimized. The obtained results can be used for the development of explosive technologies based on the destruction of a rock mass previously brought into a tense state by the explosion of explosive charges, the design of which is proposed by the authors of this study.

Key words: rock, blasting, explosive destruction, rock massif, borehole charges.

УДК 622.646:621.86.067.2

Горбачов Ю.Г., Хруцький А.О., Громадський Вік.А., Марюсик О.С. Удосконалення важкого віброживильника з метою зниження числа зависань руди у випускній виробці

Мета. Підвищення експлуатаційної продуктивності віброживильників важкого типу, зайнятих на випуску гірничої маси з очисних блоків залізородних шахт. Внаслідок нерівномірності гранулометричного складу відбитої руди у блоці та наявності певного відсотку шматків негабаритних розмірів випуск гірничої маси, незважаючи на інтенсифікацію процесу за допомогою вібрації, все ж таки супроводжується зависаннями та утворенням склепін у випускних виробках. Ліквідація зависань як механічним, так і підривним способами пов'язана зі значними витратами робочого часу та вибухівки, а також високою небезпекою для обслуговуючого персоналу. Зниження числа зависань руди сприятиме суттєвому підвищенню ефективності використання віброживильників та зростанню експлуатаційної продуктивності очисного блоку.

Методи дослідження. Аналіз процесу випуску гірничої маси з очисних блоків підземних рудників показує, що заміна некерованого гравітаційного випуску руди вібраційним забезпечує можливість значного його прискорення. Але

повністю позбавитися зависань та склепувань матеріалу у випускних виробках при цьому не вдається. На підставі вивчення закономірностей вібраційного витікання сипких вантажів з ємностей зроблено висновок про необхідність підвищення інтенсивності впливу робочого органу вібромашини на матеріал.

Наукова новизна. Запропоновано підвищення ступеня заглиблення робочого органу віброживильника під навал стовпа гірничої маси у випускній виробці шляхом змінення його конфігурації та використання принципу секційності.

Практична значимість. Удосконалення конструкції віброживильника дасть можливість підвищити інтенсивність динамічного впливу робочого органу машини на гірничу масу у випускній виробці, забезпечити безупинний процес її витікання та сприятиме руйнуванню утворених зависань.

Результати. Запропоновано технічні рішення для зменшення числа зависань під час вібраційного випуску руди віброживильниками важкого типу за рахунок удосконалення конструкції робочого органу.

Ключові слова: випуск руди з очисних блоків, зависання руди, експлуатаційна продуктивність, віброживильник важкого типу, вібропривод, робочий орган віброживильника у «два кута».

Horbachov Yu.G., Khrutskiy A.O., Hromadskiy V. A., Maryusik O.S. A heavy feeder improvement to reduce numbers of ore suspensions in the discharge working

Purpose. To increase the operational productivity of heavy-type vibratory feeders used for the release of mining mass from the cleaning blocks of iron ore mines. Due to the unevenness of the granulometric composition of the reflected ore in the block and the presence of a certain percentage of oversized pieces, the release of mining mass, despite the intensification of the process with the help of vibration, is still accompanied by suspensions and the formation of vaults in the output workings. The elimination of suspensions by both mechanical and explosive methods is associated with significant costs of working time and explosives, as well as significant danger for service personnel. Reducing the number of ore suspensions will contribute to a significant increase in the efficiency of the use of vibratory feeders and an increase in the operational productivity of the treatment unit.

Research methods. The analysis of release of mining mass from the cleaning blocks of underground mines shows that the replacement of the uncontrolled gravitational release of ore by vibration provides the possibility of its significant acceleration. However, it is not possible to completely get rid of suspensions and crypt formations of material in final products. Based on the study of the patterns of vibrational outflow of bulk cargo from containers, a conclusion was made about the need to increase the intensity of the impact of the working body of the vibrating machine on the material.

Scientific novelty. It is proposed to increase the degree of deepening of the working body of the vibratory feeder under the mass of the column of mining mass in the final product by changing its configuration and using the principle of sectional parts.

Practical significance. Improving the design of the vibratory feeder increases the intensity of the dynamic impact of the working body of the machine on the mining mass in the final product, ensures a continuous process of its outflow and contribute to the destruction of the formed suspensions.

Results. Technical solutions for reducing the number of suspensions during the vibration release of ore by heavy-type vibratory feeders due to the improvement of the design of the working body are proposed.

Key words: release of ore from the treatment blocks, ore hang-ups, operational performance, heavy-type vibrating feeder, vibrating drive, working body of the vibrating feeder in the "two corners".

УДК 692.21:699.844

Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Павлишак Д.З. Конструктивні рішення багатопарових легких огорожень підвищеної звукоізоляції

Мета. Розробка ефективних конструктивних рішень багатопарових легких огорожень підвищеної звукоізоляції.

Методи дослідження. Використовувався теоретичний метод дослідження. Інженерний розрахунок виконували графоаналітичним методом, у якому використовують безпосередні залежності характеристик звукоізоляції від параметрів конструкцій, що змінюються під час проектування.

Наукова новизна. Отримано показники частотних характеристик ізоляції повітряного шуму звукоізолювальних асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів, що забезпечують порівняно з базовими більш високу акустичну ефективність. Запропоновано рекомендації з проектування типових технічних рішень асиметричних каркасних перегородок, що забезпечують нормативний шумовий режим у приміщеннях житлових і громадських будівель, а також допоміжних будівель виробничих підприємств.

Практична значимість. Доведено можливість підвищення звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками порівняно зі звукоізоляцією симетричними (базовими) каркасно-обшивними перегородками. Розглянуто конструктивні рішення звукоізолюючих асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів, що дають змогу розширити можливість застосування цих конструкцій у будівлях різного типу за рахунок підвищення їхньої звукоізоляції в нормованому діапазоні частот, при цьому зменшуючи матеріальні витрати на їхнє зведення. Запропоновано рекомендації з проектування конструкцій звукоізолюючих асиметричних каркасних перегородок з обшивками з гіпсокартонних листів.

Результати. Знайдено кількісні залежності звукоізоляції асиметричними каркасними перегородками від маси і кількості шарів обшивок у всьому нормованому діапазоні частот від 100 до 3150 Гц. Техніко-економічний аналіз вартості монтажу симетричних (базових) і асиметричних каркасних перегородок доводить ефективність застосування асиметричних каркасних перегородок як міжквартирних перегородок, перегородок між приміщеннями офісів, стін і перегородок між робочими приміщеннями допоміжних будівель виробничих підприємств. Застосування цих перегородок дасть змогу знизити витрати на монтаж. Принцип проектування таких конструкцій можна використовувати під час влаштування кабін спостереження на виробництві, шумозахисних екранів систем вентиляції та кондиціонування. На практиці можна домогтися додаткової звукоізоляції близько 3...10 дБ.

Ключові слова: багатопарові легкі огороження, звукоізоляція, каркасні перегородки, гіпсокартонні листи.

Timchenko R.O., Krishko D.A., Pavlishak D.Z. Design solutions of multilayer lightweight enclosures with increased