

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ
ім. М.С. Полякова НАН УКРАЇНИ



Т Е З И

XXI

Всеукраїнської науково-технічної конференції
«ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ»

Конференція присвячена

102-й РІЧНИЦІ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ
АКАДЕМІКА НАН УКРАЇНИ В.М. ПОТУРАЄВА

23 лютого
Дніпро 2024

УДК 622.232
ББК 34.42
П64

Електронний збірник містить тези доповідей, поданих на XXI щорічну науково-технічну конференцію «ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ». Основна частина матеріалів відображує наукові напрями досліджень співробітників Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, а також викладачів, аспірантів і студентів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка».

До тез увійшли також роботи школярів Комунального закладу «Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна» КМР, м. Кам'янське. Дані роботи виконані під науковим керівництвом студентів і аспірантів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні.

Технічна обробка і комп'ютерний набір О.В. Анциферова

© Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», 2024

ОПП «ВІРТУАЛЬНИЙ ДИЗАЙН У МАШИНОБУДУВАННІ»

Професор Заболотний К.С., доценти Федоряченко С.О., Панченко О.В.,
Москальова Т.В., Полушина М.В., Кухар В.Ю.,
асистенти Шкут А.П., Симоненко В.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

У відповідь на стрімкий розвиток інноваційних технологій і зростаючу потребу в інтеграції цих технологій у процеси навчання та професійної діяльності, Національний Технічний Університет «Дніпровська Політехніка» розробив та впроваджує освітньо-професійну програму «Віртуальний Дизайн у Машинобудуванні» для магістрів спеціальності 133 «Галузеве Машинобудування». Ця програма, розроблена колективом кафедри під керівництвом професора Заболотного К.С. та інших визначних викладачів, має на меті підготовку висококваліфікованих спеціалістів, здатних застосовувати сучасні технології віртуального дизайну в машинобудуванні.

Програма акцентує увагу на важливості віртуальної реальності як інструменту для покращення якості освітнього процесу, дозволяючи студентам здобувати практичний досвід та вміння безпосередньо в аудиторіях. Це відповідає світовим освітнім тенденціям, де університети, такі як Лундський університет у Швеції та Массачусетський технологічний інститут у США, уже інтегрували віртуальну реальність у навчальні програми.

Завданням освітньої програми є забезпечення випускників глибокими знаннями та навичками у створенні, аналізі, та візуалізації 3D-моделей машинобудівних виробів з використанням передових комп'ютерних технологій.

Випускники зможуть створювати детальні 3D-моделі, аналізувати їх на предмет працездатності, надійності та інших характеристик, а також візуалізувати моделі для оцінки з візуальної точки зору. Крім того, програма надає знання щодо застосування віртуального дизайну для оптимізації конструкцій машинобудівних виробів, підвищуючи тим самим ефективність і якість розробок (<https://www.youtube.com/watch?v=qFQwXHQnHwQ&t=12s>).

Спеціальні освітні компоненти програми охоплюють сучасні тренди в промисловому дизайні, ергономіку, композицію, інтеграцію технологій 3D моделювання та візуалізації, а також розробку інноваційних дизайн-проектів. Особлива увага приділяється етичним та екологічним аспектам у машинобудуванні, зокрема через вивчення дисциплін, як-от «Технології 3D друку та прототипування» та «Композитні матеріали у дизайн-проектах машинобудування».

Програма «Віртуальний Дизайн у Машинобудуванні» є логічним продовженням концепції підготовки інженерів у віртуальних технологіях, успішно впровадженої на бакалаврському рівні, і формує міцний зв'язок між бакалаврськими та магістерськими програмами, забезпечуючи цілісний освітній шлях для студентів. Підтримка від стейкхолдерів, включаючи провідних конструкторів та директорів з провідних підприємств та наукових установ, свідчить про актуальність та важливість програми в контексті сучасних викликів та потреб технологічного світу.

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛАСТОМЕРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ВІБРОСЕЙСМОЗАХИСТУ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Булат А.Ф.¹, Лисиця М.І.¹, Мар'єнков М.Г.², Агальцов Г.М.¹,
Лисиця Н.М.³, Новікова А.В.¹

¹ ІГТМ НАН України, ² НДІ БК, ³ ДНУ ім. О. Гончара

Системи вібросейсмосахисту призначені для зниження реакцій будівельних об'єктів і їх захисту від землетрусів, динамічних дій підземного, автомобільного, залізничного транспорту та ударних хвиль від вибухів. На теперішній час у світі широко використовуються захисні елементи на основі гумових і гумометалевих конструкцій [1]. Використання сейсмовібросахисту житлових будівель дозволяє знизити сейсмічні навантаження у 2-3 рази; знизити на 3-6 % вартість будівництва; знизити трудовитрати на будівництво на 4-6 %; розширити сферу застосування типових серій за рахунок забудови майданчиків з підвищеною сейсмічністю; підвищити комфортність проживання.

У ІГТМ НАН України для захисту житлових будівель розроблені, запатентовані конструкції та способи монтажу, виготовлені та випробувані гумові віброізолятори 4 типів діаметром 340, 400 і 500 мм, висотою 50 мм та жорсткістю на стиск до 300 т/см. Розрахунок характеристик елементів виконано з використанням кінцево-елементної діаграми моментів для слабкостисних матеріалів. Також були використані статичні випробування гумових елементів (визначені жорсткості на стиск та зсув) та динамічні (визначені дисипативні характеристики).

Розроблені конструкції захисних елементів були використані при будівництві трьох 27-поверхових житлових будівель по Оболонському проспекту в місті Києві (рис. 1) та десяти 10-поверхових будинків по вулиці М. Бойчука у місті Київ (рис. 2) для захисту від впливів метро неглибокого залягання. Також ці елементи були використані при будівництві трьох будинків житлового комплексу по вулиці Під Дубом, 26, місто Львів (рис. 3), для захисту від впливу залізничного транспорту.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

На будівельних майданчиках були використані натурні динамічні випробування вібронавантажень до будівництва та після застосування захисних елементів. Встановлено що у відсутності віброейсмозахисту рівні вібрації перевищували допустимі значення у 1,5-4 рази (від 2,5 до 13 дБ), після закінчення будівництва віброприскорення плит перекриття в октавних смугах 31,5 Гц та 63 Гц на 14-18 дБ (від 6 до 8 разів) менше допустимих рівнів що забезпечують комфортні умови проживання.

Література.

1. Erikawa T 2018 Design procedure and examples of seismic isolation buildings in Japan. In *“International Seminar on Technologies of Earthquake-Resistant Construction”*, Almaty, Kazakhstan, September 17-19, 2018 pp 56-61
2. Bulat A F, Dyrda V I, Lysytsya M I and Grebenyuk S M 2018 Numerical simulation of the stress-strain state of thin-layer rubber-metal vibration absorber elements under nonlinear deformation *Strength of Materials* 50 (3) pp 387-395 <https://doi.org/10.1007/s11223-018-9982-9>

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСЬОВОЇ ЖОРСТКОСТІ ШАХТНИХ ПІДЙІМАЛЬНИХ МАШИН

Проф. Заболотний К.С., доц. Панченко О.В., асп. Симоненко В.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Тенденція збільшення глибини видобутку корисних копалин тягне за собою необхідність винайдення нових заходів, пов'язаних із збільшенням глибини обслуговування самими підймальними машинами, а саме збільшенням канатомісткості самого барабана підйомника. Оптимальним варіантом є використання барабанів ШПМ (шахтної підймальної машини) типу ЦР (циліндричний розрізний), які поєднують у собі переваги одно- та двобарабанних підймальних машин. Для того щоб збільшити канатомісткість барабану ЦР, необхідне подовження обох своїх частин: заклиненої та переставної. Наприклад, для машини ЦР–6,75×6,2/1,95 загальна робоча довжина барабана досягає 6200 мм, при цьому переставна частина має довжину 1950 мм, при цьому відстань між робочим і холодним канатами досягає 38 так званих "порожніх" витків. Збільшення довжини барабана є потенційною проблемою, оскільки більша довжина сприяє зменшенню жорсткості конструкції під дією робочих навантажень, особливо в осьовому напрямку, а це тягне за собою збільшення торцевого биття по краях барабану. Це є негативним фактором під час установлення дискового гальма [1-2].

Раніше було зазначено, що при розрахунку оболонок барабанів можна знехтувати напруженнями кручення від передачі крутного моменту, так як вони дуже малі, а напруження вигину від натягу канатів треба враховувати тільки при довгих оболонках, якщо співвідношення довжини барабану до його діаметру складає більше 3...4.

Щоб збільшити канатомісткість барабану ШПМ треба збільшити його довжину. Виходячи з рекомендацій конструювання барабанів ШПМ маємо, що кут девіації повинен складати не більше $1^{\circ}30'$. Збільшуючи довжину барабану, збільшується і кут девіації і, якщо його значення складатиме більше $1^{\circ}30'$, то виникає проблема, пов'язана з зісковзуванням канату з канавки. З іншої сторони, при збільшенні довжини барабану, щоб повернути значення кута девіації до рекомендованого, потрібно збільшити довжину струни канату, віддаливши машину від ствола шахти, або збільшити висоту копра. Згідно з рекомендаціями проектування, максимальна довжина струни не повинна перевищувати 65 м, оскільки збільшуючи значення довжини струни більше 65 м сприяє появі осьових, та як наслідок, поперечних коливань струни канату, що може призвести до порушення у намотуванні канату на барабан. При довжині більше 65 м прийнято ставити проміжні підтримуючі опори для струни, які в наслідок роботи будуть зношуватись та вимагатимуть додаткового обслуговування.

Збільшуючи довжину барабану виникає збільшення осьового переміщення його торців, що, при використанні дискових гальм, може викликати серйозну проблему. Як вже було зазначено, для машини ЦР–6,75×6,2/1,95, яка працює у комплексі з дисковими гальмами, для безпечної роботи машини, величина торцевого биття гальмових дисків має складати не більше 1,5–2 мм, при цьому зазор між диском та колодкою становить 3 мм.

Щоб продемонструвати актуальність проблеми визначення осьової жорсткості барабанів такого типу було виконано експеримент на прикладі комп'ютерної моделі барабана ЦР–6,75×6,2/1,95 (рис 1), в якому знайдено залежність між довжиною оболонки та значенням осьового переміщення її торцю під дією зовнішнього тиску.

Для цього створено оболонку з параметрами аналогічними до барабану машини ЦР–6,75×6,2/1,95, та прикладено тиск на зовнішню поверхню, моделюючи дію навитого канату.

Виконаємо розрахунок та проаналізуємо епюру осьових переміщень, зображену на рис. 1. Бачимо, що бічна грань переміщується в осьовому напрямку, тобто оболонка подовжується, при цьому переміщення склали 9,389 мм при довжині 7202 мм.

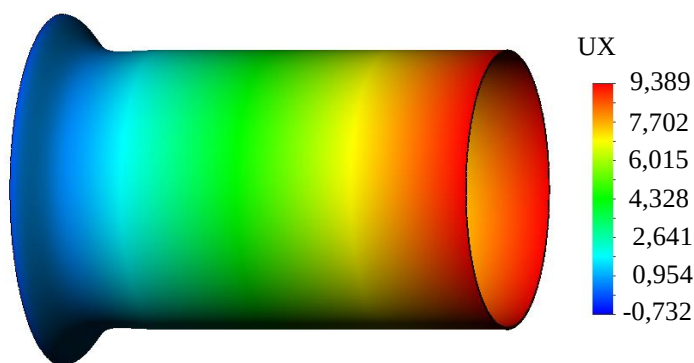


Рис. 1

Проведемо ще три розрахункових випадки, при яких будемо зменшувати довжину оболонки на 25%. В результаті розрахунків виведемо залежність значення осьового переміщення від відношення довжини барабану до діаметру оболонки (рис. 2). В результаті отримаємо значення торцевого биття оболонки 6,942, 4,494 та 2,061 мм для оболонок довжиною 5402, 3602 та 1802 мм.

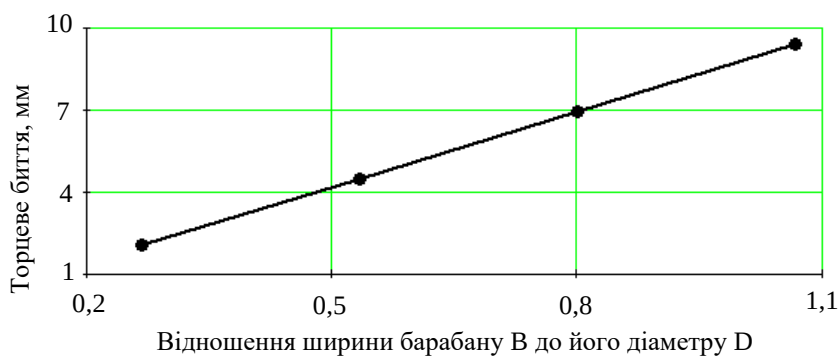


Рис. 2

Аналізуючи графік робимо висновок, що чим більше значення відношення довжини оболонки, тим більше переміщення бокової грані при сталому зовнішньому тиску.

У зв'язку з цим можна сказати, що

збільшення довжини барабану шахтної підйомальної машини може привести до великого значення торцевого биття гальмового диску при роботі, що може унеможливити використання дискових гальм. Все вище сказане доводить актуальність дослідження осьової жорсткості для можливості використання дискових гальм у підйомальних машинах з довгими барабанами.

Література.

1. Ilin S.R., Samusia V.I., Ilina I.S., Ilina S.S., 2016. Influence of dynamic processes in mine hoists on safety exploitation of shafts with broken geometry. *Scientific bulletin of the National Mining University*, No. 3, pp. 42–47.
2. Zabolotnyi, K., Zhupiev, O., & Molodchenko, A. (2015). Analysis of current trends in development of mine hoists design engineering. *New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*, 175-179.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА

Професор Франчук В.П., доцент Анциферов О.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Для тонкого подрібнення міцних і абразивних матеріалів перспективним є використання вертикальних вібраційних млинів (МВМ), які забезпечують віброударний режим взаємодії технологічного навантаження з подрібнювальними тілами, кришкою і днищем камери. У цьому разі підвищується ефективність руйнування твердих та абразивних матеріалів і зменшується зношування помольних тіл.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що віброударний спосіб подрібнення призводить до активації матеріалів. Це проявляється в набутті ними нових поліпшених властивостей. Причиною даних механохімічних реакцій є температурні ефекти в точках ударної взаємодії куль із кристалічними частинками порошку.

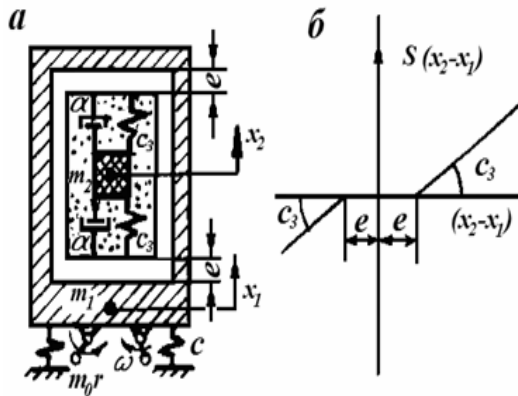


Рис. 1

Звідси важливого значення набуває задача розрахунку режимів роботи вертикального вібраційного млина, за яких реалізується віброударний спосіб навантаження.

Метою дослідження є побудова розрахункової схеми взаємодії помольної камери і технологічного завантаження вертикального вібраційного млина. На цій основі потрібно отримати енергетичні залежності процесу подрібнення як

функції від співвідношення мас робочий орган – завантаження з урахуванням використовуваного типу приводу.

Розрахункову схему МВМ з інерційним вібробудником після приведення технологічного навантаження до системи з дискретними параметрами наведено на рис. 1, а. Тут технологічне навантаження за один період коливань двічі взаємодіє з робочим органом (днище і кришка). характеристика наведеної пружної відновлювальної сили технологічного навантаження є кусочно-лінійною із симетричною нелінійністю (рис. 1, б).

Вважаємо, що в усталеному режимі роботи млина зазор між технологічним навантаженням і днищем (або кришкою) помольної камери дорівнює половині зазору Δ між технологічним навантаженням і кришкою секції в статичному положенні млина, тобто $e = 0,5\Delta$.

Диференціальні рівняння, що описують рух системи, можна подати як

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + c x_1 + \varepsilon \mu c \dot{x}_1 + S(x_1 - x_2) + \varepsilon \alpha (x_1 - x_2) (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= \varepsilon m_0 r \omega^2 \sin \omega t, \\ m_2 \ddot{x}_2 - S(x_1 - x_2) - \varepsilon \alpha (x_1 - x_2) (\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де ε – параметр, що вказує на малість члена, що стоїть при ньому;

$$\alpha(x_1 - x_2) = \begin{cases} \alpha_1 & \text{при } x_1 - x_2 > e \text{ и при } x_1 - x_2 < -e, \\ \alpha_2 & \text{при } -e < x_1 - x_2 < e. \end{cases} \quad (2)$$

Функція пружної відновлювальної сили технологічного навантаження $S(x_1 - x_2)$ графічно представлена на рис. 1, б. Аналітично вона може бути записана як

$$S(x_1 - x_2) = \begin{cases} 0 & \text{при } -e < x_1 - x_2 < e; \\ c_3(x_1 - x_2) - c_3e & \text{при } e < x_1 - x_2 < \infty; \\ c_3(x_1 - x_2) + c_3e & \text{при } -\infty < x_1 - x_2 < -e. \end{cases} \quad (3)$$

Для розв'язання даних диференціальних рівнянь використовується метод Крилова-Боголюбова. При цьому розглядаються два типи приводів – інерційний спрямованої дії та жорсткий ексцентриковий. Порівняння проводиться за енергією взаємодії технологічного навантаження і помольної камери в моменти їхньої ударної взаємодії.

Для інтенсифікації процесу подрібнення матеріалу у вертикальному вібраційному млині з інерційним віброзбудником необхідно збільшувати масу помольної камери. Але при цьому збільшується матеріаломісткість системи. У

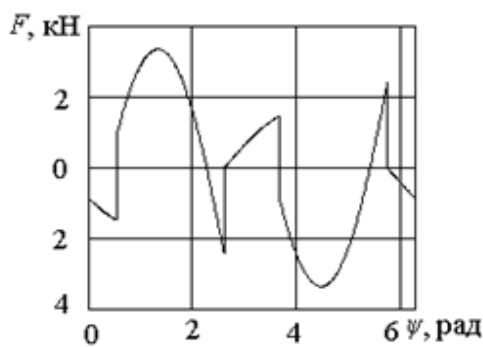


Рис. 2

цьому випадку значні переваги мають млини з жорстким ексцентриковим віброзбудником.

Порівняльний аналіз отриманих залежностей показує, що закон руху технологічного навантаження і енергія, що передається йому, в млинах із жорстким ексцентриковим приводом не залежать від співвідношення мас навантаження і

помольної камери. Дещо ускладняється осцилограма зусилля в приводі (рис. 2) через вплив нелінійності, яку вносить технологічне навантаження.

Висновки.

1. Вертикальні вібраційні млини мають спрямовані рухи помольних тіл, руйнування вихідного матеріалу в них здійснюється роздавлюванням (прямим ударом) за мінімального впливу зсувних (стираючих) навантажень. Це дає змогу ефективно руйнувати міцні й абразивні матеріали та отримувати матеріали з новими властивостями.

2. У вертикальному вібраційному млині з жорстким ексцентриковим віброзбудником параметри руху технологічного навантаження і передана йому енергія не залежать від співвідношення мас технологічного навантаження і помольної камери. Співвідношення мас позначається на величині зусилля у віброзбуднику, проте питомі витрати енергії на тертя в підшипникових вузлах менші, ніж в інерційного приводу, особливо якщо врахувати, що загальний об'єм млина розподіляється на дві помольні камери.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ЖИВИЛЬНИКІВ З ВІБРОУДАРНИМ ПРИВОДОМ ПРИ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Д.т.н., проф. Шевченко В.Г., д.т.н., с.н.с. Шевченко Г.О., к.т.н. Сухарєв В.В.,
пошукувач Слущкий О.М., пошукувач Мороз А.І.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Ph.D, Associate professor Jamil Haddad

Al-Balqa Applied University, Amman, Jordan

В умовах видобутку корисних копалин підземним способом проводиться буріння свердловин, підрив, випуск та доставка руди. Найбільш складною ланкою у цих системах є випуск руди, що обумовлюється недосконалістю механізмів для випуску і доставки та геометрією виробок.

З метою покращення якості очисних робіт широко застосовуються вібраційні живильники для випуску руди з блоків та доставки її в межах очисного вибою [1]. Але параметри коливань типових одномасних вібраційних живильників суттєво залежать від навантаження на лоток та зменшуються з його зростанням, що, відповідно, приводить до зменшення поширення вібрації у масиві сипкого середовища. Тому при роботі під завалом гірською масою можливе суттєве зниження чи повне припинення коливань лотка живильника і, відповідно, вібровипуску руди. Для його відновлення необхідно зменшити навантаження на лоток, яке зазвичай здійснюється за допомогою руйнування негабаритних кусків гірської маси за допомогою вибухів над лотком віброживильника, що є небезпечною операцією. Таким чином, підвищення ефективності роботи віброживильників є актуальним завданням.

Одним з перспективним напрямків вирішення цієї проблеми є використання в живильниках вібраційних віброударних приводів, розроблених в ІГТМ, в яких, в залежності від початкових умов, можуть реалізуватися два режими, безударний і віброударний з полічастотним збудженням і прискореннями, що істотно перевищують прискорення в лінійних системах типових живильників [2]. При полічастотному збудженні лотка живильника покращується рухомість технологічного середовища, що особливо важливо для боротьби з зависаннями і злипанням матеріалів у бункерах. Також, при зростанні навантажень на лоток живильника змінюються фази коливань лотка і ударника віброударного приводу з практично синфазних до антифазних, зростають динамічні проміжки пружних зв'язків, в наслідок чого віброударний привід живильника адаптується до зміни навантаження, шляхом зростання параметрів коливань і кінетичної енергії ударника, таких як його прискорення, яке в звичайному режимі роботи не перевищує рівня 100 м/с^2 , що сприяє подовженню ресурсу експлуатації живильника, то під час короткострокового режиму «під завалом» прискорення ударника зростають в декілька раз, це в більшості випадків достатньо для продовження безупинної роботи живильника.

Література.

1. Батраков Д. В. Применение вибрационных питателей для выпуска руды в условиях железорудных шахт Криворожского бассейна / Д. В. Батраков // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. пр. – Кривий Ріг, 2013. – Вип. 34. – С. 104–108.
2. Шевченко, Г.А. Исследования режимов колебаний виброударного осцилятора / Г.А. Шевченко, А.А. Бобылёв, М.А. Ишук // Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях”. – 2012. – №1 (65). – С. 56-59.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДЕГАЗАЦІЙНИХ СВЕРДЛОВИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОХОРОНИ ВІЙМКОВОГО ШТРЕКУ

Докт. техн. наук Круковська В.В., член.-кор. АН України, докт. техн. наук
Круковський О.П., канд. техн. наук Кочерга В.М.
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

За допомогою методів чисельного моделювання в роботі досліджено вплив охорони виймкового штреку на процес фільтрації метану у вуглепородному масиві та ефективність роботи системи дегазацийних свердловин [1, 2]. Розглянуто гірничу виробку, проведену у шаруватому, газоносному масиві гірських порід, закріплену рамно-анкерним кріпленням, з двома дегазацийними свердловинами і з охоронними спорудами 6, 8-10, рис. 1.

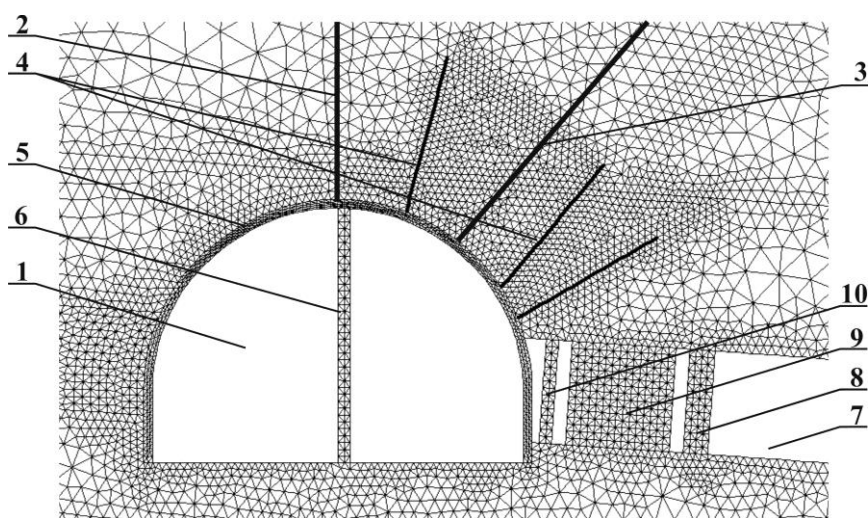


Рисунок 1 – Центральний фрагмент скінченно-елементної сітки: 1 – виробка; 2 – свердловина №1; 3 – свердловина №2; 4 – сталево-полімерні анкери; 5 – рамне кріплення; 6 – ремонтна; 7 – вироблений простір; 8 – 2 ряди органного кріплення; 9 – бутокостер; 10 – стійка

Розрахунки проводились поетапно: розраховувалось поле напружень і зони непружних деформацій (рис. 2), на їх основі обчислювалось поле коефіцієнтів проникності порід [3, 4], потім – параметри процесу фільтрації метану.

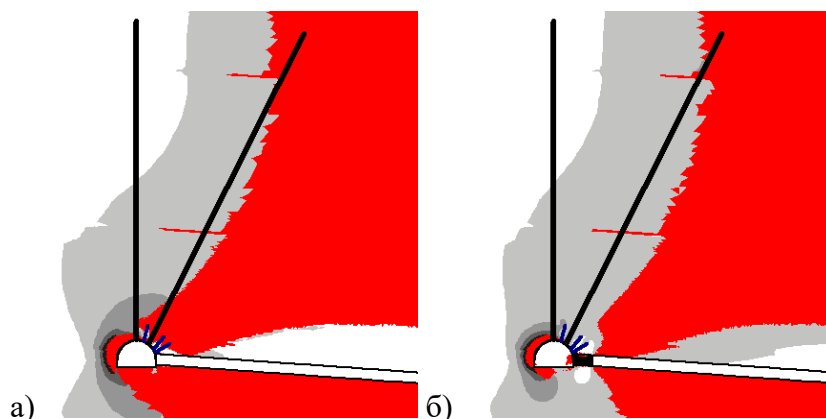


Рисунок 2 – Зони непружних деформацій: а) без застосування охоронних конструкцій; б) з охоронними конструкціями

В першому випадку (рис. 2а) нічим не підтримувана права частина покрівлі виробки руйнується, цілісність свердловини №2 порушена. Завдяки застосуванню охоронних конструкцій (рис. 2б) породно-анкерна консоль над виробленим простором утримується у стійкому стані, дегазаційні свердловини не перетинають межі області непружних деформацій і зберігають свою працездатність навіть після проходу лави. Дегазаційні свердловини працюють тільки в другому випадку (рис. 3б), коли тиск газу в тріщинно-поровому просторі порід навколо них падає. При цьому дебіт метану в двох свердловинах сягає $4,61 \text{ м}^3/\text{хв}$.

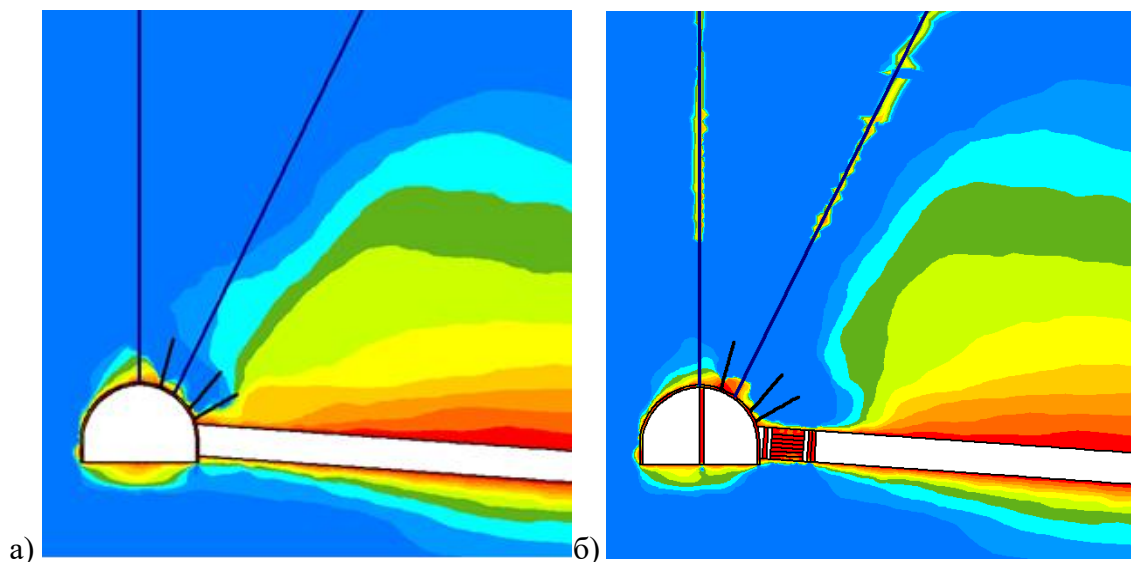


Рисунок 3 – Відносний тиск метану: а) без застосування охоронних конструкцій; б) з охоронними конструкціями

Дебіт метану в дегазаційній свердловині мінімальний при її розташуванні за межами області фільтрації, що оточує вироблений простір, досягає найбільших значень на межі із зоною непружних деформацій. Але перетин цієї межі призводить до руйнування свердловини.

Література.

1. Krukovska V.V., Kocherga V.M. Influence of the method of gate road protection on the operating efficiency of methane drainage boreholes. III International Conference «Essays of Mining Science and Practice». IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2022. – №970. 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/970/1/012045>
2. Krukovska V.V., Krukovskiy O.P., Kocherga V.M., Kostrytsia A.O. (2022). Solving coupled problems of geomechanics and gas filtration for mining safety ensuring. – Geo-Technical Mechanics. – Dnipro: IGTM NASU. – 2022. – № 160. – P. 106-122.
3. Skipochka S.I., Krukovskiy O.P., Krukovska V.V., Palamarchuk T.A. Features of methane emission in coal mines at high speed longwall face advance. Topical scientific researches into resource-saving technologies of mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Sofia, Bulgaria: Publishing House “St. Ivan Rilski”, 2020. – P. 208-225.
4. Krukovskiy O., Krukovska V., Kurnosov S., Demin V., Korobchenko V., Zerkal V. The use of steel and injection rock bolts to support mine workings when crossing tectonic faults. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Conference "Essays of mining science and practice". – 2023. – № 1156. 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1156/1/012024>

ШАХТА ЯК ОБ'ЄКТ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ: ОСОБЛИВОСТІ ТА ВИКЛИКИ

Член-кор. НАН України Круковський О.П., гол. техн. Шейко А.В.,
к.т.н. Агаєв Р.А., к.т.н. Дудля К.Є.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Зміна гірничо-геологічних, гірничотехнічних та інших факторів в сучасних умовах динамічно впливає на технологічні процеси вугільної промисловості. Це ставить нагальну потребу в постійному вдосконаленні та адаптації заходів, спрямованих на забезпечення безаварійного режиму роботи шахт. Особливу увагу заслуговує питання безпеки ведення гірничих робіт на шахтах, які експлуатуються в умовах воєнних дій, де виникає необхідність їх функціонуванні як об'єктів подвійного призначення.

Шахти, як об'єкти подвійного призначення можуть виконувати розширений спектр завдань, включаючи не лише видобуток корисних копалин, а й захист цивільного населення від загроз воєнних дій, забезпечення доступу до обладнання та матеріалів, а також підвищення ефективності та безпеки виробництва.

Актуальні питання безпеки шахт, як об'єктів подвійного призначення:

- підвищений рівень ризиків: експлуатація шахт ускладнює контроль за параметрами атмосфери та прогнозування ймовірних аварійних ситуацій, що робить питання безпеки людей та обладнання пріоритетним завданням.

- специфіка обмеженого простору: підземні умови експлуатації шахт роблять їх особливо вразливими до ризиків, пов'язаних з втратою енергопостачання, зупинкою вентилятора головного провітрювання, що може призвести до загрози безпеки працівників та зупинки виробництва.

Аналіз аварійності на шахтах:

- статистичні дані: протягом останніх років спостерігається стійка тенденція до зростання аварійності на українських шахтах, що свідчить про нагальну потребу в комплексних заходах, спрямованих на посилення безпеки гірничих робіт [1].

- характеристика аварій: зростає кількість підземних пожеж, екзогенних аварій, а також випадків, пов'язаних з руйнуванням гірничої маси та вибухами газу, що призводить до значних людських та економічних втрат [2].

Серед заходів для запобігання аваріям важливе значення має скрупульозне дотримання правил охорони праці: регулярні перевірки та техобслуговування обладнання, проведення технічних оглядів, забезпечення високої кваліфікації персоналу, впровадження заходів, спрямованих на мінімізацію впливу стихійних лих. Впровадження сучасних технологій: моніторинг та автоматизація виробничих процесів, контроль параметрів атмосфери, прогнозування ризиків аварійних ситуацій. Підвищення рівня кваліфікації персоналу: регулярні навчання та тренінги з питань безпеки праці, в тому числі з урахуванням специфіки роботи шахт подвійного призначення. Розробка та впровадження комплексної системи управління ризиками: ідентифікація, оцінка та пріоритезація ризиків, розробка та впровадження

планів реагування на надзвичайні ситуації. Співпраця з науковими та дослідницькими інститутами: розробка та впровадження нових методів та технологій забезпечення безпеки гірничих робіт.

Одним із найважливіших аспектів безпеки праці та виробництва є забезпечення стійкого провітрювання шахт. Існують два основних методи забезпечення провітрювання: механічне та провітрювання природною тягою. Обидва методи мають свої переваги та обмеження, але в контексті воєнних дій провітрювання природною тягою може виявитися критичним у разі непередбачених ситуацій.

Механічне провітрювання використовується як у мирний час, так і під час бойових дій, якщо це можливо. Цей метод передбачає використання вентиляторів та інших технічних засобів для забезпечення необхідного руху повітря у шахті. Для безперебійної роботи вентиляційного обладнання необхідне стабільне джерело енергії. Однак у воєнних умовах це може бути важким або навіть неможливим через можливе пошкодження енергоінфраструктури.

Провітрювання природною тягою використовується як резервний варіант, коли механічне провітрювання вийде з ладу, або як основний метод у разі тривалих перебоїв з енергопостачанням. Цей метод ґрунтується на різниці температури та тиску повітря всередині та зовні шахти, що призводить до природного руху повітряного потоку. Він не вимагає електроенергії для роботи, що робить його незалежним від зовнішніх факторів. Однак його ефективність залежить від кліматичних умов, глибини шахти, її конструкції та інших факторів.

Для забезпечення ефективності провітрювання шахт подвійного призначення важливо регулярно проводити огляди та ремонт вентиляційних систем. Герметичність гірничих виробок також має велике значення, оскільки будь-які просочення можуть знизити ефективність провітрювання. Використання сучасних засобів автоматичного контролю та управління вентиляцією дозволяє вчасно виявляти та розв'язувати проблеми з провітрюванням.

Забезпечення безпеки шахт в умовах воєнних дій є складним завданням, яке потребує комплексного підходу та застосування сучасних технологій. Провітрювання, як один із ключових елементів безпеки, вимагає уваги до деталей та ефективного використання ресурсів. Оптимізація систем провітрювання та постійне вдосконалення методів запобігання аваріям є важливими кроками для забезпечення безпеки працівників та нормального функціонування шахт.

Література

1. Звіт про результати аудиту ефективності використання коштів державного бюджету, виділених на проведення гірничорятувальних заходів і заходів з охорони праці та підвищення техніки безпеки на вугледобувних підприємствах Рахункова палата. Київ 2020. 45 с.
2. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. Київ 2019. 277 с.

СТІЙКІСТЬ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК, ЩО ПРОВОДЯТЬСЯ ПО ВИРОБЛЕНОМУ ПРОСТОРУ РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЛАВИ

Член-кор. НАН України, докт. техн. наук Круковський О.П.,

докт. техн. наук Круковська В.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Спосіб проведення капітальних виробок, їх кріплення, а також розташування щодо меж очисних робіт дуже впливають на їх стійкість. В даній роботі виконано чисельне дослідження напруженого стану шаруватого породного масиву з капітальними виробками, розташованими у виробленому просторі раніше відпрацьованої лави, для забезпечення їх тривалої стійкості поза впливом і у зоні впливу очисних робіт. Задача розв'язувалась в пружно-пластичній постановці із застосуванням методу скінчених елементів. Напружений стан порід аналізувався за допомогою геомеханічного параметру, який характеризує різнокомпонентність поля напружень [1]:

$$Q^* = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\gamma H},$$

де σ_1 , σ_3 – максимальна і мінімальна компоненти тензора головних напружень, Па; γ – середня вага розташованих вище гірських порід, Н/м³; H – глибина ведення гірничих робіт, м.

Вважалось, що виробки закріплено комбінованим анкерно-рамним кріпленням з кроком установки 0,5 м [2, 3]. В його складі застосовується рамне кріплення КШПУ-М-20,3 з профілю СВП-33. В кожному ряді встановлюються 8 сталевих-полімерних анкерів довжиною 2,9 м для кріплення покрівлі, 2 анкери довжиною 1,5 м під пласт і 2 канатних анкери довжиною 7 м в покрівлі. Моделювання виконувалось в три етапи. Спочатку розраховувався вплив розвантажувальної лави на стан вміщуючих порід. На другому етапі моделювалось проведення чотирьох виробок по ущільнених породах виробленого простору розвантажувальної лави. При моделюванні властивостей порід у виробленому просторі раніше відпрацьованої розвантажувальної лави межа міцності пісковика і алевроліту знижувалась в 2 рази, модуль пружності – в 5 разів. На третьому етапі виконувалось моделювання роботи примикаючої лави.

Поза впливом очисних робіт, рис. 1а, параметр Q приймає найбільші значення на межі зони обвалених і ущільнених порід раніше відпрацьованої лави, по обидва боки від чотирьох капітальних виробок. Чим нижче значення цього геомеханічного параметру, тим вище стійкість гірничої виробки. Навколо кожної з чотирьох виробок різнокомпонентність поля напружень підвищується, але незначно, значення Q тут не перевищують 1,0. Зростання різнокомпонентності призводить до тріщиноутворення різного ступеню інтенсивності у вміщуючих породах, проте виробки знаходяться у досить стійкому стані. Крім того відсутній взаємний вплив між виробками.

Коли до розглянутих капітальних виробок наближається фронт очисних робіт, навантаження на опорний цілик між границею зупинки очисних робіт і

виробленим простором розвантажувальної лави, так само, як і на кріплення першої капітальної виробки, значно зростає, рис. 1б.

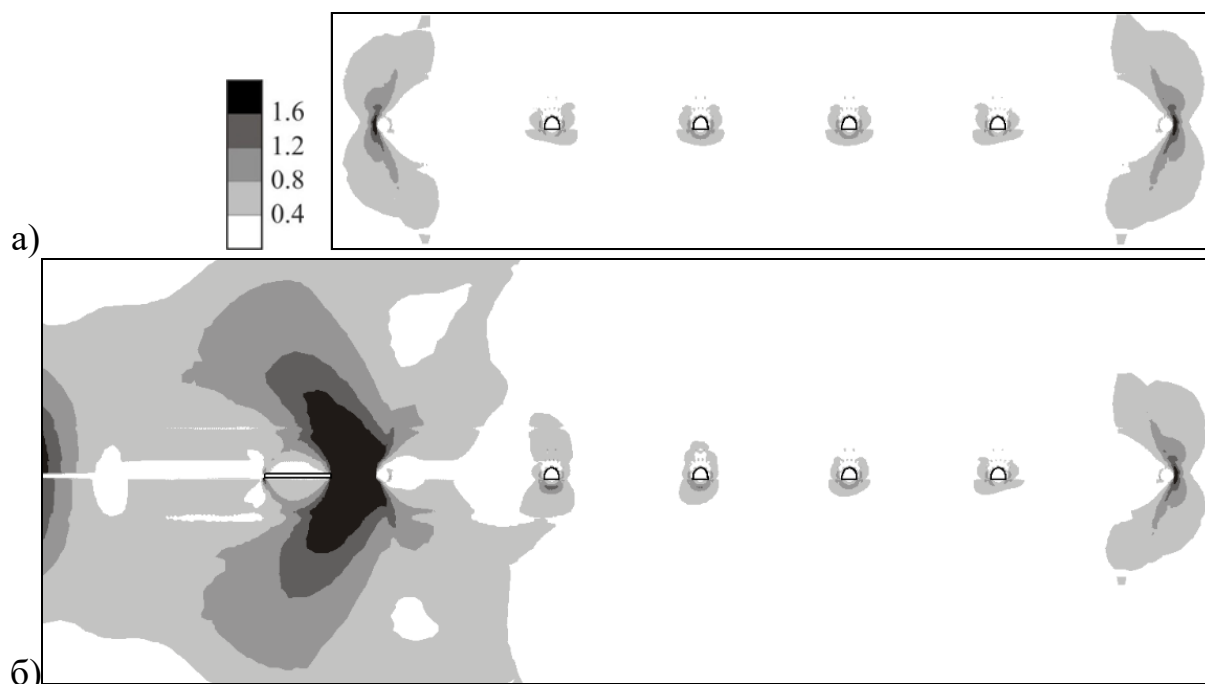


Рисунок 1 – Розподіл значень параметру Q навколо виробок, $H = 930$ м: а) поза впливом очисних робіт; б) при впливі очисних робіт.

При розмірі опорного цілику 80 м вплив очисних робіт поширюється впри- тул до першої виробки і позначається на стійкості другої виробки. Наближення лави призводить до опускання покрівлі першої виробки на 120-208% порівняно з рівнем на етапі стабілізації напружено-деформованого стану. Область підвищеної різнокомпонентності порід навколо першої виробки займає велику площу, її стійкість погіршується, хоча завдяки анкерному кріпленню в її покрівлі ще збережено монолітне породно-анкерне перекриття. Але ширина цілика 80 м є критичною (для прийнятих в роботі гірничо-геологічних умов), подальше зменшення ширини цілику призведе до втрати стійкості першої виробки.

Література.

1. Круковський О.П., Круковська В.В., Адорська Л.Г., Буліч Ю.Ю. Розвиток і застосування технології опорно-анкерного кріплення гірничих виробок в умовах вугільних шахт України. – Вісті Донецького гірничого інституту. – 2022. – № 2(51). – С. 54-66.
2. Круковский А.П. Анализ влияния плотности установки анкерной крепи на состояние при- контурных пород выработки арочного сечения. – Геотехническая механика. – 2011. – Вып. 94. – С. 95-104.
3. Krukovskyi O.P., Krukovska V.V., Bulich Yu.Yu., Zemlianaia Yu.V. Some aspects of develop- ment and application of the bearing-bolt supporting technology. *Resource-saving technologies of raw-material base development in mineral mining and processing. Multi-authored monograph.* – Petroșani: Universitas Publishing, Romania, 2020. – pp. 123-142. <https://doi.org/10.31713/m908>

ДО ПИТАННЯ КОНТРОЛЮ ВИБУХОНЕБЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ВУГІЛЛЯ В КУЛЯСТИХ БАРАБАНИХ МЛИНАХ

Д.т.н. Зберовський В.В., д.т.н. Стасевич Р.К., к.т.н. Власенко В.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України,

Тищенко Є.М. Савоченко Р.О.

Науково-інноваційне підприємство «ДІА»

Подрібнення вугілля в кулястих барабанних млинах (КБМ) або в інших установках для подальшого його спалювання пов'язане з необхідністю контролю якості подрібнення вугілля та його заповнення. Для цього розроблені системи автоматизованого контролю процесів подрібнення та заповнення барабана млина, а також вивчаються і моделюються режими динамічних процесів роботи КБМ. Вирішення окремих завдань пов'язано з проблемою пожежонебезпеки вугільного пилу під час подрібнення вугілля. Актуальність цієї проблеми зросла у зв'язку з переходом на спалювання у котлоагрегатах вугілля середньої стадії метаморфізму, що призвело до виникнення проблеми вибухонебезпечності.

Відомо, що дрібнодисперсне руйнування газового вугілля під час газодинамічних явищ супроводжується збільшенням виділенням газу в атмосферу виробок. Чим більше у масі викиду вугільних часток супермілонітової фракції, розміром від 10 мкм до 250 мкм, тим більше енергія викиду і обсяги виділення газу. При саморуйнуванні вугілля до фази супермілонітів в аліфатичній частині надмолекулярної організації (НМО) вугільної речовини відбуваються структурні зміни. Порушення структурних зв'язків в НМО призводить до утворення нових сполук. Так, при саморуйнуванні макромолекули вугільної речовини марок "Д" і "Г" генерується від 2 до 5 молекул води і метану, а марок "Ж" і "К" - 5 молекул води і від 9 до 14 молекул метану.

При підготовці вугілля до спалювання його спочатку попередньо подрібнюють до зерен розміром 8–10 мм, а потім подрібнюють в шарових млинах до дрібнодисперсного стану - фракція від 50 до 200 мкм. Такий процес підготовки вугілля середньої стадії метаморфізму до згоряння призводить до утворення в барабані млина пилогазової суміші, схильної до окислення, самозаймання та вибуху. Це означає, що проблема газодинамічного чинника вже існує, а методи та засоби контролю газової складової в автоматизованій системі керування процесом подрібнення вугілля відсутні.

Перш за все це пов'язано з недосконалістю або відсутністю методів визначення та засобів вимірювання параметрів вуглегазового середовища в процесі подрібнення вугілля в барабані млина. По-друге, розроблені автоматизовані методи контролю та системи керування процесом подрібнення вугілля не передбачають контролю виділення газу метану в КБМ.

З метою зниження ймовірності пожежі та вибуху в пилогазовому середовищі до барабана млина разом з підігрітим повітрям подають відпрацьовані гази. Це дозволяє зменшити вміст кисню у газовому середовищі, а отже, знижує ризики займання метану та вибуху пилу в КБМ.

Для досягнення цієї мети розроблена структурна схема автоматизованого контролю параметрів та керування режимами роботи КБМ і проведені

дослідження вибухонебезпеки вугільного газу в КБМ при підготовці вугілля до спалювання (рис. 1).

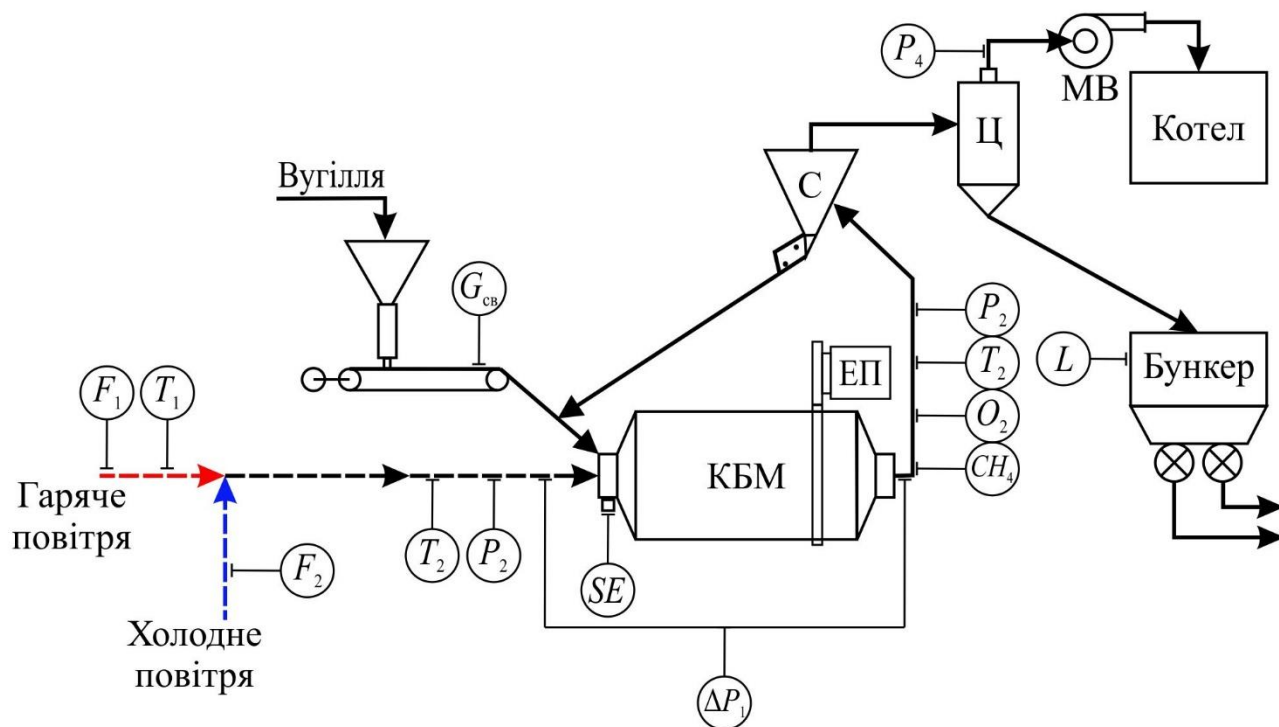


Рис. 1

На схемі позначено: $G_{св}$ – витрата вугілля на подрібнення, т/год.; F_1 – витрата гарячого повітря відпрацьованих газів котлоагрегата, що подається в барабан млина, м³/год.; F_2 – витрата холодного повітря, що подається в барабан млина, м³/год.; N – потужність, споживана електроприводом барабана млина, кВт/год.; T_1 – температура гарячого повітря перед барабаном млина, °C; T_2 – температура холодного повітря перед КБМ, °C; T_3 – температура вугільно-газової суміші на виході з КБМ, °C; P_1 – розрідження повітря перед КБМ, мм.вод.ст; P_2 – розрідження вугільно-газової суміші після КБМ, мм.вод.ст; ΔP_1 – різниця тиску на КБМ, мм.вод.ст; P_3 – розрідження вугільно-газової суміші після сепаратора, мм.вод.ст; МВ – млиновий вентилятор; P_4 – розрідження перед МВ, мм.вод.ст; CH_4 – датчик концентрації метану, %; O_2 – датчик концентрації кисню, %.

Перевірка працездатності системи (див. рис. 1) реалізована в промислових умовах на млинах ТОВ «Краматорськтеплоенерго». Встановлено закономірності зміни параметрів процесу при дотриманні критеріїв безпеки для трьох діапазонів концентрацій метану і кисню в пилогазовій суміші в барабані млина: від 0 до 5% CH_4 ; від 5 до 20 % CH_4 ; від 20 до 25% CH_4 .

Схема регулювання дозволяє керувати подачею подрібнювальної сировини в барабан млина, уникнути його затору, забезпечити пожежно-вибухову безпеку процесу підготовки газувугільного палива до спалювання, а також може бути рекомендована для широкого впровадження на ТЕС України.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

Д.т.н. Зберовський В.В., к.т.н. Агаєв Р.А., к.т.н. Петух О.П.,
пров. інж. Криворучко О. Н., інж. 1 кат. Пазиніч А.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Явище кавітації, як об'єкт досліджень, вперше розглянуто О. Рейнольдсом у 1878 р. [1]. Відомо, що кавітаційні процеси мають, як негативні, так й позитивні ефекти. Завдяки багатьом науковим дослідженням ми маємо обґрунтовані сучасні технології та знаємо особливості прояву явища кавітації. Однак рівень пізнання кавітаційних процесів, які відбуваються в середовищі, до теперішнього часу недостатньо вивчені. Це належить до всіх рівнів фундаментальних та прикладних досліджень, тому що напрями використання явища кавітації необмежені. Немає такої галузі де використання кавітаційних пристроїв або систем не застосовували. Прикладів цьому дуже багато: гірничодобувна, нафтогазова, хімічна, сільськогосподарська, харчова, фармацевтична, переробка стічних вод та вилученні рідкісноземельних елементів, комунальна тощо.

Ефективність технологічного процесу в першу чергу залежить від виду кавітації та пристрою її реалізації. До найбільш вивчених можна віднести наступні види: механічна, акустична, електромагнітна, теплова, світлова та радіаційна. Явище кавітації виникає під дією факторів, супроводжується ефектами та має наслідки. Від цього залежить напрямок використання кавітаційних пристроїв, їх конструктивні особливості та особливості прояву ефектів в середовищі.

Ми розглядаємо дослідження, що відносяться до гідродинамічної кавітації, яка виникає в проточному каналі кавітаційного пристрою у вигляді періодично-зривної (кавітаційної) течії рідини та реалізується в тріщинувато-пористій структурі гірських порід у вигляді високочастотної гідроімпульсної вібрації [2, 3]. Наслідками процесу є трансформація накопиченої енергії, дезінтеграція середовища, зміна властивостей речовин та їх агрегатного стану.

В технологічному процесі розглядається система «насосна установка - проточний кавітаційний канал - середовище» (рис. 1).

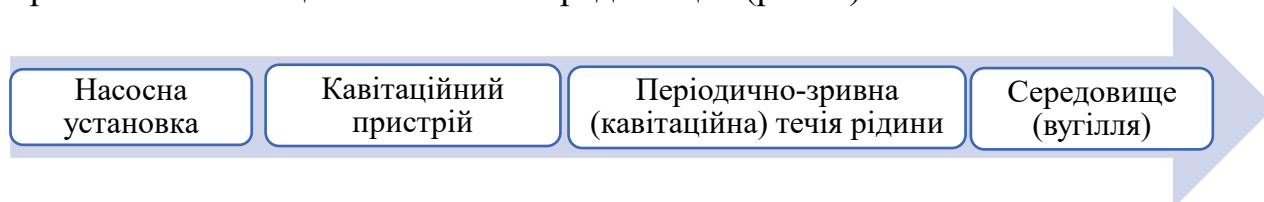


Рис. 1

Така система може бути як відкритою, так й закритою. У відкритій системі кавітаційний пристрій використовує функцію механізму, який акумулює енергію й створює кавітаційну течію рідини. В тріщинувато-пористій структурі середовища енергія рідини реалізується у вигляді високочастотної гідроімпульсної вібрації на поверхні дефектів цього середовища.

У закритій системі рідке середовище під тиском протікає через кавітаційний пристрій, а в зоні кавітації трансформується (розпадається) на складові елементи. Або навпаки, окремі речовини, що протікають через кавітаційний пристрій, змінюють свій агрегатний стан, змішуються у кавітаційному потоці і створюють нову суміш у вигляді суспензії (рис 2).

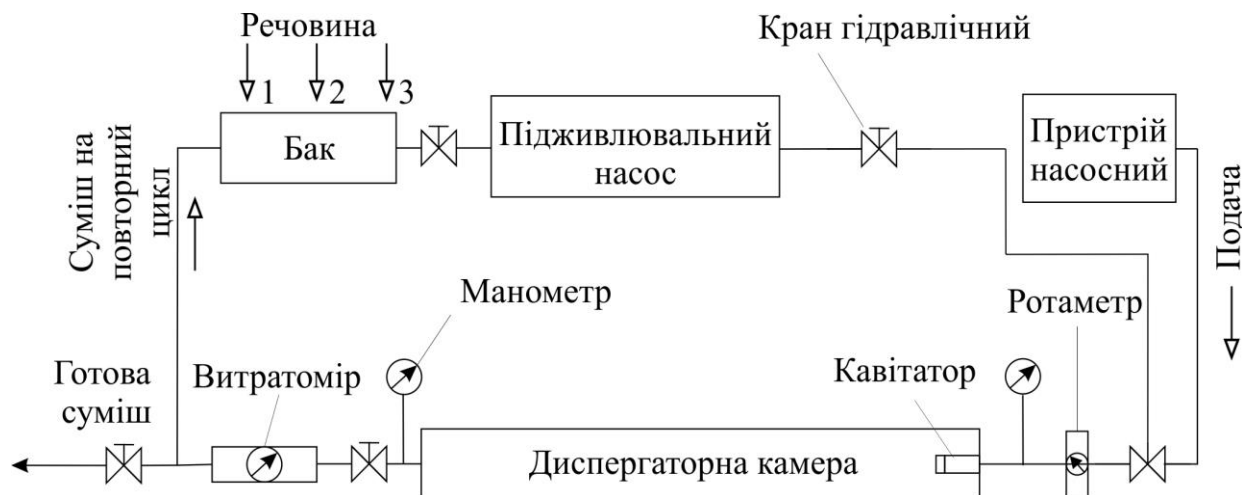


Рис. 2

За результатами досліджень періодично-зривної течії рідини (кавітаційного потоку) в гідродинамічній системі та її впливу на середовище пропонується розглядати три загальних напрямки використання явища кавітації в технологічних процесах. Перший – це безпосередній вплив кавітаційного потоку на середовище. Другий – це зміна агрегатного стану середовища в кавітаційному потоці рідини, що реалізується кавітаційним пристроєм. Третій – це передача енергії кавітаційного потоку рідини середовищу у вигляді високочастотної гідроімпульсної вібрації.

Ефекти та явища, що виявлені при використанні розроблених пристроїв, дозволяють значно підвищити ефективність технологічних процесів у різних галузях виробництва. Наприклад, у видобувній галузі при розробці нафтогазових родовищ та видобутку артезіанських покладів питної води; у хімічній промисловості при переробці гомогенізованих та диспергованих кислих гудронів, емульгуванні рідин, виробництві тонкодисперсних систем; при переробці стічних вод та вилученні рідкісноземельних елементів тощо.

Література

1. Reynolds O., The causes of the racing of the engines of screw steamers, Investigated theoretically and by experiment, Tr. Inst. Naval Arch. V14 sc. Papers, 1, 56-57, 1873.
2. Zhulay, Y. Hydrodynamic cavitation in energy-saving technological processes of mining sector / Y. Zhulay, V. Zberovskiy, A. Angelovskiy, I. Chugunkov // Geomechanical processes during underground mining. – Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema, 2012. – P. 51-56.
3. Зберовський В.В. До використання гідродинамічної кавітації в технологічних процесах / Зберовський В.В., Мухачев А.П., Жулай Ю.А. // Збірник наук. праць за матеріалами XVI Між. наук.-практ. конф. «Академічна й університетська наука: результати та перспективи», Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка, Полтава, 2023. – с. 268-272. <https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2023/xvi-mnp-aun-zbirnik.pdf>

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРСНО ЗМІЦНЕНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ В КОНСТРУКЦІЯХ ПРОМИСЛОВИХ ФІЛЬТРІВ ТЕХНІЧНОЇ ВОДИ

Доцент Кухар В.Ю.
НТУ «Дніпровська політехніка»

В конструкціях фільтрів технічної води [1] розробки та виготовлення НВП ТОВ «Океанмашенерго» (м. Дніпро, Україна) широко використовуються дисперсно зміцнені композитні матеріали на основі епоксидної смоли. З використанням цих матеріалів виготовлюють підшипникові втулки чи забезпечують співвісне розташування підшипникових гнізд у рознесених корпусах та кришках фільтрів, шпонкових втулок у валах-очищувачах, ущільнення нержавіючих фільтрувальних сіток у конструкціях зігзагових фільтроелементів (рисунок 1).



Рис.1

В якості промислового композитного матеріалу використана реактопластична епоксидна смола CHS-EPOXY 520, затверджувач CHS-HARDENER P11 (виробник SPOLCHEMIE, Чехія [2]) та пластифікатор Дибутілфталат (ДБФ). Дисперсне зміцнення епоксидної композиції з одночасним зменшенням коштовних складових смол виконане за допомогою дешевого наповнювача - портланд-цементу, який має щільність ($1,1 \text{ г/см}^3$) близьку до щільності епоксидної композиції ($1,12 \text{ г/см}^3$). Це забезпечує практичне гравітаційне неосадження наповнювача під час полімеризації

смоли та рівномірне його розподілення по об'єму епоксидної композиції. Склад за масою компонентів епоксидної композиції наведений у таблиці 1.

Назва компонента	Вміст у масових % від маси епоксидної смоли
Смола епоксидна CHS-EPOXY 520	100
Портландцемент	100
Затверджувач CHS-HARDENER P11	10
Пластифікатор ДБФ	15

Після повного затвердження властивості епоксидної композиції зберігаються протягом тривалого (більше 10 років) часу. Герметизуючі втулки знаходяться під постійною дією зсувних напружень $0,5 \dots 1,0 \text{ МПа}$, які створені одностороннім тиском робочої рідини (води) $0,3 \dots 1,6 \text{ МПа}$.

Література

1. Фільтри технічної води НВП ТОВ «Океанмашенерго» URL: <https://www.oceanmas.dp.ua/index.html> (дата звернення: 07.02.2024).
2. Чеська хімічна компанія SPOLCHEMIE URL: <https://www.spolchemie.cz/en> (дата звернення: 07.02.2024).

TO THE CRITERION FOR APPLICATION OF AERODYNAMIC CALCULATION IN SOLVING THE NON-LINEAR EXTERNAL BALLISTICS PROBLEMS

Professor Gristchak V.Z.
Dnipro University of Technology

On the basis of the approximate analytical solution of the nonlinear problem of system dynamics with time-varying parameters [1], a criterion for evaluating the application of the aerodynamic calculation of the time to reach the target by the cargo in relation to the calculation of the time outside the atmospheric environment when solving the nonlinear problem of external ballistics is established. Provided that the value of the projection of the speed of the cargo on the vertical axis is significantly greater than the projection of the speed on other axes of the spatial coordinate system, the dependence of the time of reaching the goal by the cargo moving in the atmospheric environment on the parameters of the system under study is established. The analysis is based on the application of the asymptotic approach [2] for a small parameter of the frontal resistance coefficient of the load of a given shape, which makes it possible to obtain an approximate analytical formula for calculating the dimensionless time parameter in the form:

$$T_c = \frac{tc}{t_0} = \left[Gr \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2}{Gr}} \right) \right]^{1/2}$$

where: $Gr = \frac{3g}{2K_0h}$ is a number that establishes the criterion for evaluating the application of aerodynamic calculation according to this method, that is, it separates the dynamics of the free fall of the cargo (by time $t_0 = \sqrt{2h/g}$) from the time of reaching the goal in atmospheric conditions pressure ($tc > 1$) for specific parameters of the system and external environment; $K_0 = \varepsilon b_0 g$, $b_0 = \frac{S_M \cdot \rho}{m_0}$, $\varepsilon = \frac{C_x}{2}$; C_x - coefficient of frontal resistance (determined from experimental data in the direction of movement); S_M - the area of the cargo middle cross section in the orthogonal direction to the axis of rotation; ρ - air density.

This criterion for systems with constant parameters and an approximate analytical approach to solving nonlinear problems of external ballistics of systems with time-dependent parameters can be applied, in particular, in real conditions of wind load and the presence of the Magnus effect [3] with the solution of the control problem a dynamic process based on modern computer technologies.

Literature

- 1, Aziukovskyi O.O., Harkavenko D.V., Gristchak V.Z., Ziborov K.A., Fedoryadchenko S.O. Analytical approach to the solution of the problem of nonlinear dynamics of systems with time-varying parameters in the conditions of the reaction of the external environment.-Collection. of scientific papers NG -2023 - No. 72 -S. 186-193.
2. Gristchak V.Z. A hybrid asymptotic methods and technique of applications, Zaporizhzhia - 2009 - 226 p.
3. Kern E. Kenyon. On the Magnus Effect – Natural Science, 2016, 8, 49-52. Published Online February 2016 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/ns>, <http://dx.doi.org/10/4236/ns.2016.82006>

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЧАСТИНОК ПИЛУ ПРИ ВИБУХОВИХ РОБОТАХ У КАР'ЄРАХ

Науковий співробітник Новіков Л.А.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

При відкритій розробці родовищ вибуховим способом відбувається викид в атмосферу газопилового аерозолю. При цьому існує проблема запиленості атмосфери кар'єрів і відповідно поширення пилу за межі санітарно-захищених зон. Тому дослідження динаміки частинок пилу в пилової хмарі при веденні вибухових робіт у кар'єрах є актуальним питанням.

Швидкість викиду продуктів детонації (гази і частинки породи) та температурні фактори визначають висоту підйому пилової хмари та її розміри. При цьому необхідно враховувати вплив схеми провітрювання кар'єру, метеорологічних умов, фізико-механічні властивості гірських порід та їх вологість. При масовому вибуху в кар'єрі найбільша кінетична енергія викидів спостерігається на динамічній стадії формування пилової хмари (приблизно до 1 с) [1, 2]. Подальше зростання об'єму та висоти підйому верхній межі хмари відбувається за рахунок висхідних теплових потоків до моменту вирівнювання температур.

Рух частинки пилу під дією динамічного імпульсу описується рівнянням

$$m \frac{du}{dt} = -gm - \xi \rho u^2 \frac{\pi d^2}{8}, \quad (1)$$

де u – швидкість частинки, м/с; t – час підйому частинки, с; $m = 6^{-1} \rho \pi d^3$ – маса частинки, кг; d – діаметр частинки, м; ρ – щільності газової суміші у хмарі, кг/м³; $\xi = f(\text{Re})$ – коефіцієнт лобового опору частинки; $\text{Re} = u d \rho \mu^{-1}$ – число Рейнольдса; μ – динамічна в'язкість газової суміші у хмарі, Па·с.

Для спрощення рішення рівняння (1) використовується припущення згідно з яким частинки пилу мають сферичну форму, а їх обтікання відбувається за законом Стокса ($\xi = 24 \cdot \text{Re}^{-1}$ при $\text{Re} < 1$). Рішення рівняння (1) з урахуванням припущень і граничних умов: $0 \leq t \leq t_1$; $u_0 \geq u \geq u_1$ дозволяє отримати формули для визначення швидкості частинки пилу та часу її підйому [1]:

$$u(t) = \left(u_0 + \frac{g \rho d^2}{18 \mu} \right) \exp \left(- \frac{18 \chi \mu}{d^2 \rho} t \right) - \frac{g \rho d^2}{18 \mu}; \quad (2)$$

$$t \approx \frac{\rho d^2}{18 \mu} \ln \left(\frac{g \rho d^2}{g \rho d^2 + 18 (0,5 u_0) \mu} \right), \quad (3)$$

де u_0 – початкова (максимальна) швидкість частинок пилу, м/с.

При отриманні формули (3) швидкість частинки пилу наприкінці динамічної стадії формування пилової хмари приймається рівною 0.

При визначенні коефіцієнту лобового опору необхідно враховувати відхилення форми частинок пилу від сферичної, тобто $\zeta^* = \chi \cdot \zeta$, де χ – коефіцієнт форми. Тоді формули (2), (3) приймуть вигляд:

$$u(t) = \left(u_0 + \frac{g\rho d^2}{18\chi\mu} \right) \exp\left(\frac{18\chi\mu}{d^2\rho} t \right) - \frac{g\rho d^2}{18\mu}; \quad (4)$$

$$t \approx \frac{\rho d^2}{18\chi\mu} \ln\left(\frac{g\rho d^2}{g\rho d^2 + 18\chi(0,5u_0)\mu} \right), \quad (5)$$

Висота підйому частинки пилу визначається по отриманим значенням швидкості та часу підйому частинок пилу.

Швидкість гравітаційного осадження сферичних частинок пилу визначається за формулою Стокса. Крім того можна використовувати емпіричні формули [3]:

$$u_g = 2,39 \cdot 10^4 \rho d (d + 1,45 \cdot 10^{-7}) \text{ при } (3 < d \leq 25) \text{ мкм}; \quad (6)$$

$$u_g = -\frac{4 \cdot 10^{-6}}{d} + \sqrt{\frac{4 \cdot 10^{-6}}{d} + 1,96 \rho d} \text{ при } (25 < d < 100) \text{ мкм}. \quad (7)$$

Використання припущення про обтікання частинок пилу за законом Стокса на динамічній стадії формування пилової хмари призводить до похибок розрахунків, оскільки в реальних умовах $Re > 1$ (особливо для частинок пилу $d \geq 1$ мкм). При цьому коефіцієнт лобового опору ζ визначається за формулами, наприклад:

$$\zeta = 25,9 \cdot Re^{-0,813} \text{ при } 1 < Re < 10; \quad (8)$$

$$\zeta = 24 \cdot Re^{-1} (1 + 0,15 \cdot Re^{0,687}) \text{ при } Re < 1000. \quad (9)$$

Використання формул (8), (9) та аналогічних [2], в яких показник ступені при Re відрізняється від 1, ускладнює розв'язання рівняння (1). Однак динаміка частинок пилу за час викиду продуктів детонації описується більш адекватно.

Література.

1. Novikov L.A. Determination of the lifting height of dust particles after a mass explosion in an iron ore open pit / L.A. Novikov, K.S. Ishchenko, L.O. Lohvyna // Geo-Technical mechanics. – Dnipro, 2023. – No. 164. – pp. 126–134. <https://doi.org/10.15407/geotm2023.164.126>.
2. Способи і засоби підвищення екологічної безпеки масових вибухів в залізорудних кар'єрах за пиловим чинником / В.Е. Колесник, А.А. Юрченко, А.А. Литвиненко, А.В. Павличенко. – Дніпропетровськ: Літограф, 2014. – 112 с.
3. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / Э.И. Ефремов, П.В. Бересневич, В.Д. Петренко, В.П. Мартыненко, В.И. Борисов. – Днепропетровск: Січ, 1996. – 196 с.

ОБГРУНТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ У ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

д. т. н., с.н.с. Дзюба С.В.

Придніпровський науковий центр НАН України і МОН України

к. ф.-м. н., доцент Коряшкіна Л.С.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Розробка і обґрунтування ефективних математичних моделей розподільчих процесів в транспортно-логістичних системах мають суттєве значення для забезпечення сталого розвитку промислових регіонів України і є актуальним науково-прикладним завданням. Вдосконалення на їх основі методів та засобів комп'ютерного моделювання раціонального територіального розподілу елементів систем екстреної логістики сприяє, зокрема, підвищенню техногенної безпеки на підприємствах гірничо-металургійної галузі та систем критичної інфраструктури, організації та управління матеріальними потоками під час надзвичайних ситуацій.

Розглянемо задачі оптимального зонування територій із закріпленням зон за певними центрами для надання послуг, пов'язаних з організацією аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Центри – служби соціального захисту, склади аварійного постачання й розподілу предметів першої необхідності та ін. Передбачено: 1) можливість перекриття зон на той випадок, коли найближчий центр не зможе надати послугу; 2) оптимальне розміщення нових центрів систем екстреної логістики, коли можливості функціонуючих її підрозділів не задовольняють потреби всього регіону.

Математичні моделі таких задач представлені у вигляді неперервних або дискретно-неперервних задач оптимального розбиття k -го порядку множини при обмеженнях із розміщенням центрів відповідно до того, на якій множині точок можуть бути розташовані сервісні центри: в будь-якій точці області або на скінченній її підмножині [1, 2]. Вибір критерію оптимальності зонування визначається специфікою центрів і типом послуг, що ними надаються. Якщо центри є вкрай необхідними об'єктами чи службами (аварійні, поліцейські, медичні заклади і т.ін.), а клієнти неперервно розподілені на території, то критерієм може слугувати мінімізація часу, протягом якого центр обслуговування може надати послугу найвіддаленішому клієнту регіону, тобто оптимізація найгіршого варіанту. Коли центрами є склади засобів індивідуального захисту або предметів першої необхідності, критерієм якості розбиття є мінімізація сумарної відстані від усіх клієнтів до k найближчих сервісних центрів.

Метод розв'язання вказаних задач з невідомими границями інтегрування передбачає формулювання їх в термінах характеристичних функцій підмножин. Далі здійснюється ЛП-релаксації задач, зведення отриманих через функціонал

Лагранжа до допоміжних скінченновимірних негладких оптимізаційних задач, для розв'язання яких застосовуються сучасні методи недиференційованої оптимізації. Розроблені чисельні алгоритми поєднують r -алгоритм Шора, метод проекції субградієнту для врахування обмежень на розташування центрів підмножин, і метод зовнішнього штрафу задля врахування умов невід'ємності допоміжних параметрів.

Окремо розглянуто задачу розвитку існуючої системи аварійної логістики за рахунок оптимального розташування нових центрів аварійного постачання і перерозподілу навантаження на всі об'єкти. Розглядається випадок, коли в регіоні Ω функціонує мережа з m центрів аварійного постачання, але їх можливостей недостатньо для охоплення усіх потенційних клієнтів. Потрібно розмістити нові $(N - m)$ складів на території $\hat{\Omega}$ і перерозподілити зони обслуговування на всій області Ω між всіма N центрами так, аби, враховуючи обмежені їх потужності, задовольнити потреби на послугу всього регіону з мінімальними сумарними транспортними і організаційними витратами. Вочевидь, попередня задача є окремим випадком даної, коли $m = 0$, а, отже, метод розв'язання останньої такий самий, з тією різницею, що компоненти вектору узагальненого градієнту цільової функції допоміжної скінченновимірної задачі обчислюються за допомогою скінченних різниць, оскільки зміна координат нових центрів викликає перерозподіл зон відповідальності не тільки центрів, що розміщуються, але й існуючих.

Створено багатofункціональний програмний додаток, в якому поєднані алгоритми всіх розроблених методів територіального зонування області з можливістю підключення ГІС-технологій для отримання даних про транспортні шляхи та відстані між об'єктами.

Визначення раціональної кількості територіально розподілених структур в системах екстреної логістики зі спеціальною технікою та обладнанням, запасами й засобами забезпечення життєдіяльності за допомогою розробленого математичного та комп'ютерного моделювання дозволяє приймати аргументовані рішення щодо управління логістичними процесами, профілактики, раннього попередження, мінімізації сумарних втрат у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Література

1. Коряшкіна Л.С. Неперервні лінійні задачі оптимального мультиплексного розбиття множин з обмеженнями / Л.С. Коряшкіна, А.П. Череватенко // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, Серія «Мат. моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління», 2015. – Вип. 28. – С. 77-91.
2. Dziuba S. Discrete-Continuous Model of the Optimal Location Problem for the Emergency Logistics System / S. Dziuba, A. Bulat, L. Koriashkina, B. Blyuss. –/ SSRN Electronic Journal. – January 2023. DOI:10.2139/ssrn.4401341
3. Коряшкіна Л.С. Інтеграція ГІС-технологій і методів розв'язання неперервних задач оптимального мультиплексного розбиття множин / Л.С. Коряшкіна, А.П. Череватенко, К.О. Коряшкіна // Сист. дослідження та інформ. технології, 2017, № 4. – С. 97 – 108.

КОНСТРУКЦІЯ ЗАПОБІЖНОГО ПРИСТОЮ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ ЗІ СКЛАДНИМ РУХОМ ЩОКИ

Доцент Полушина М.В., доцент Москальова Т.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Метою роботи є модернізація щокової дробарки ЩД 600х900 з детальною розробкою конструкції запобіжного пристрою з метою збільшення часу безвідмовної роботи машини.

Щокова дробарка ЩД 600х900 є дробаркою зі складним рухом щоки, призначена для дроблення шлаку. Окрім основного призначення може застосовуватись для дроблення гранатів, базальтів, піщаників, руд та інших порід з межею міцності при стисканні до 300 МПа.

Аналіз працездатності існуючої конструкції дробарки вивив її слабе місце – часті зупинки дробарки, викликані необхідністю заміни розпірної плити, що виходить з ладу під час попадання не дробимого тіла. Ремонтні роботи на заміну розпірної плити збільшують час простою дробарки, що призводить до зниження продуктивності машини.

У роботі пропонується конструкція запобіжного пристрою типу, що не руйнується, в якій функцію запобіжного пристрою виконує пружина, поєднана з розпірною плитою. Перевагою пружинного пристрою є простота і можливість порівняно легко вбудувати його в існуючу модель без значних змін конструкції.

Конструкція запобіжного пристрою складається з розпірної плити, блоку тарілчастих пружин, зібраних за паралельно послідовною схемою.

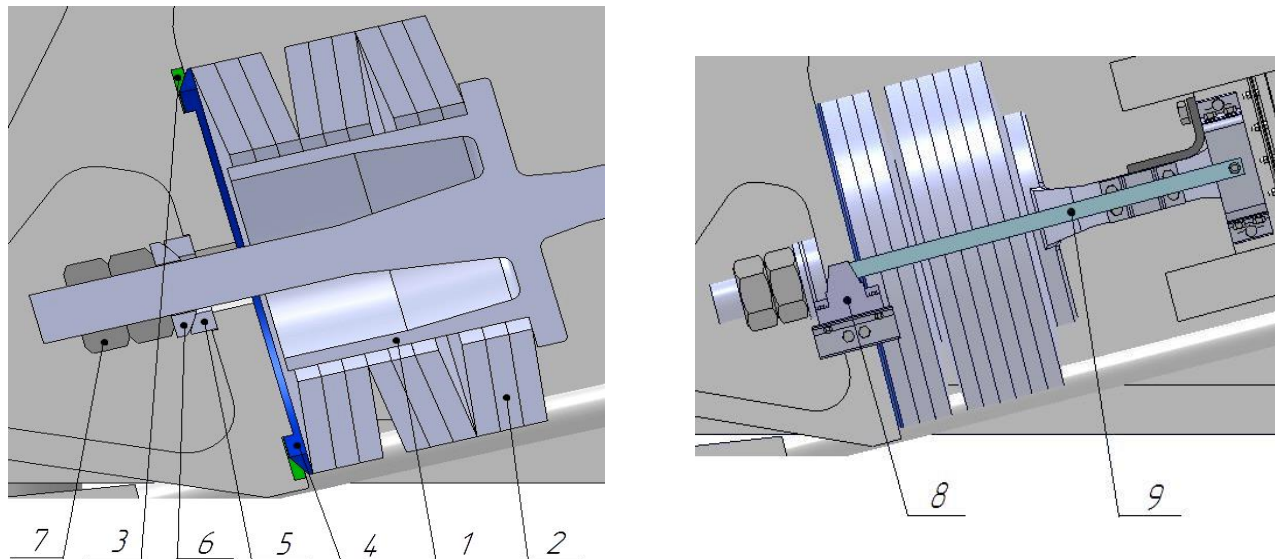


Рисунок 1

На рисунку 1 наведена запропонована конструкція запобіжного пристрою, що складається з розпірної плити 1, на якій розташований блок тарілчастих

пружин 2, зібраний за паралельно-послідовною схемою. Одним кінцем блок пружин опирається на розпірну плиту, іншим – на поверхню рухомої щоки через кільце конусне 3 і кільце сферичне 4. Розпірна плита шарнірно опирається на рухому щоку за допомогою шайби конічної 5 і сферичної шайби 6. Гайка 7 забезпечує підтискання пружин, друга гайка 7 запобігає розкручуванню. Стискання пружин можна виміряти по переміщенню кінця розпірної плити відносно гайки за допомогою спеціального шаблону.

При попаданні в камеру дроблення не дробимого тіла пружини стискаються. При перевищенні ходу пружин максимально допустимого, спрацьовує безконтактний перемикач 8, встановлений на бічній грані рухомої щоки, який подає сигнал на відключення приводного двигуна. Включення перемикача відбувається при перетині позначки в щілині лінійки 9, яка розташована паралельно осі пружин і рухається разом з ними.

Не дробимий кусок витягується з камери дроблення під час зупинки двигуна дробарки. Двигуном для регулювання вихідної щілини відсувають клини механізму регулювання щілини, і разом з ними відсувається рухома щока на достатню відстань, щоб не дробимий матеріал провалився.

В роботі обґрунтовано параметри пружинного запобіжного пристрою.

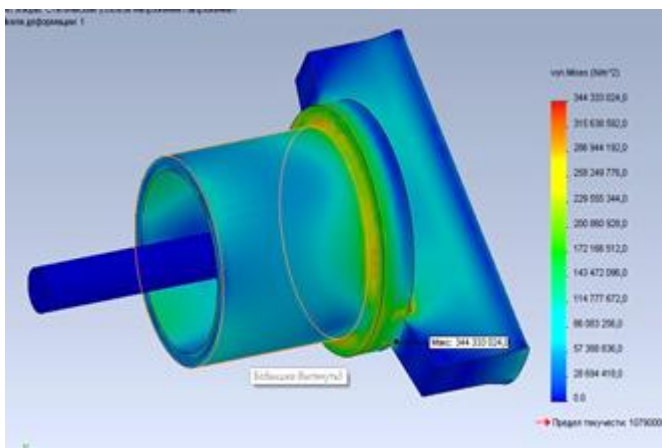


Рисунок 2

Виходячи з максимального навантаження на рухому щоку прийнята послідовна трьох паралельна схема складання тарілчастих пружин. Розрахунок напружено-деформованого стану розпірної плити методом скінчених елементів в пакеті SolidWorks Simulation (рис. 2) показав, що запас міцності деталі перевищує 2. Розроблено твердотільну модель щокової дробарки в пакеті SolidWorks, а також складальні

кресленики загального виду дробарки та робочі кресленики деталей пружинного запобіжного пристрою.

Застосування розробленої конструкції запобіжного пристрою з набору тарілчастих пружин в щоковій дробарці зі складним рухом ПЦД 600x900 дозволяє суттєво зменшити час простоїв дробарки при попаданні не дробимих матеріалів в робочу камеру дробарки і таким чином збільшує її продуктивність.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН У КОСМОСІ

Доцент Москальова Т.В., доцент Полушина М.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Екологічні проблеми та небезпека вичерпання природних ресурсів щороку стають все більш серйозними викликами. Все більше уваги вчені приділяють ефективному використанню наявних ресурсів, а також виявленню нових методів їх отримання, наприклад видобуток корисних речовин в космосі на астероїдах та найближчих планетах.

Протягом багатьох років космічна діяльність залишалася предметом уваги великих держав (США, Європейській союз, Японія, Китай та інші), але зараз вже існують багато активних проєктів, що розробляються сотнями приватних підприємств різних країн.

Перший реальний крок для дослідження та розвитку видобутку астероїдів був зроблений в 2012 році компанією Planetary Resources, що базується в Сієтлі. Після них аналогічну ініціативу взяла на себе компанія Deep Space Industries. Обидві групи внесли значний внесок у цю галузь, проєктуючи супутники, які виявили близько 15 000 астероїдів із значущим потенціалом для видобутку [1].

Україна відноситься до розвинених космічних держав світу і входить в п'ятірку таких, що володіють повним технологічним циклом створення ракетно-космічних комплексів: наукові дослідження, дослідно-конструкторські роботи, організація виробництва, експлуатація й утилізація [2]. Плідна співпраця фахівців космічної та гірничодобувної галузі дає можливість створення конкурентних сучасних рішень щодо розробки корисних копалин у космосі.

Головна проблема розробки астероїдів – висока вартість. Однак, розвиток технології розробки астероїдів може бути важливим завданням через надто цінні ресурси, які пропонують астероїди. Наприклад на сайті науково-економічної бази <https://www.asterank.com/> можна дізнатися інформацію про масу та склад 600 000 астероїдів. Видобуток на лише 10 найбільш ефективних астероїдах – тих, що найближчі до Землі і мають найбільшу вартість – призведе до приблизно 1,5 трильйона доларів США прибутку. Також існує значний потенціал для подальшого розширення. Наприклад, астероїд 16 Psyche, за повідомленнями, містить золото на суму 700 квінтильйонів доларів США.

Крім дорогоцінних та інших металів з астероїдів інтерес викликає також доступ до водяного льоду. Астероїдний лід є ключовим фактором зниження витрат космічної розробки, бо він є ресурсом для отримання палива за ціною в 10 разів меншою, ніж його транспортування із Землі [3].

Місячний реголіт (каміння та ґрунт) містить гелій-3, який може стати цінним ресурсом у майбутньому, якщо ядерний синтез стане життєздатним і широко поширеним. Британська компанія Metalysis розробила процес, який може добувати кисень з місячного реголіту.

В роботах [4] підіймається питання моделювання видобутку корисних

копалин в космосі. Деякі підходи щодо розробки поза Землею схожі на аналогічний досвід на Землі. Наприклад роторні екскаватори можна використовувати для збирання місячного реголіту або бурильні машини для роботи на астероїдах. Інші пропозиції більш незвичні – наприклад, використання вакуумної машини для втягування реголіту в трубу. Дослідники з Сіднею пропонують використовувати біомайнінг. У цьому випадку бактерії, занесені на астероїд, споживатимуть певні мінерали та вироблятимуть газ, який потім може бути зібраний зондом.

Найбільш доцільні стратегії щодо отримання корисних речовин з астероїдів були проаналізовані в роботі [5]. Серед них слід виділити наступні дві. Перша - це ідентифікувати, захопити та повернути цілий близький до Землі астероїд діаметром приблизно 7 метрів та масою близько 500 000 кг на високу орбіту навколо Місяця, використовуючи технології, які наразі існують або можуть бути доступні у цьому десятилітті. Наразі триває дослідження та виявлення варіантів щодо відповідного розміру, швидкості та віддаленості від Землі. Альтернативна стратегія - захоплення космічним апаратом уламка діаметром приблизно 7 метрів з поверхні значно більшого астероїда (> 100 метрів). Перевагою цього підходу є те, що такі астероїди набагато легше виявити та характеризувати. Цю перевагу певною мірою компенсує додаткова складність – відділення великого уламка діаметром 7 метрів з поверхні, а також те, що астероїдів такого класу набагато менше.

Запропоновані стратегії захоплення та повернення астероїда вплине на розвиток галузі в широкому діапазоні, включаючи: створення інфраструктури та нового підходу до розробки із залученням роботизованих та людських місій; розширення міжнародного співробітництва в космосі; використання нових технологій у військових та цивільній сферах. Участь в цій місії надасть великі можливості залученим сторонам, серед яких повинні бути і фахівці з України.

Література.

1. Shriya Yarlagadda, Economics of the Stars: The Future of Asteroid Mining and the Global Economy Harvard international review. – April 2022. – <https://hir.harvard.edu/economics-of-the-stars/>
2. Булат А.Ф., Осадча Н.В., Кутумов І.В. Інституційне забезпечення економіки космосу. – Геотехнічна механіка. – 2018. – № 141. – С.151-165.
3. Jeff Foust, Planetary Resources believes asteroid mining has come of age . – The Space Review. – April 2012/ – <https://www.thespacereview.com/article/2074/1>
4. Michael Dello-Iacovo, Serkan Saydam, Humans have big plans for mining in space – but there are many things holding us back. – The conversation. – May 2022. – <https://theconversation.com/humans-have-big-plans-for-mining-in-space-but-there-are-many-things-holding-us-back-181721>
5. Asteroid Retrieval Feasibility Study. – Keck Institute for Space Studies. – 2012. – 51p. – https://kiss.caltech.edu/final_reports/Asteroid_final_report.pdf

ВИПРОБУВАННЯ ГУМОВИХ ЗРАЗКІВ ІЗ ПЕРЕРОБЛЕНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ДЛЯ ФУТЕРОВКИ РОЛИКІВ КОНВЕЄРА

¹Провідний науковий співробітник Кірія Р.В., ¹старший науковий співробітник Смірнов А.М., ¹провідний інженер Мостовий Б.І., ¹старший науковий співробітник Лисиця М.І., ²старший викладач Калганков Є.В.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

²Дніпровський державний аграрно-економічний університет

На даний час у стрічкових конвеєрах збільшується виробництво роликів з гумовою футеровкою, що дозволяє знизити динамічні навантаження підшипників та металоємність роликів. У подальшому застосуванні футеровки роликів можливо використання перероблених відходів автомобільних шин.

Мета роботи полягає в стиранні зразків у формі квадрата зі стороною 20 мм при постійній нормальній силі $P = 26 \text{ Н}$.

Для випробування були вибрані зразки виготовлених методом вулканізації із перероблених відходів автомобільних шин: зразок № 1 – гума, яка виготовлена із гумовокордової суміші твердістю за Шором 72-82; зразок № 2 – гума гладка, без наповнення; зразок № 3 – гума щільна, які виготовлені із перероблених гумових марок для протекторів автомобільних шин твердістю за Шором 72-82. Дослідження на спрацювання поверхні гум проводилися на машині тертя МИ-2 та відповідно до ГОСТ 426-77 «Метод визначення опору стирання при ковзанні» [1]. Стирання проводиться по наждачному папері зернистістю Р-150 та Р-40. Час випробування 300 с. Після стирання зразків проводилася обробка результатів. Результати випробування гуми на стирання виражаються показниками стираності $\alpha = \Delta V \cdot A^{-1}$, зносостійкості (опору стиранню) $\beta = A \cdot \Delta V^{-1}$ та коефіцієнтом тертя $\mu = F \cdot P^{-1}$, де ΔV – зменшення об'єму зразків, м^3 ; A – робота сил тертя, що визначається параметрами стенда, Дж; F – сила тертя, що діє на зразки, Н; P – притискаючи зусилля, Н.

На рис. 1 наведено результати розрахунків стирання гуми

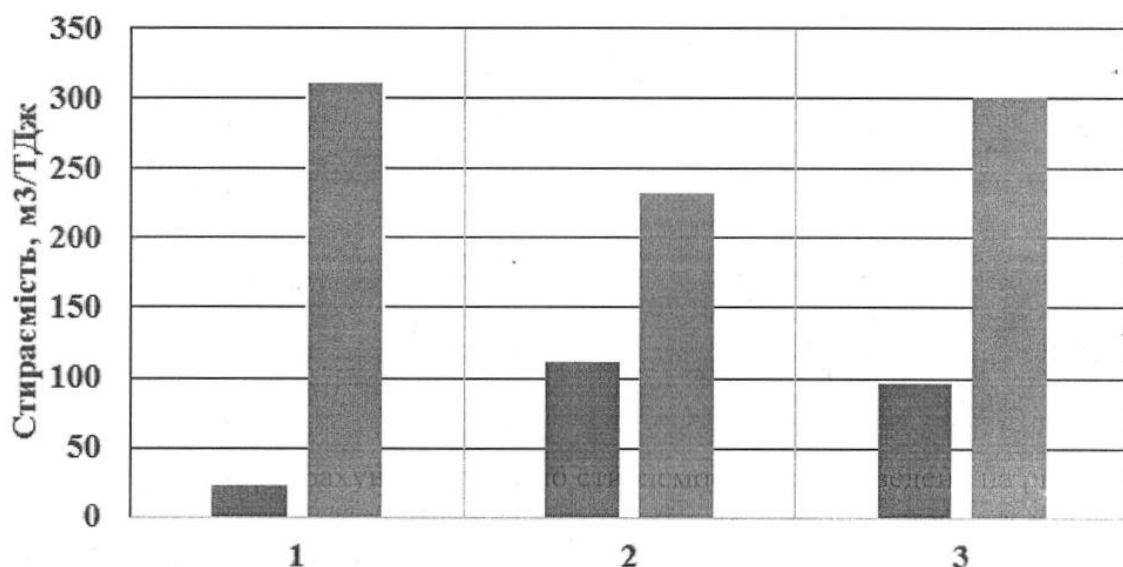


Рис. 1

На рис. 2 наведено результати розрахунків зносостійкості (опору стиранню гуми)

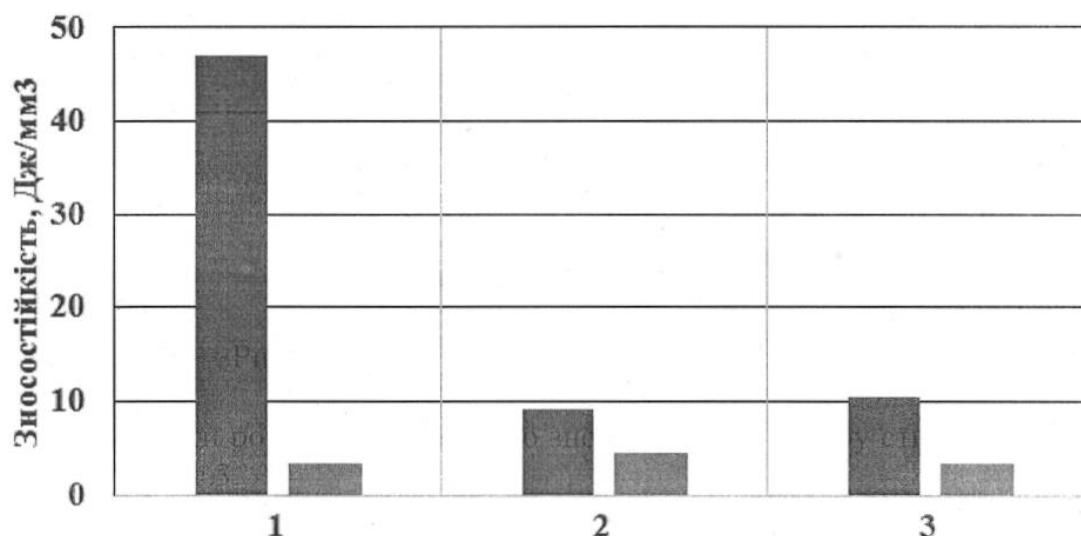


Рис. 1

Аналіз рис. 1 та рис. 2 дозволяє зробити наступні висновки:

1. Гума № 1, яка виготовлена з перероблених гумових елементів армованих волокнами, має найбільшу зносостійкість. За властивостями схожа на наповнену футеровочну гуму. При стиранні на шкурці Р-150 відбувається рівномірний знос і ниток і гуми, але спостерігається інтенсивне засалювання шкурки. Зношені агрегати дрібні і розсипчасті. При стиранні по шкурці Р-40 відбувається розлашмачування волокон ниток.

2. Гума № 2 на Р-150 шкурці зношувалась інтенсивна. Переважаючий знос відбувався скатуванням, про що свідчать агрегати гуми. На Р-40 шкурці гума показала деяку стійкість до роздирання і опиралась стиранню.

3. Гума № 3 схожа на гуму № 2, але стирання відбувалось рівномірно. Агрегати гуми сухі та розсипчасті.

4. Тільки гума № 1 відповідає вимогам ГОСТ 426-77 по еталонній гумі стиранності, яка лежить в межах від 45 до 80 м³/тДж. Можливе застосування такої гуми у стрічкових транспортерах в якості підтримуючих роликів, але лише при транспортуванні вантажу, де немає крупного абразиву.

Література.

1. Калганков Є.В. Теоретичне та експериментальне дослідження довговічності гумової футеровки / Є.В. Калганов, І.Н. Шаніди // Геотехнічна механіка: Межвід. Зб. Наук. праць – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 116. – С. 180–184.

ЗОЛА ВИНЕСЕННЯ ТЕС – ПЕРСПЕКТИВНЕ ДЖЕРЕЛО СИРОВИНИ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Провідний науковий співробітник, д.т.н., с.н.с. Лапшин Є.С.,
старший науковий співробітник, д.т.н., с.н.с. Шевченко О.І.
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

В результаті діяльності об'єктів паливно-енергетичного комплексу України (теплові електростанції – ТЕС та теплоелектроцентралі – ТЕЦ), що спалюють тверде паливо (вугілля), щорічно накопичується 8 млн. т золошлакових відходів (ЗШО), які є мінеральною сировиною складного гранулометричного, мінералогічного та хімічного складу, і які можуть використовуватися як товарний продукт після відповідної переробки з подальшою утилізацією.

За час експлуатації ТЕС і ТЕЦ нагромадилися мільйони тонн ЗШО. Наприклад, ТЕЦ потужністю 1 млн. кіловат спалює приблизно 10000 тонн вугілля з виходом 1000 тонн шлаку і золи винесення (ЗВ) – дрібнодисперсної складової ЗШО, яка частково вловлюється фільтрами у витяжних трубах після згоряння вугілля. Враховуючи особливу структуру обвуглених і обпалених частинок золи винесення, а також відносно високий вміст в ній вуглецю, що не згорів (до 25 %), вона являє собою готовий продукт для переробки та подальшої утилізації [1].

Золовідходи займають площу понад 22 тис. га. Для захоронення такої кількості відходів при висоті золової води у накопичувачі трохи більше 8 метрів потрібно близько 1 га площ. Існуючі накопичувачі перевантажені, мають великі площі та вимагають значних експлуатаційних витрат, що впливають на собівартість виробництва електроенергії. Постійне зростання золонакопичувачів потребує додаткового відведення територій корисних земель, нарощування огорожувальних споруд. Крім того, ці відходи негативно впливають на екологію, забруднюючи приземний шар атмосфери, ґрунт, підземні та поверхневі води районів, розташовані на відстані до кількох кілометрів від накопичувача відходів [1].

Наявність великої кількості золонакопичувачів у регіонах робить величезний негативний внесок у порушення екологічної обстановки. Їхня переробка є не лише найважливішою технічною та технологічною задачею, а й соціальною проблемою державного рівня [2]. Тому проблема переробки золовідходів підприємств паливно-енергетичного комплексу України та зниження впливу на навколишнє середовище є своєчасною та, безперечно, актуальною.

Слід зазначити, що ефективність такого рішення дуже висока, оскільки повернення видобутого із ЗВ до 20 % вуглецю, при добовому споживанні на ТЕС близько 10000 тонн, дозволяє скорочувати кількість вугілля, що купується, і транспортні витрати на його доставку на станції. З огляду на те, що продукти переробки ЗВ мають дрібнодисперсну фракцію, зручну для подальшого використання, це виключає дорогі операції підготовки сировини. Наприклад, одержувані силікати придатні для формування будівельних конструкцій.

У роботі розглядається питання переробки ЗВ шляхом класифікації свіжої (сухої) золи винесення, тобто. отриманої одразу після спалювання і перероблюваної до її складування, та обводненої золи з накопичувача з вологістю до 45 %. Дослідження спрямовані на розробку та вдосконалення процесу вилучення корисних компонентів із ЗВ (вуглецю та силікатів) шляхом класифікації за допомогою нового віброударного грохоту, розробленого в інституті геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН, який дозволяє одночасно з поділом за крупністю ефективно зневоднювати надрешітний продукт [3, 4].

Шляхом вибору конструктивних і режимних параметрів віброударний грохот можна налаштовувати для ефективного поділу за крупністю як для свіжої ЗВ, так і для класифікації зі зневодненням мокрої золи з накопичувача.

Результати попередніх досліджень властивостей золи винесення за вмістом вугілля в різних класах крупності вказують на принципову можливість доодержання вуглецю із ЗВ шляхом тонкої класифікації за граничної крупності 0,02 мм.

Випробування нового віброударного грохоту показали досить високі показники грохочення: для сухої золи вилучення класу менше 0,02 мм у підрешітний продукт складало 75-80 %, для золи з накопичувача – 65-70 %, при цьому вологість надрешітного матеріалу вдалося знизити з 45 до 6-8%.

Таким чином, виконані дослідження з переробки золи винесення ТЕС у вигляді свіжої (сухої) та ЗВ з накопичувачів показали перспективність та можливість її переробки за допомогою нового віброударного грохоту. При цьому процес переробки економічно доцільний, технологічно можливий та соціально обумовлений. Переробка сухої золи винесення дозволяє припинити її відвантаження в накопичувач і отримати товарну продукцію у вигляді вуглецю та силікатної частини за безвідходною технологією. Усі складові представляють промисловий та комерційний інтерес. Крім того, переробка золовідходів дозволить скоротити матеріальні витрати на їх утримання, звільнити земельні площі, які вони займають, отримати додатковий прибуток від реалізації продуктів переробки золи віднесення, та покращити екологію навколишнього середовища.

Література.

1. Яцишин А.В. Особливості впливу золовідвалів підприємств теплоенергетики на навколишнє середовище / А.В. Яцишин, І. В. Матвєєва, В. О. Ковач, В.О. Артемчук, І.П.Каменева. – *Проблеми надзвичайних ситуацій*, 2018. – № 2(28). – С. 57-68.
2. Надутый В.П., Нагорский А.Ф., Шевченко А.И. Тонкое вибрационное грохочение при переработке угольных шламов. *Геотехническая механика*: сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 58. – С. 185-190.
3. Лапшин Е.С., Шевченко А.И. Изучение кинетики разделения по крупности и обезвоживания минерального сырья при виброударном грохочении. *Збагачення корисних копалин*: наук.-техн. зб. наук. пр. – Дніпропетровськ: НГУ, 2013. – Вип. 53(94). – С. 179-188.
4. Шевченко О.І. Розвиток наукових основ процесу віброударного зневоднення техногенної сировини гранулометричного складу, який змінюється: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.15.09. Дніпро, 2021. 45 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОНКОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ БАЗАЛЬТОВОЇ ГІРСЬКОЇ МАСИ

Маланчук З. Р., д.т.н., проф., Корнієнко В. Я., д.т.н., проф.,
Васильчук О. Ю., к.т.н., доцент
Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне

Видобуток базальтової сировини ведеться у багатьох країнах світу (Україна, Італія, США, Китай, Іспанія, Індія, Японія, Корея та Бразилія).

Враховуючи доцільність комплексного видобутку та переробки трьох складових базальтової гірської маси (туфу, лавобрекчії та базальту) разом з їх селективною переробкою необхідно встановити залежності продуктивності та ефективності тонкого грохотання базальтової сировини від режимних та конструктивних параметрів грохота. А саме, щільність гірської маси, кут нахилу збурюючої сили віброзбудника грохота, кут нахилу робочого органу грохота, розмір комірки, питоме навантаження на грохот, частота збурень приводу грохота, довжина грохота [1, 2].

Процеси дрібної та тонкої класифікації базальтової гірської породи вібраційним методом недостатньо повно вивчені, а наявним віброгрохотам для цих цілей необхідна адаптація їх характеристик до вимог технології. Дослідження проводилися протягом 2015...2020 років спільно провідними науковцями ІГТМ НАН України (м. Дніпро) і Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) в лабораторії ІГТМ НАН України під керівництвом д.т.н., професора Надутого В.П. на спеціально розробленому ІГТМ НАН України грохоті тонкої класифікації з динамічно активною робочою поверхнею [1].

Для цього доцільно провести математичне моделювання залежностей продуктивності та ефективності тонкого грохотання базальтової сировини від режимних та конструктивних параметрів грохота на прикладі Рафалівського базальтового кар'єру, що розташований у Вараському районі (Україна, Рівненська область) [2, 3].

Його особливість полягає в тому, що на цьому грохоті процес розсівання відбувається у віброударному режимі за рахунок ударів, що завдаються підтримуючим динамічно активним гумовим резонуючим стрічково-струнним ситом по верхньому класифікуючому з жорсткої металевої сітки.

Література.

1. Пат. № 53632 UA, МПК В 07 В 1/40 (2006.01). Вертикальний вібраційний грохот / Надутий В.П., Левченко П.В., Кіжло Л.А.; заявник і патентовласник ІГТМ НАНУ; Заявл. 26.04.2010; Опубл. 11.10.2010, Бюл. №19. – 3 с.
2. Naduty, V., Malanchuk, Z., Malanchuk, E., & Korniyenko, V. (2015). Modeling of vibro screening at fine classification of metallic basalt. *New Developments in Mining Engineering*, 441-443. <https://doi.org/10.1201/b19901-77>.
3. Malanchuk, Z.R., Khrystyuk, A.O., Stets, S.Ye. Semeniuk, V.V., Malanchuk, L.O. (2022). Substantiation of research results on energy efficiency of basalt crushing. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (6), 41-46.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ГІДРАВЛІЧНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗОЛИ-ВИНОСУ ТЕС

Д.т.н., зав. відділу Шевченко Г.О., с.н.с. Усов О.А., с.н.с. Чолишкіна В.В.,
м.н.с. Курілов В.С.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Мета досліджень - встановлення можливості знизити вміст вуглецю в золі виносу ТЕС до нормативних показників будівельної промисловості. Для лежалої золи із золосховища єдиний економічно та екологічно виправданий спосіб – гідравлічна сепарація.

Експеримент проводився в лабораторному пристрої – в двометровій трубі діаметром 56 мм, у якій реалізовувалася сепарація за допомогою вертикального потоку води. Методика експерименту полягає в змішуванні золи, що заповнює нижню частину труби, з водою, яка подається через патрубок на дні колби. Створеним висхідним потоком води легші фракції виносяться в злив у верхній частині труби. Важкі фракції залишаються в донній частині труби.

Виходячи з теоретичних розробок [1,2], експерименти були зосереджені на визначенні оптимальних параметрів швидкості висхідного потоку суспензії для різного розміру частинок. Ефективність видалення вуглецю оцінювалася по вмісту незгорілих частинок вугілля у пісках і зливі.

Висхідна зола (100 кг) спочатку висушувалася і усереднювалася, а потім на полічастотному вібраційному грохоті за допомогою двох сіток розділялася на дві пари вузьких класів: +56мкм і -56 мкм, та +40 мкм і -40 мкм. Гідросепарації підлягала кожна з цих проб окремо при різних швидкостях висхідного потоку.

Результати підтверджують відому закономірність, що крупніший матеріал потребує більшої швидкості потоку. Для крупності +56 та +40 мкм при низьких швидкостях потоку суспензії сепарація майже не відбувається і вихід зливу невеликий. При підвищенні висхідного потоку в крупності + 40 мкм можливо отримати в зливі до 49,8 % С та в осаді 20% С, з вмістом вуглецю по вихідному 29,73 %.

Для крупності -56 мкм ця закономірність виражена значно слабкіше, а для -40мкм вона майже не спостерігається. Збільшення швидкості висхідного потоку з 2 до 6 мм/с для кл. -40 мкм призводить до зменшення вмісту вуглецю в пісках лише на 1,5% (з 11,5 до 10%), а вміст вуглецю в зливі залишається практично однаковим (14%). Єдине на що сильно впливає швидкість висхідного потоку – це вихід тонкого класу. Зниження вмісту вуглецю в пісках на 1,5% супроводжуються майже трикратним падінням їх виходу.

Отримані результати свідчать про технічну можливість зниження вмісту вуглецю в золі виносу ТЕС до нормативних показників будівельної промисловості. При цьому для зниження вмісту вуглецю до 10% і нижче можна застосувати двох стадійну гідросепарацію. А для зниження вмісту вуглецю до 15% достатньо однієї стадії гідросепарації при швидкості висхідного потоку до 2 мм/с.

Література.

1. Shevchenko G.O., Mathematical model for determining the hydraulic characteristics of finely dispersed water mineral suspensions/ Shevchenko G.O., Cholyshkina O.G., Sukharyev V.V., Kurilov V.S. V.S.//Geotekhnicheskaya Mekhanika [Geo-Technical Mechanics].- Dnipro, 2023.- vol.163.- pp. 155–164.
2. Shevchenko G.O., The rate of constrained particles deposition in a wide range of suspension density in the laminar-turbulent operating modes / Shevchenko G.O., Cholyshkina V.V., Sukharyev V.V., Kurilov V.S., Lebed H.B.// .//Geotekhnicheskaya Mekhanika [Geo-Technical Mechanics].- Dnipro, 2023.- vol.164.- pp. 103–116.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКУ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕЗБАГАЧЕННЯ У ВИГЛЯДІ ГІДРОСУМІШІ ВИСОКОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

Ст. наук. співробітник Семененко Є.В., ст. дослідник Слободянникова І.Л.,
Усатенко В.В.

ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

Функціонування вуглевидобувних та вуглезбагачувальних підприємств неможливо без створення та експлуатації сховищ відходів (СВ) вуглезбагачення, які залишаються та нікуди не зникають навіть після закриття шахт і вуглезбагачувальних фабрик (ВЗФ). Враховуючи більш ніж сторічний термін видобутку вугілля на території України, ці об'єкти створюють значну екологічну загрозу. Окрім екологічної загрози існує проблема подальшого функціонування ВЗФ, оскільки більшість СВ заповнені на 60 – 90 % проектної потужності, що потребує відведення нових ділянок земель під нові СВ. З урахуванням цього, вивільнення обсягів СВ [1 – 5] за рахунок вилучення додаткового палива дозволяє використовувати вже існуючі СВ для складання нових відходів вуглезбагачення (ВВ) для їх подальшої переробки. Тверда фракція ВВ характеризується значною зольністю, яка для більшості випадків може перевищувати 60 % [4, 5], що створює перспективу використання котлів киплячого шару з пульсаційною подачею повітря [1, 2], до яких ВВ потраплятимуть у вигляді гідросуміші високої концентрації (ГВС) [3]. Це дозволяє використовувати безнапірний гідротранспорт по ухильним трубопроводам, які оснащені апаратами типу шнек, що дозволяють підвищити напір ВВП без суттєвого змінення його витрати. Але методи розрахунку таких транспортних систем наразі відсутні. За умов повного заповнення поперечного перетину трубопроводу ГВС, що транспортується, спираючись на відомі методи розрахунку гідравлічного ухилу та продуктивність гідротранспортного комплексу, використовуючи повне рівняння Букінгама, а також рівняння Бернуллі для потоку гідросуміші, а при визначенні параметрів безнапірної течії – рівняння Бінгама-Шведова [2, 6, 7] для визначення геометричних параметрів трубопроводу авторами публікації в роботі [8, 9], рекомендовано використовувати наступні формули:

$$H_* = k \left(\frac{\sqrt{2\sigma k_z}}{\rho_0 g i_g} \sqrt[3]{\frac{\pi \alpha^{2.5} \tau_0^4}{\beta \eta Q} \frac{1-\theta}{\theta^{5.5}}} - 1 \right) \Delta Z, \quad H = \frac{K_Q}{Q},$$
$$i_g = \frac{\Delta Z}{L}, \quad \theta = \frac{2\sigma}{\alpha k_z} \left(1 - \frac{\rho_s - 1}{\rho_s} C \right)^2, \quad K_Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \frac{D - d}{2} \frac{BK_* N}{\rho_0 g},$$

де H_* – напір, який необхідно створити шнеком; k – коефіцієнт запасу по напору ($k > 1$); i_g – необхідний геодезичний уклон трубопроводу; ΔZ – різниця геодезичних висот початку та кінця трубопроводу; θ – ефективне значення коефіцієнту запасу по радіусу трубопроводу; σ – коефіцієнт запасу по радіусу трубопроводу ($\sigma > 1$); α, β – емпіричний коефіцієнт апроксимації реологічних характеристик ВВ у вигляді ГВС [7]; k_z – коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів;

τ_0 – початкове дотичне напруження ВВ у вигляді ГВС; ρ_0 – густина рідкої фази ВВ; g – прискорення вільного падіння; η – ефективна в'язкість ВВ у вигляді ГВС; Q – витрата ВВ у вигляді ГВС; C – вагова концентрація ГВС; ρ_s – відносна густина частинок твердої фази ВВ; H – напір, що створюється шнеком; K_Q – коефіцієнт витратно-напірної характеристики шнеку; D – зовнішній діаметр шнеку; d – внутрішній діаметр шнеку; B – товщина витку шнеку; K_* – узагальнений коефіцієнт продуктивності шнеку; N – потужність електродвигуна шнеку; L – відстань по горизонталі на яку необхідно забезпечити транспортування ВВП.

Розглядаючи сумісно перші два рівняння та враховуючи останні три формули, після відповідних перетворень та апроксимації відповідних залежностей від ефективного значення коефіцієнту запасу по радіусу трубопроводу ступеневими функціями, отримаємо наступний вираз для розрахунку витрати ВВ у вигляді ГВС

$$Q = \frac{k_z^{20}}{\sigma^{15} k^{1,5}} \frac{\alpha^{30} \tau_0^6}{(\rho_0 g i_g)^{10}} \left(\frac{\Delta Z}{\beta \eta K_Q} \right)^{2,28} \frac{0,0012}{\left(1 - \frac{\rho_s - 1}{\rho_s} C \right)^{38}}.$$

Остання формула враховує як параметри магістралі та потужність електродвигуна шнеку, геометричні параметри шнеку, такі як зовнішній та внутрішній діаметр і товщина його витку, так і реологічні характеристики ГВС. Це дозволяє використовувати формулу, що отримано, не тільки для розрахунку витрати ВВ, але й для визначення необхідних параметрів електродвигуна, шнеку чи трубопроводу, які забезпечують витрату ВВ у вигляді ГВС, що регламентована.

Література

1. Дякун (Слободянникова) І.Л. Повышение эффективности энергетической переработки угля. - Киев: Наукова думка, 2014. – 126 с.
2. Круть О.А. Водовугільне паливо / О.А. Круть. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.
3. Дякун (Слободянникова) І.Л. Обґрунтування параметрів пульсаторів повітряного потоку для підвищення ефективності технологій переробки корисних копалин: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / І.Л. Дякун. – Дніпро: ІГТМ НАН України, 2016. – 143 с.
4. Булат А.Ф. Перспективы создания энергетических комплексов на базе угледобывающих предприятий / А.Ф.Булат, И.Ф. Чемерис // Уголь Украины. – 2006. – № 2. – С. 3 – 6.
5. Булат А.Ф. Техніко-економічні аспекти переробки низькосортного вугілля та шахтного метану у теплоенергетичних комплексах на базі вуглевидобувних підприємств / А.Ф. Булат, І.Ф. Чемерис // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2000. – № 4. – С. 88 – 94.
6. Світлий Ю.Г. Гідравлічний транспорт твердих матеріалів / Ю.Г. Світлий, О.А. Круть. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2010. – 268 с.
7. Киричко С.Н. Обоснование методики расчета гидравлического уклона при течении пульпы с концентрацией пасты / С.Н. Киричко, Е.В. Семененко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 110 – С. 121 – 134.
8. Семененко Є.В. Нові шляхи вирішення утилізації відходів вуглезбагачення з можливістю підвищення безпеки енергетичної системи підприємств/ Семененко Є.В., Слободянникова І.Л., Тепла Т.Д.// Геотехнічні проблеми розробки родовищ: Матеріали XX міжн. конф.молодих вчених– Дніпро: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2022 С. 119-121
9. Слободянникова І.Л. Обґрунтування використання шнеку для утилізації відходів вуглезбагачення з можливістю підвищення безпеки енергетичної системи підприємств/ Слободянникова І.Л., Тепла Т.Д., Подоляк К.К. // Геотехнічні проблеми розробки родовищ: Матеріали XXI міжн. конф.молодих вчених – Дніпро: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2023 С. 50-55

**ДО МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ
МЕТАЛОПОЛІМЕРНОГО АНКЕРА З ОТОЧУЮЧИМ СЕРЕДОВИЩЕМ**

Ларіонов Г.І., Земляна Ю.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Анкерне кріплення підземних споруд стає дедалі поширеним та сучасним видом кріплення. Цьому сприяє низька собівартість та низька металоємність. Сучасні методи розрахунку систем анкерного кріплення базуються на широкому застосуванні методів моделювання. Математичне моделювання вигідно відрізняється серед них своєю зручністю та доступністю, завдяки широкому розповсюдженню комп'ютерних систем. Проте основним та складним процесом у ньому є вибір математичної моделі (ММ). Зважаючи на складність процесів, пов'язаних з кріпленням підземних споруд (виробок), найбільшого поширення набули чисельні методи, засновані на методі скінчених елементів (МСЕ). Добре розроблений інтерфейс сучасних пакетів заснованих на МСЕ методах сприяє їх широкому розповсюдженню. Проте аналіз отриманих масивів чисельних даних має свої особливості. Так графічне зображення залежності параметрів напружено деформованого стану у околі виробки від конструктивних параметрів кріплення обмежений двома та трьома вимірними зображеннями. Наочність таких зображень дозволяє виконувати та використовувати його для висновків стосовно проектів кріплення. Оскільки множина таких параметрів є значною, то процедура аналізу важливості впливу на напружено деформований стан у околі закріпленої виробки не є легкою. Таким чином, розробка процедур, які дозволять зменшити витрати машинного часу на представлення ММ методами МСЕ у вигляді математичних формул, є актуальною науковою задачею.

За можливості обрання аналітичних розв'язків таких складнощів можна уникнути. Одним із ефективних методів, який дозволяє отримувати аналітичний зв'язок між параметрами напружено деформованого стану та конструктивними параметрами є узагальнена задача М.Є Жуковського.

ММ яка покладена в основу цієї задачі і має аналітичний розв'язок полягає у схожості взаємодії металополімерного анкера з гірською породою до взаємодії анкера через проміжну втулку з навколишнім середовищем. Модифікація цієї моделі до потреб математичного моделювання та розрахунку дозволила з успіхом використовувати її до практичних потреб. Проте при детальному вивченні моделі з'ясувалась необхідність врахування характеристик взаємодії на контактах в системі «анкерна штанга – фіксуєча суміш – гірська порода».

До тепер у якості коефіцієнтів пропорційності у виразах переміщень від сил, які діють на фіксуєчу суміш як від гвинтоподібних виступів на анкерній штанзі, так і на контакті з гірською породою приймалися переміщення на вказаних контактах від розтягу. Проте поглиблений аналіз взаємодії фіксуєчої суміші з анкерною штангою дозволив спростувати механізм їх визначення. До причин такого рішення призвів аналіз аналогічних експериментів на висмикування анкеру для бетону. Так з'ясувалось, що сили адгезії, які раніше враховувались є відносно невеликими. Тому, враховуючи незначну товщину шару фіксуєчої суміші запропоновано для визначення коефіцієнтів враховувати лише процес деформації його лише під дією перерізуючих сил від дії періодичних виступів на поверхні анкерної штанги. Такий підхід дозволить врахувати геометрію періодичних виступів на відповідних поверхнях. Порівняння результатів розподілення сил взаємодії в системі «анкерна штанга – фіксуєча суміш – гірська порода» отриманих за запропонованою моделлю та отриманих МСЕ методом показало незначну різницю результатів, що дозволило зробити висновок про правильність вказаного підходу.

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛА ПУЛЬПОУТВОРЕННЯ ПРИ КЕРУВАННІ ЗАСУВКОЮ НА ТРУБОПРОВОДАХ, ЩО ПОДАЮТЬ ВОДУ В ЗУМПФ

Професор Блюсс Б.О., Рижова С.О., аспірант Сімес В.Є.
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

Напірний гідротранспорт є невід'ємною частиною технології видобутку та переробки розсіпів та складовою, яка в значній мірі визначає собівартість товарних концентратів за рахунок витрат електричної енергії та зворотної води, а також вплив на стабільність режимів роботи відповідних ланок технологічного процесу [1 – 4]. Майже всі ці фактори визначаються стійкістю процесу пульпоутворення (ПП) та можливістю оперативно керувати режимом роботи вузла пульпоутворення (ВПУ). В умовах відкритих гірничих робіт єдиним способом керування роботою ВПУ є змінення ступеня перекриття засувки на трубопроводах, що подають воду в зумпф. Але жодна з відомих моделей ВПУ даного фактора не враховують.

Вважаючи, що вода подається в зоні квадратичного закону опору одним трубопроводом відразу на кілька гідромоніторів та патрубків подачі в зумпф на одному ВПУ, з використанням рівняння Бернуллі, отримано наступні формули для розрахунку параметрів роботи ВПУ [1 – 5]:

$$Q_z = \frac{k_g}{n_z} \frac{\Gamma}{\theta} Q_g; Q_w = k_g \left(1 + \frac{\Gamma}{\theta}\right) Q_g; Q = k_g \left(1 + Y + \frac{\Gamma}{\theta}\right) Q_g; Q_s = j_g A_g Q_g;$$

$$\rho = \frac{\Omega\theta + \Theta}{\theta + \Theta}; \Omega = \frac{1 + (1 + Ar)Y}{1 + Y}; Y = \frac{j_g}{k_g} A_g; \psi_z = \frac{\theta Y}{\theta + \Gamma}; C_z = \frac{Y}{1 + Y} \frac{\theta}{\theta + \Theta};$$

$$Q_g = \frac{D_u^2}{1,83} \sqrt{\frac{g H_a}{z_z}} \sqrt{P_{gk} - 1 + \frac{h_* - h_g}{H_a}}; \Gamma = \frac{n_z}{k_g} \sqrt{1 + 1,17 \frac{g D_u^4}{z_g Q_g^2} (h_g - h_z)}; \Theta = \frac{\Gamma}{1 + Y};$$

$$\theta = \frac{\xi_x}{z_g} \left(\frac{D_u}{D_z}\right)^4 + \frac{z_z}{z_g}; z_g = \lambda_u \frac{L_u}{D_u} + \xi_u + \left[(1 + \xi_0) \left(\frac{D_g}{d_g}\right)^4 + \lambda_g \frac{L_g}{D_g} + (\xi_g - 1) \right] \left(\frac{D_u}{D_g}\right)^4;$$

$$z_z = \lambda_u \frac{L_u}{D_u} + \xi_u + \left(\xi_z + \lambda_z \frac{L_z}{D_z} \right) \left(\frac{D_u}{D_z}\right)^4; \xi_x = 0,052 e^{0,23m},$$

де Q_s – сумарна об'ємна витрата твердих частинок, що подаються у зумпф; j_g – кількість гідромоніторів, що одночасно розмивають забій; A_g – питома продуктивність гідромонітора по твердому матеріалу; Q_w – сумарна об'ємна витрата води, що подається в зумпф; k_g – кількість гідромоніторів, які забезпечують ПП; n_z – кількість трубопроводів, що подають воду у зумпф; Q – об'ємна витрата гідросуміші, що надходить у зумпф; C_z – об'ємна концентрація пульпи в зумпфі; Ar – параметр Архімеда частинок, що транспортуються; ρ –

відносна густина гідросуміші; ρ_s – густина твердих частинок; ρ_w – густина води; ψ_z – співвідношення витрат фаз гідросуміші в зумпфі; Q_g – витрата води через насадок гідромонітора; H_a – атмосферний тиск; g – прискорення вільного падіння; P_{gk} – тиск на вході до ВПУ; h_* – геодезична позначка входу до ВПУ; h_g – середнє для забійних станцій значення геодезичної позначки насадки гідромонітора; d_g – діаметр вихідного перерізу насадки гідромонітора; D_g – діаметр трубопроводу, що подає воду на гідромонітор; D_u – діаметр трубопроводу, що подає воду до вузла гідромоніторів; L_g – довжина трубопроводу, що подає воду на гідромонітор; L_u – довжина трубопроводу, що подає воду до ВПУ; λ_g – коефіцієнт гідравлічного опору трубопроводу, що подає воду на гідромонітор; λ_u – коефіцієнт гідравлічного опору трубопроводу, що подає воду до ВПУ; ξ_g – коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів трубопроводу, що подає воду на гідромонітор; ξ_0 – коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів насадки гідромонітора; ξ_u – коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів трубопроводу, що подає воду до вузла гідромоніторів; Q_z – витрата води через трубопровід, що подає воду в зумпф; h_z – середнє для вибійних станцій значення геодезичної позначки виходу з трубопроводу, що подає воду в зумпф; D_z – діаметр трубопроводу, що подає воду в зумпф; L_z – довжина трубопроводу, що подає воду в зумпф; λ_z – коефіцієнт гідравлічного опору трубопроводу, що подає воду в зумпф; ξ_z – коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів трубопроводу, що подає воду в зумпф; ξ_x – коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів насадки шиберної засувки, встановленої на трубопроводі подачі води в зумпф; q_z – параметр гідравлічного взаємовпливу потоків усередині ВПУ; m – кількість витків штока засувки [5].

Застосування формул, що наведені вище, дає можливість визначити параметри ПП при різних значеннях кількості витків штока засувки, а саме дозволяють здійснювати моделювання параметрів ВПУ при керуванні засувкою на трубопроводах, що подають воду в зумпф.

Література

1. Блюсс Б.А., Головач Н.А. Совершенствование технологий предобогащения ильменитовых руд. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 126 с.
2. Семененко, Е.В. Научные основы технологий гидромеханизации открытой разработки титан-цирконовых россыпей / Евгений Владимирович Семененко. – Киев: Наукова думка, 2011. – 232 с.
3. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий // Ю.Д. Баранов, Б.А. Блюсс, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин – Д.: «Новая идеология», 2006. – 416 с.
4. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семененко, В.Д. Шурыгин. – Днепропетровск: Січ, 2001. – 224 с.
5. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения / Е.Л. Звягильский, Б.А. Блюсс, Е.И. Назимко, Е.В. Семененко. – Севастополь: «Вебер», 2002. – 247 с.

УСТАНОВКИ ПЛАЗМОВОГО РОЗШИРЕННЯ СВЕРДЛОВИН: ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Н.с. Осінній, м.н.с. Осіння Н.В.

Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України

Серед різних електротехнологічних процесів значне місце займають методи використання електродугової плазми, які знайшли застосування у гірничорудній промисловості. Плазмові генератори – надзвичайно гнучкий інструмент за тепловими, енергетичними та експлуатаційними параметрами. Вони прості за конструкцією та в керуванні процесом, і є єдиним засобом створення котлових порожнин у міцних рудах заданої форми, що дозволяє здійснювати нові процеси в буропідривному комплексі робіт. Теоретична оцінка зміни питомої енергії вибуху, випромінюванням у масив гірських порід при створенні котлових розширень у свердловинах, раніше пробурених механічним способом наведена в роботі [1].

В ІГТМ НАН України розроблено низку експериментальних плазмових установок, що пройшли промислові випробування в умовах шахт Кривбасу. Випробування малогабаритної експериментальної плазмової установки (МЕПУ) у блоках магнетитових кварцитів рудного тіла на різних горизонтах показало перспективність розвитку робіт зі створення низки установок у різних технологіях гірничорудного виробництва: УПРС, УПРС-1, УПРС-В, УПС, УПС-1 [2].

У всіх установках в якості робочого органу застосовувався плазмотрон з газовихревої стабілізації дуги. Температура факела 3500-4000°C, що вище застосовуваних термічних пальників на ПівдГЗК [3]. При випробуваннях установок отримано позитивні результати щодо розширення вибухових – віялових та низхідних свердловин для ведення очисних робіт, а також компенсаційних (врубових) горизонтальних і вертикальних свердловин для проходки горизонтальних та вертикальних виробок у різних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах.

Перспективи розвитку установок плазмового розширення свердловин повинні йти шляхом удосконалення робочого органу. Це можуть бути плазмотрони на парі та плазмотрони термоциклічної дії. Плазмові установки можуть знайти широке застосування для формування дучек і різних форм забійок при відбійці міцних руд.

Література :

1. Булат А.Ф., Никифорова В.А., Осенний В.Я. Повышение эффективности буровзрывных работ// Вісник КДПУ. -2006. – Вып. 2.- С. 93-94.
2. Осенний В.Я. Техника и технология обурирования блоков магнетитовых кварцитов с применением плазмотронов в подземных условиях рудников Кривбасса // УСИБ.-2014.-№2.- С. 14-20.
3. Федин К.А., Шевченко С.В. Повышение эффективности и экологической безопасности производства буровзрывных работ в условиях карьера ПАО «ЮГОК»//УСИБ. – 2016. – № 1. – С. 4-15.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ШНЕКУ ПРИ НЕПОВНОМУ НАПОВНЕННІ ТРУБОПРОВОДУ

С. н. с. Медведєва О.О., с. н. с. Семененко Є.В., студент Роман С.Г.
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, НТУ «Дніпровська політехніка»

Сховища відходів вуглезбагачення є невід'ємною складовою техногенного ландшафту сходу України, як і всіх вуглевидобувних регіонів у світі [1 – 5]. Над проблемою утилізації цих техногенних гідротехнічних об'єктів працюють багато вітчизняних та закордонних науковців. Найбільш перспективним напрямком таких досліджень вважається утилізація твердої фази відходів безпосередньо в місці їх складування у вигляді водовугільного палива з отриманням теплової та електричної енергій [2, 4, 5]. Розміщення обладнання для утилізації безпосередньо біля сховища відходів дозволяє спрямувати теплову та електричну енергії, що отримані, на випарювання або електроліз рідкої фази відходів вуглезбагачення з метою осушення сховища або виготовлення водневого палива. Такий підхід передбачає вилучення твердої фази відходів вуглезбагачення з-під денної поверхні сховища та транспортування її на невеликі відстані, що створює перспективи для застосування саме шнекового транспорту [4, 5]. Це дозволяє вилучати тверду фракцію з мінімально можливою вологою, а доставивши до місця утилізації додати необхідну кількість рідкої фази, з того ж самого сховища, та утворити гідросуміш високої концентрації, яка вже надходить до енергетичного об'єкту. Відомі методи розрахунку параметрів шнеку [3 – 5] орієнтовані на переміщення сипкого матеріалу, який розглядається. Одним з факторів, що треба враховувати, це заповнення корпусу шнеку менш ніж на половину поперечного перерізу (рис. 1). Таким чином, розглядається шнековий транспортер з корпусом у вигляді труби (1) та валом (2), на якому є лопаті (3), що переміщують шар матеріалу, який транспортується між ними (4), за умови, що максимальна висота цього шару не перевищує радіус труби (5).

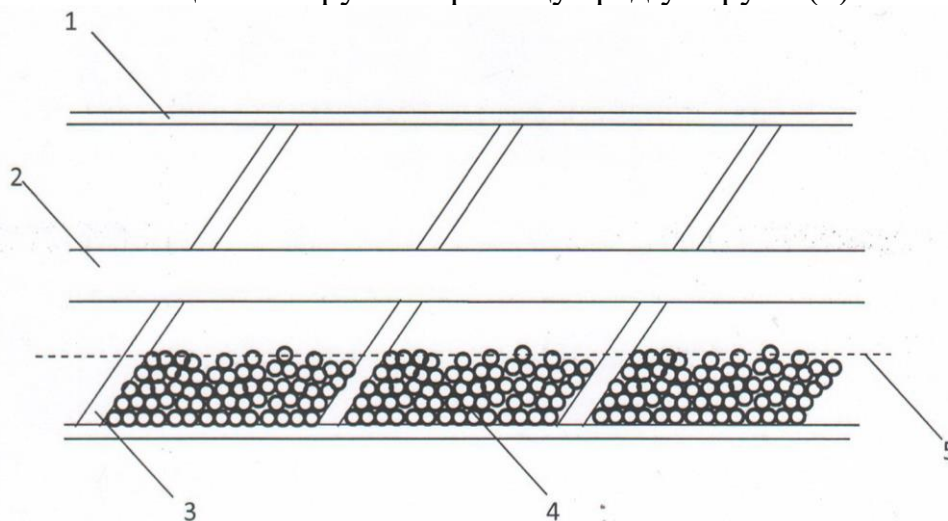


Рис. 1.

Спираючись на вже відомі залежності для розрахунку параметрів шнеків, та використовуючи фундаментальні закономірності механіки сипкого

середовища й електродинаміки асинхронних двигунів, автори отримали наступні залежності для визначення основних технологічних параметрів шнеку для умов, що розглядаються [1 – 5]

$$Q = \frac{R^2 b \omega_0 s_k}{7,161} \left(\frac{2 + 3,367 s_k}{2,132 s_k} - g \right) \eta^{1,44}, \quad g = \frac{2,081 M_m (1 + s_k)}{\eta^{1,5} g \rho_0 \left(1 - \frac{\rho_s - 1}{\rho_s} C \right) L R^3 f \cos \psi},$$

$$P = \omega_0 M_m (1 + s_k) \left(\frac{2 + s_k}{g} + 2,174 s_k - (1 + 2,107 s_k) g \right), \quad \eta = \frac{h_0}{R},$$

де Q – об’ємна витрата матеріалу, що транспортується, $\text{м}^3/\text{с}$; P – потужність електричного двигуна, Вт ; R – радіус лопаті шнеку, м ; b – шаг шнеку, м ; ω_0 – частота обертання електромагнітного поля, с^{-1} ; s_k – критичне ковзання електричного двигуна [5]; g – електрично-механічний параметр; η – ступень наповненості шнека-транспортеру; M_m – максимально можливий момент електричного двигуна, $\text{Н}\cdot\text{м}$ [5]; g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$; ρ_0 – густина рідкої фази; C – вагова концентрація матеріалу; ρ_s – відносна густина частинок твердої фази; L – довжина шнека-транспортеру, м ; f – узагальнений коефіцієнт тертя матеріалу, що транспортується, о внутрішню поверхню труби, з урахуванням його вологості; ψ – кут між лопаттю шнеку та віссю її обертання, рад ; h_0 – максимальна товщинна шару матеріалу, що транспортується, м .

Формули, що наведені, вперше дозволяють розрахувати технологічні показники шнека-транспортеру, такі як витрата матеріалу та потужність електродвигуна, що його забезпечує, по відомим геометричним характеристикам магістралі та трубопроводу, ступеню наповненості шнеку та параметрам електродвигуна, що обрано, з урахуванням ступеня наповненості шнека-транспортеру.

Література

1. Вибір перспективних біотехнологій та обґрунтування технологічних рішень, спрямованих на покращення екологічного стану навколишнього середовища сховищ відходів вуглезбагачення: звіт про НІР (пром.ж.) / ІГТМ НАН України: кер. Кирич С.М.; вик. Демченко Т.Д. – Дніпро, 2020. – 49 с. – № ДР0119U102430. – Інв. № 8401.
2. Дякун (Слободяникова) І.Л. Обґрунтування параметрів пульсаторів повітряного потоку для підвищення ефективності технологій переробки корисних копалин: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / І.Л. Дякун. – Дніпро: ІГТМ НАН України, 2016. – 143 с.
3. Киричко С.Н. Обоснование методики расчета гидравлического уклона при течении пульпы с концентрацией пасты / С.Н. Киричко, Е.В. Семенов // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 110 – С. 121 – 134.
4. Семенов Є.В. Нові шляхи вирішення утилізації відходів вуглезбагачення з можливістю підвищення безпеки енергетичної системи підприємств/ Семенов Є.В., Слободяникова І.Л., Тепла Т.Д. // Геотехнічні проблеми розробки родовищ: Матеріали ХХ міжн. конф. молодих вчених – Дніпро: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2022 С. 119-121
5. Слободяникова І.Л. Обґрунтування використання шнеку для утилізації відходів вуглезбагачення з можливістю підвищення безпеки енергетичної системи підприємств/ Слободяникова І.Л., Тепла Т.Д., Подоляк К.К. // Геотехнічні проблеми розробки родовищ: Матеріали ХХІ міжн. конф. молодих вчених – Дніпро: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2023 С. 50-55

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ БАШТИ СПУСКО-ПІДІЙМАЛЬНОЇ

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., студент Земянцев С.Я.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Спуско-підіймальна башта драги Новоселівського ГЗК є частиною спуско-підіймальної системи і призначена для нарощування або розбирання секцій трубного ставу землесосного снаряда, що забезпечує робоче переміщення ґрунтозабірного пристрою.

Спуско-підіймальна башта драги Новоселівського ГЗК — є висотною просторовою конструкцією що встановлена на видобувному модулі драги. Елементи спуско-підіймальної башти виконані з стандартного металевого прокату. Вибір типу конструкції спуско-підіймальної башти виконаний на основі технологічних і архітектурних вимог з урахуванням стандартних матеріалів, технологічної і економічної доцільності (Рис.).

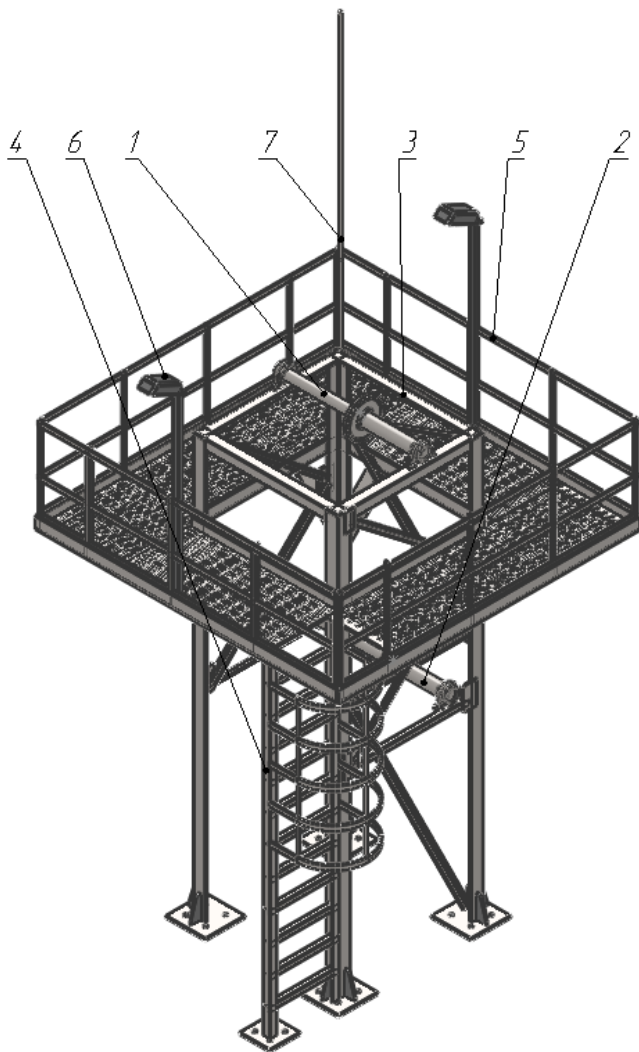


Рис. Спуско-підіймальна башта драги Новоселівського ГЗК

Відмінною особливістю спуско-підіймальної башти, як висотної споруди, є домінуючий вплив на її напружений стан метеорологічних чинників: вітрового навантаження, обледеніння, температури. Статичний розрахунок башт виконують звичайними методами будівельної механіки.

Конструкція спуско-підіймальної башти драги Новоселівського ГЗК (Рис.) складається з: вузла шківів спуско-підіймального 1; вузла шківів відхильного 2; рами опорної 3; драбини башти 4; площадки обслуговування башти 5; вузла прожектора 6; громовідводу 7.

Спуско-підіймальну башту драги Новоселівського ГЗК встановлюють на поверхні видобувного модулю і закріплюють анкерними болтами.

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані параметри конструкції вузла шківів спуско-підіймального.

РОЗРОБКА ВІБРАЦІЙНОГО ЖИВИЛЬНИКА ПРОДУКТИВНІСТЮ 20 Т/ГОД

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., студент Мироненко І.А.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Вібраційний живильник продуктивністю 20 т/год це стаціонарна установка (Рис.), що призначена для перевантаження відсіву лабрадориту, який використовується для виготовлення будівельних виробів. Приведена на рисунку установка складається з двох вібраційних живильників 2 що обладнані механізмом регулювання продуктивності живлення розподіленим потоком зернистої сировини, бункера що обладнаний подвійними випускними отворами 1, що дозволяє вивантажувати сировину паралельно, рама опорна 3 бункера з живильниками. Принцип дії вібраційного живильника продуктивністю 20 т/год: вихідну сировину, а саме відсів лабрадориту завантажують до бункера з використанням фронтального колісного навантажувача. Зернистий матеріал, під дією сили тяжіння власної ваги рухається до випускного отвору і потрапляє на лоток вібраційного живильника. Під дією вібрації спричиненої роботою віброприводу зернистий матеріал рухається віброуючим лотком до області розвантаження. Кут нахилу лотка віброживильника підбирають так, щоб при вимкненому віброприводі, тобто у неробочому стані зернистий матеріал вільно лежав на лотку і не розвантажувався. Зміну продуктивності вібраційного живильника виконують шляхом регулювання товщини шару матеріалу на поверхні лотка.

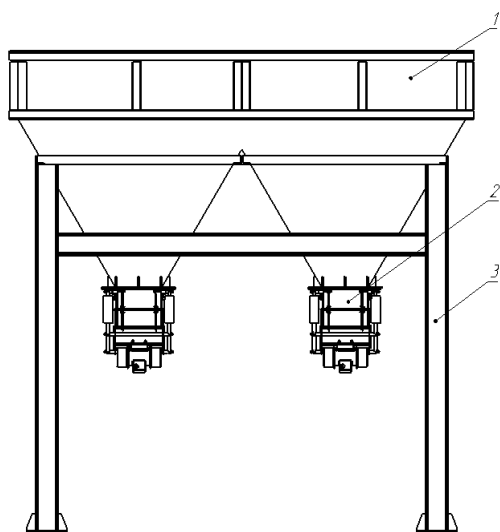
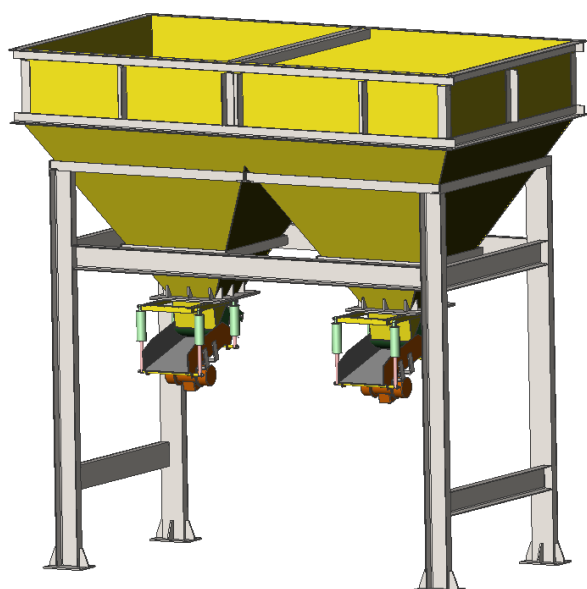


Рис. Вібраційний живильник продуктивністю 20 т/год

Бункер обладнаний подвійними випускними отворами і насамперед є стаціонарною установкою, що призначена для приймання і зберігання порції зернистого матеріалу, у даному випадку відсіву лабрадориту крупністю від 0 до 10 мм.

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані параметри конструкції вібраційного живильника.

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ УСТАНОВКИ ЛАБОРАТОРНОЇ ПРОСІЮВАЛЬНОЇ

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., студент Рисев Є.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Установку лабораторну просіювальну для підготовки проб мінеральної сировини до лабораторного вивчення (рис.) використовують для класифікації по крупності зернистої сировини під час вивчення її фізико-механічних параметрів, підготовки до визначення мінералогічного і хімічного складу, інших робіт у лабораторії. Мінерали що можуть бути класифіковані по крупності: пісок будівельний, пісок кварцовий, пісок скляний, пісок формувальний, пісок штучний дроблений зі скельних порід, пісок з вапняків, крейди, доломітів тощо. У приведеній установці зернисту сировину класифікують по крупності у лінійному вібраційному полі коливань. Сировину для переробки установкою лабораторною просіювальною подають вручну з використанням лопаток лабораторних у область живлення вібраційного грохоту. Збір надрешітної сировини після її переробки і класифікації виконують до переносних лотків, підрешітний продукт накопичують у бункері, що є складовим елементом установки лабораторної просіювальної. Невеликі розміри установки і мала потужність приводів не дозволяють її застосовувати і компонувати з іншими процесами гірничого виробництва, наприклад транспортування й складування. Установку лабораторну просіювальну також доцільно використовувати при визначенні режимів вібраційної класифікації мінеральної сировини з метою подальшого обґрунтування технологічних параметрів обладнання і комплексів переробки, визначення раціональних конструктив-

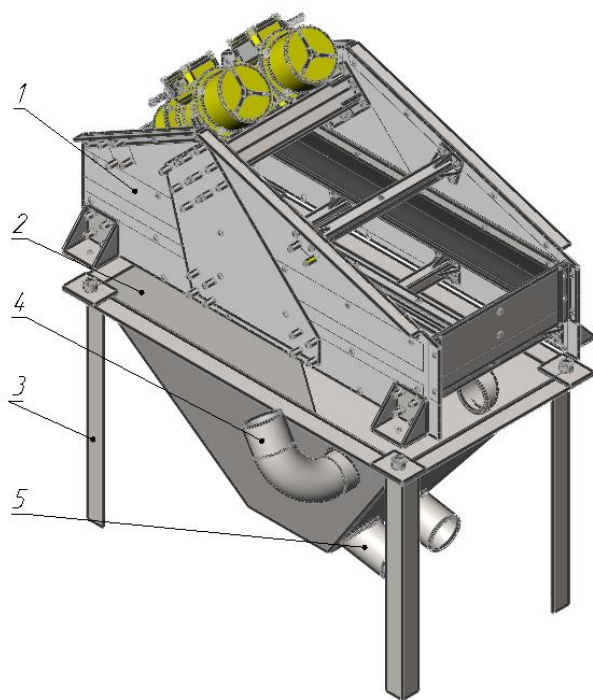


Рис. Установка лабораторна просіювальна для класифікації зернистої сировини по крупності

них параметрів.

Установка лабораторна просіювальна (рис.) складається з таких складальних елементів: грохоту вібраційного з лінійними коливаннями корпусу і просіювальної поверхні 1; бункеру підрешітної зернистої сировини 2; рами опорної 3; патрубку зливання підрешітної зернистої сировини; патрубки подачі технологічної води 5.

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані параметри конструкції установки.

INFLUENCE OF JAWS VIBRATION FREQUENCY ON THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF CRUSHED GLASS CONTAINERS

Associate Professor Fedoskina O.V., Assistant Erisov M.M.,

Associate Professor Fedoskin V.A.,

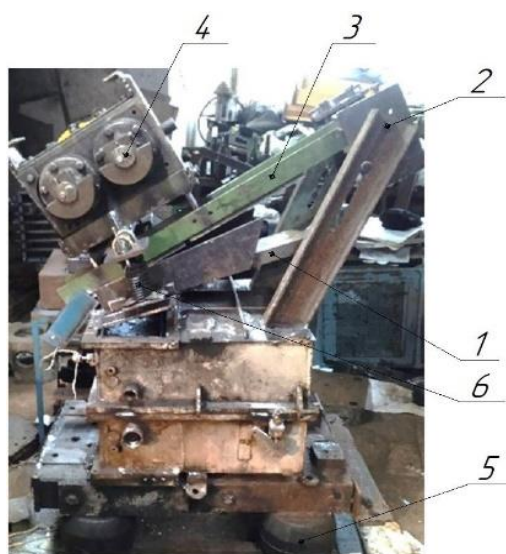
Dnipro University of Technology

A special feature of glass containers is that they complete their life cycle by recycling immediately after using the contents of the container. The reuse of glass containers is practically not used, which requires the disposal of hundreds of thousands of waste per year. Currently, two methods are being implemented: disposal to landfills and recycling. The first method is simple, but poses a serious environmental problem. Practically not decomposing and retaining sharp chips, cullet is dangerous for animals and people, occupies vast areas suitable for agricultural and industrial production, and pollutes air, water and soil.

The technological process of reusing glass containers includes waste collection, sorting, cleaning, crushing, grinding, and separation. The result is a commercial product in the form of glass chips or secondary raw materials used in the manufacture of new glass containers. At the same time, one ton of cullet saves 1.5 tons of mineral glass raw materials, incl. 100-130 kg of soda ash, 40-50 kg of sodium sulfate and 300-350 kg of quartz sand. In addition, there is a reduction in greenhouse gas emissions.

This indicates the relevance and need for analytical, experimental, and design developments aimed at increasing the efficiency of obtaining fine-grained and powder materials directly from waste glass containers.

The studies were carried out on a vibrating jaw crusher [1], including a passive crushing jaw 1 mounted on elastic elements 5 and simultaneously serving as a housing. The active jaw 3 is installed in the racks by means of the suspension axis 2,



relative to which it can perform rotational oscillations. Vibrations of the jaws are generated by a vibration exciter 4. The destruction of the material occurs in the crushing chamber formed by the working surfaces of the passive 1 and active 2 jaws. Research has shown that with a discharge gap width of 0...15 mm, the qualitative similarity of the granulometric curves is practically preserved.

It is possible to regulate the granulometric composition and distinguish the required classes with the finished product.

Reference

1. Fedoskina, O.V. (2018.) Dynamics of a vibratory percussion crusher with an inclined working chamber. Abstract of thesis candidate's dissertation Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine (in Ukr.).

РІДКІСНІ МЕТАЛИ В ГІРНИЧОМУ МАШИНОБУДУВАННІ УКРАЇНИ

К.ф.-м.н. Мухачев А.П., д.т.н. Шевченко В.Г.

ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

к.т.н. Єлатонцев Д.О., к.ф.-м.н. Харитонova О.А.

ДДТУ

Конструкційні матеріали на основі сплавів рідкісних металів є основними у виробництві гірничих машин і механізмів для кар'єрів і шахт. Оскільки вони працюють з гірськими породами різної твердості, хімічного складу, тому деталі машин, виготовлені з цих сплавів, повинні бути стійкими в процесах дроблення, подрібнення і стирання.

На Полтавському ГЗК як конструкційні матеріали екскаваторів і бульдозерів використовують високоміцний чавун і сталі з підвищеними показниками міцності, зносостійкості, в'язкості та температурного опору [1]. До їхнього складу входять сплави РЗЕ, ніобію і бору, які імпортуються з Німеччини.

Для зниження вмісту сірки та азоту в цирконієвих сплавах широко застосовується феросилікоцирконій. Сплави цирконію використовують для отримання тепловидільних збірок, як основу створення функціональних сплавів РЗЕ з алюмінієм, легованим ніобієм і бором, для виробництва деталей кульових млинів, що стираються, а також зубців ковшів гірничих машин (екскаваторів) [2].

Сплави з добавками цирконію з ніобію використовуються для виробництва сталевих виробів, які працюють в умовах знижених температур. Технології виробництва таких сплавів розроблені в Україні на основі вітчизняної сировини та лігатур на основі Zr-Fe, Nb-Fe тощо. Сьогодні ці матеріали, сплави та вироби ввозяться гірничо-збагачувальними підприємствами з-за кордону, але практично не застосовуються під час модернізації гірничої техніки.

Сплави на основі рідкісних металів є потенційно стратегічними матеріалами для гірничодобувної галузі, особливо в період післявоєнного відновлення економіки України для скорочення обсягів імпорту критичних матеріалів і хімічних елементів.

Література

1. Лотоус В. В. Вдосконалення технології вибухового зміцнення деталей гірничого обладнання шляхом додаткового імпульсного пластичного впливу : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Кременчук. нац. ун-т ім. Михайла Остроградського. – Кременчук, 2019. – 25 с.
2. Іжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'язучих будівельних матеріалів / В. Ю. Щербина, О.В. Гондляр, В.І. Сівецький. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 147 с.

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ СПІРАЛЬНОГО КЛАСИФІКАТОРУ ПРОДУКТИВНІСТЮ 150 Т/ГОД

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., студент Бузоверя А.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Спіральний класифікатор – гідравлічний класифікатор для розділення за крупністю та густиною дрібних та тонких класів мінералів, в якому пісок вивантажується примусовим переміщенням його по похилому жолобу конвеєром шнековим (гвинтом). Робота спірального класифікатора продуктивністю 150 т/год базується на використанні напівциліндричного зварного похилого корита з двома шнеками що обертаються. Ці шнеки транспортують пісок, який осідає на дно корита. Після досягнення верхньої частини корита, вологий пісок видаляється через спеціальний люк, розташований на дні корита. У процесі функціонування класифікатора вода, спільно з піщаними мінеральними частинками, утворює пульпу, яка становить вихідний продукт (живлення) для цього пристрою.

Спіральний класифікатор складається з кількох основних елементів, таких як: нижня опора(1); верхня опора(2); рама-корито(3); редуктор(4); двигун(5); муфти(6); вал(7); спіраль з лопатями(8).

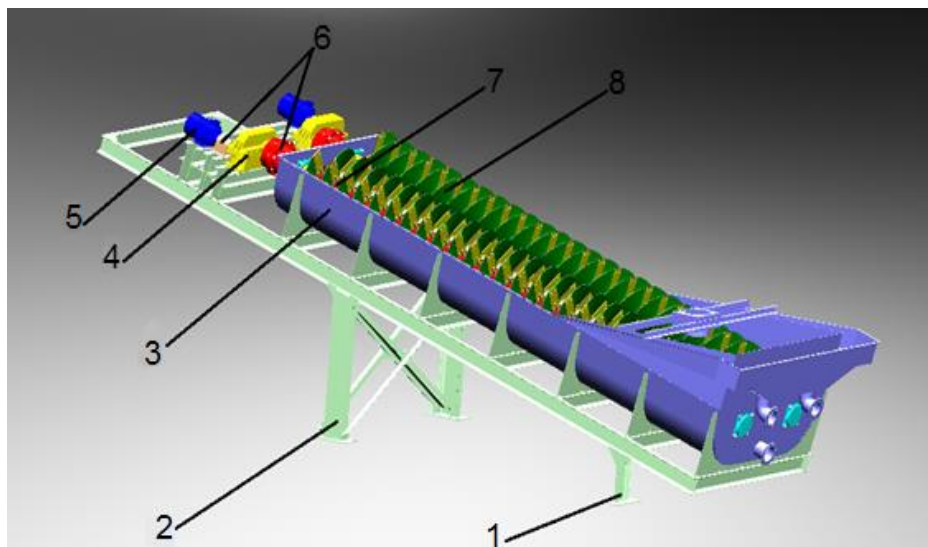


Рис. Спіральний класифікатор
продуктивністю 150 т/год

Класифікатори нерудного типу знаходять широке застосування у різних галузях промисловості, зокрема в будівельній, гірничо-збагачувальній та інших. Вони використовуються для проведення дешламації, фракціонування та зневоднення різноманітних матеріалів.

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані параметри конструкції спірального класифікатора.

РОЗРОБКА ЛОТКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА ПРОДУКТИВНІСТЮ 20 Т/ГОД

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., студент Шмалько С.С.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Лотковий живильник продуктивністю 20 т/год це стаціонарна установка (Рис.), що призначена для перевантаження кам'яного вугілля. Приведена на рисунку установка складається з лотка 2 обладнаного ексцентриковим механізмом 3 що регулює продуктивність живлення кам'яного вугілля, бункера 1 для вивантаження кам'яного вугілля, опорна рама 4 бункера з живильником.

Принцип дії лоткового живильника продуктивністю 20 т/год: вихідну сировину, а саме кам'яне вугілля завантажують до бункеру з використанням гусеничного екскаватора або іншого пристрою. Кам'яне вугілля, під дією сили тяжіння власної ваги рухається до випускного отвору і потрапляє на лоток живильника. Під дією зворотньо - поступального коливання спричиненого роботою привода кам'яне вугілля рухається по лотку до області розвантаження. Зміну продуктивності лоткового живильника виконують шляхом регулювання ходу кам'яного вугілля по поверхні лотка.

Бункер насамперед є стаціонарною установкою, що призначена для вивантаження кам'яного вугілля крупністю від 50 до 100 мм.

Виконана розробка твердотільної моделі в SolidWorks, розраховані параметри конструкції лоткового живильника.

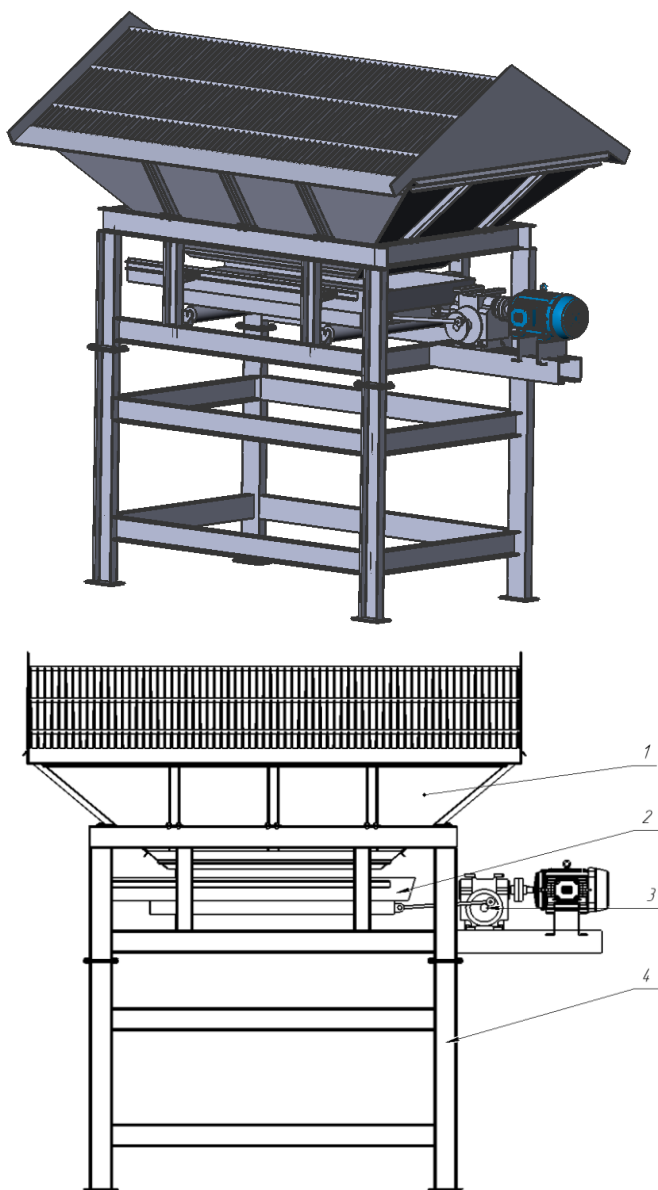


Рис. Лотковий живильник продуктивністю
20 т/год

РОЗРАХУНОК МАСИВНИХ ВІБРОСЕЙСМОІЗОЛЯТОРІВ ПРИ ДОВГОТРИВАЛИХ СТАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Лисиця М.І., Новікова А.В., Заболотна О.Ю., Агальцов Г.М.
(Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України),
Гребенюк С.М. (Запорізький національний університет)

Задача захисту будівель і споруд від руйнівної дії землетрусів є дуже актуальною, оскільки багато людей живуть на сейсмоактивній території. Житлові будинки у великих містах також потребують віброзахисту від поїздів метрополітену та автотранспорту. До найбільш перспективних способів віброейсмозахисту можна віднести застосування віброейсмоізоляторів на основі гумометалевих конструкцій.

Розглянемо розрахунок гумових віброізоляторів, що призначені для віброейсмозахисту будівель і споруд. Віброейсмоізолятори такого типу мають великі геометричні розміри (наприклад, діаметр сейсблока для житлових будівель 400 мм, висота – 70-120 мм) (рис. 1) та відрізняються великими деформаціями.

Нелінійність при великих деформаціях врахуємо за допомогою пружного потенціалу виду [1]:

$$W = C_1 I_1 + C_2 I_1^2 + F(I_2),$$

де I_1 , I_2 – перший та другий інваріанти тензора кінцевої деформації; C_1 , C_2 – константи матеріалу; $F(I_2)$ – функція, що залежить від типу матеріалу.

Розглянемо задачу про осьовий стиск силою P , прикладеною до торця масивного циліндричного гумового віброейсмоізолятора. Прийmemo, що перерізи залишаються плоскими та осьові переміщення є функціями лише координати z . Радіальні переміщення представимо у вигляді: $u_r = rf(z)$.

Записуючи умову мінімуму повної енергії системи, для визначення $f(z)$ отримуємо задачу Коши для диференціального рівняння другого порядку. Вирішуючи її чисельно за допомогою методу Рунге-Кутта четвертого порядку точності, можемо обчислити величину просідання сейсмоізолятора. Для двошарової сейсмоопори діаметром $d = 400$ мм, висотою гумового шару $h = 240$ мм та модулем зсуву $G = 0,63$ МПа просідання від дії навантаження $P = 50$ кН дорівнює $\Delta = 0,0127$ м.



Рис. 1

Поставлену задачу також було вирішено за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ), а саме спеціально розробленою схемою МСЕ – моментною схемою скінченного елемента, що дозволяє врахувати таку властивість гуми як слабка стисливість [2].

Ця схема полягає у потрійній апроксимації компонент вектора переміщень, тензора деформацій та функції зміни об'єму та утриманні ряду доданків за певними правилами. Для призматичного скінченного елемента трикутної форми ці апроксимації мають вигляд [3]:

$$u_{k'} = \sum_{lmn} \omega_{k'}^{(lmn)} \psi^{(lmn)} = \omega_{k'}^{(000)} + \omega_{k'}^{(100)} \psi^{(100)} + \omega_{k'}^{(010)} \psi^{(010)} + \\ + \omega_{k'}^{(110)} \psi^{(110)} + \omega_{k'}^{(001)} \psi^{(001)} + \omega_{k'}^{(101)} \psi^{(101)}; \\ \varepsilon_{11} = e_{11}^{(000)} + e_{11}^{(010)} \psi^{(010)} + e_{11}^{(001)} \psi^{(001)}; \varepsilon_{22} = e_{22}^{(000)} + e_{22}^{(100)} \psi^{(100)}; \\ \varepsilon_{33} = e_{33}^{(000)} + e_{33}^{(100)} \psi^{(100)}; \varepsilon_{12} = e_{12}^{(000)}; \\ \varepsilon_{13} = e_{13}^{(000)}; \varepsilon_{23} = e_{23}^{(000)} + e_{23}^{(100)} \psi^{(100)}; \theta = e_{11}^{(000)} g^{11} + e_{22}^{(000)} g^{22} + e_{33}^{(000)} g^{33},$$

де $u_{k'}$ – компоненти вектора переміщень у напрямку осі k' базисної системи координат; ε_{ij} – компоненти тензора деформацій; θ – функція зміни об'єму; l, m, n – максимальні ступені апроксимуючих поліномів відносно осей локальної системи координат x_1, x_2, x_3 ; g^{ij} – компоненти метричного тензора; $\omega_{k'}^{(lmn)}$ – коефіцієнти розкладання переміщень; $e_{ij}^{(lmn)}$ – коефіцієнти розкладання деформацій; $\psi^{(lmn)}$ – набір ступеневих координатних функцій виду:

$$\psi^{(lmn)} = \frac{(x_1)^l (x_2)^m (x_3)^n}{l! m! n!}.$$

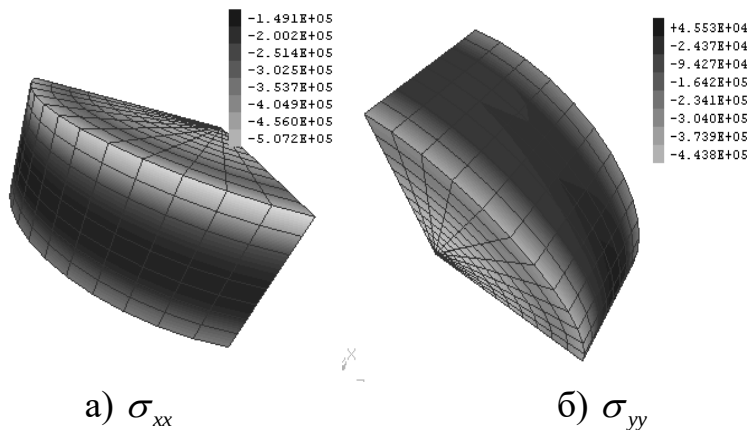


Рис. 2

Чисельну реалізацію цього методу було проведено у рамках обчислювального комплексу «МІРЕЛА+» [4]. Отриманий розподіл нормальних напружень у розглядуваному сейсмоізоляторі наведений на рис. 2. У результаті обчислень отримано також значення просідання сеймоопори $\Delta = 0,01128$ м,

що добре співпадає з попереднім розрахунком.

Література

1. Булат А.Ф. Расчет резиновых вибро-сейсмоблоков для защиты тяжелых машин и сооружений / А.Ф. Булат, В.И. Дырда, М.И. Лисица, А.В. Новикова, Ю.Г. Козуб, С.Н. Гребенюк // Геотехническая механика. – 2012. – Вып. 106. – С. 38-44.
2. Киричевский В.В. Метод конечных элементов в механике эластомеров / В.В. Киричевский. – К.: Наук. думка, 2002. – 655 с.
3. Дырда В.И. Аналитические и численные методы расчёта резиновых изделий / В.И. Дырда, С.Н. Гребенюк, С.И. Гоменюк. – Днепропетровск-Запорожье: Запорожский национальный университет, 2012. – 370 с.
4. Метод конечных элементов в вычислительном комплексе «МІРЕЛА+» / В.В. Киричевский, Б.М. Дохняк, Ю.Г. Козуб, С.И. Гоменюк, Р.В. Киричевский, С.Н. Гребенюк; Под ред. В.В. Киричевского. – К.: Наук. думка, 2005. – 408 с.

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ У КОНСТРУКЦІЯХ ЗАКРИТИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Доцент Мацюк І.М., старший викладач Твердохліб О.М.
НТУ «Дніпровська політехніка»

До найважливіших напрямків економії матеріальних ресурсів відноситься – зниження матеріалоємності продукції [1]. Це забезпечується шляхом вдосконалення конструкцій виробів та застосування нових матеріалів.

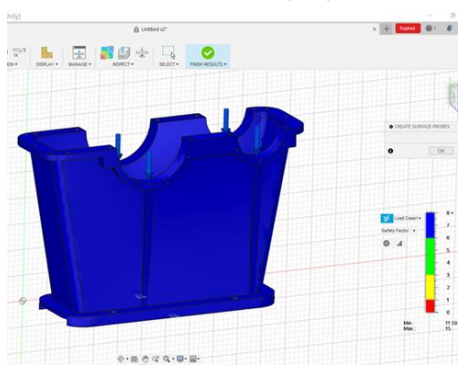
Матеріалоємність корпусів одноступінчастих закритих зубчастих передач може бути знижена за рахунок мінімізації товщини ненавантажених ділянок, застосовуючи чавуни з підвищеними механічними характеристиками [2].

У роботі розроблено 3D-модель корпусу редуктора потужністю 30 кВт. Полегшена конструкція корпусу редуктора повинна витримувати навантаження, визначені у розрахунках. Потрібно знизити масу конструкції корпусу при збереженні її міцнісних і експлуатаційних властивостей при можливості технічної виробничої реалізації.

Для цього запропоновано замінити матеріал корпусу сірий чавун на високоміцний чавун та зменшити товщину стінок до 3 мм і перевірити цей варіант полегшеного корпусу на міцність і жорсткість.

Оцінку напружено-деформованого стану корпусу редуктора виконано у програмі Fusion 360. Ціллю дослідження напружено-деформованого стану 3D-моделі корпусу редуктора було визначення деформації посадочних місць підшипників та максимальних напружень в корпусі.

Карта деформацій корпусу редуктора свідчить, що за цих умов аналізу в корпусі коефіцієнт запасу міцності дорівнює 11 (рис.), що свідчить, що для високоміцного чавуну межа міцності на розтягання складає 1200 МПа, тому за



цим параметром маємо допустимий запас міцності. Найбільша деформація корпусу редуктора практично не перевищує 0,079 мм, що є у межах температурних деформацій.

Аналіз напружено-деформованого стану корпусу показав достатні запаси міцності і жорсткості такої конструкції і те, що є можливість зробити конструкцію раціональною з точки зору мінімізації її маси.

Економічний аспект запропонованого методу залежить від потужності редуктора. Відсоток економії чавуну збільшується із нарощуванням потужності редуктора. У роботі показано, що для редуктора потужністю 30 кВт економія чавуну наближається до 30%.

Література

1. Плотников О.В. Економічні оцінки залізорудних родовищ у фінансових та інвестиційних проектах: Монографія. –Кривий Ріг: Мінерал, 2016. –274 с.
2. Шатов С.В., Мацюк І.М., Шляхов Е.М. Конструкції полегшених закритих зубчастих передач. Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2020 – № 62 – с. 187-195 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/62.187>.

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОДНО-ПОЛІМЕРНИХ ЗРАЗКІВ

Старші наукові співробітники Курносов С.А., Макеев С.Ю.,
науковий співробітник Новіков Л.А., головний технолог Возіанов В.С.
Інститут геотехнічної механіки НАН України

Для підвищення стійкості та гідроізоляції гірничих виробок в їх закріпному просторі створюють ізолюючо-зміцнюючий породно-полімерний шар шляхом смолізації подрібнених порід в просторі між кріпленням і прилеглим ґрунтом, що дозволяє захистити підземну виробку від статичних і динамічних навантажень та сприяє її гідроізоляції [1].

В промислових умовах важко визначити, як той чи інший склад смоли буде впливати на утворення шару, його міцнісні та ізоляційні властивості. Тому, для визначення параметрів нагнітання полімеру в масив та властивостей створеного при застиганні смоли захисного шару розроблений стенд (рис. 1), використання якого дозволяє створювати породно-полімерні диски. Стенд включає розбірну циліндричну камеру з притисною кришкою, обладнаною пристроєм для утворення тиску.



Рис. 1

Послідовність роботи зі стендом наступна. Спочатку підготовлюють породу потрібної фракції, зважують її, змішують зі смолою та заливають отриману композицію в камеру стенду. Потім зверху закривають кришкою з притискним болтом, за допомогою якого динаметричним ключем створюють потрібний тиск в камері. Після застигання смоли породно-полімерний зразок вилучають із камери, зважують, вимірюють геометричні розміри для визначення вмісту смоли та щільності отриманої композиції.

Потім зразок піддають циклічним навантаженням та після кожного циклу вимірюють його водопроникність, межу міцності на стиск, акустичні властивості, стійкість до ударного навантаження.

Таким чином, використання розробленого стенду дозволяє дослідити в лабораторних умовах вплив фізико-механічних властивостей створеної породно-полімерної композиції на її водопроникність, статичну міцність та стійкість до ударного навантаження, що дозволить встановити раціональні технологічні параметри створення захисного ізолюючо-зміцнюючого шару в промислових умовах.

Література

1. Передумови до розрахунку параметрів захисту підземних споруд подвійного призначення / О.П. Круковський, С.А. Курносов, Л.А. Новіков та інш. // Актуальні проблеми механіки: Міжнародна наукова конференція 14-16 листопада 2023 року, Київ: Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, 2023. – С. 157-158.

ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДІЛЯНКИ, ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЇЇ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Тепла Т.Д., с. н. с. Семененко Є.В., студент Медведєв Я.С.
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, НТУ «Дніпровська політехніка»

Одним з останніх напрямків розвитку вітрової енергетики є утворення вітроенергетичних станцій у вигляді вітрових парків або вітропарків, які об'єднують значну кількість вітроенергетичних установок (ВЕУ). Також відомі проекти будівництва гібридних парків відновлюваних джерел енергій, що передбачають встановлення на водоймах ВЕУ та сонячних панелей, а на березі завод з виробництва водню [1 – 3]. Зрозуміло, що ефективність використання земельної ділянки або водної поверхні суттєво залежить від відстані між ВЕУ, яка, в свою чергу, визначається багатьма факторами, про що свідчить вітчизняний та світовий досвід. На рис. 1 наведена гістограма розподілу площі земельної ділянки, що припадає на одну ВЕУ, у відомих вітрових парках. З рис. 1 видно, що приблизно половина ВЕУ займають ділянку площею до 1 кв. км, а точніше ця площа коливається від 200 до 195 км². Це дуже великий інтервал, що вказує на необхідність дослідження та обґрунтування методів визначення енергетичного потенціалу ділянки вітрового парку з урахуванням всіх аспектів.

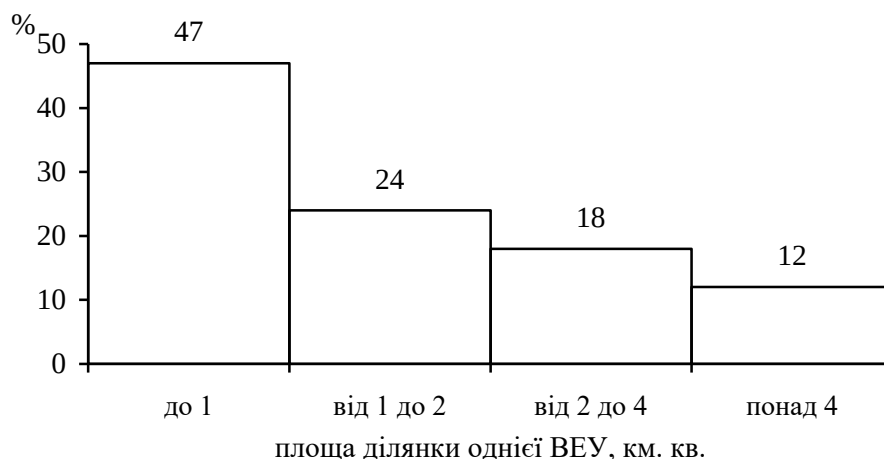


Рис. 1

Фактори, які визначають відстань між ВЕУ, можна поділити на три групи: перші, що обумовлені монтажем та технічним обслуговуванням; другі, що обумовлені висотою щогли; треті, що обумовлені забезпеченням розрахункових аеродинамічних умов. При обчисленні загального потенціалу земельної ділянки при використанні її для генерації вітрової енергії будемо вважати, що: ділянка має форму близьку до прямокутника; ділянка розташована одним із своїх боків до напрямку вітру, що є домінуючим для цієї місцевості; поверхня ділянки з інженерною точністю може вважатися рівною; швидкість вітру по всій площі ділянки однакова; монтаж ВЕУ передбачає створення фундаменту щогли, що за різними даними може потребувати будівельної площадки 70×30 м; для забезпечення технічного обслуговування потрібно обладнати дороги шириною 10,5 м та радіусом повороту не менше 50 м. З врахуванням цих припущень та

використовуючи безрозмірні змінні, загальний потенціал земельної ділянки при використанні її для генерації вітрової енергії буде розраховуватися за формулами:

$$W = C_W \left[1 - \frac{w_1 \bar{R} - w_0}{(1 + x + 2\bar{R})^2} \right] \bar{R}^2 (1 + \bar{R})^{0,48}, \quad (1)$$

$$C_W = (1 + x)^2 \frac{C_p \Omega}{0,457} \left(\frac{H_C}{H_0} \right)^{0,48} H_C^2 \rho U_0^3, \quad H_C = A + c, \quad x = \frac{\delta}{k} \bar{Z},$$

$$w_1 = \frac{\bar{B}}{2(1 + x)k^2} + \frac{\bar{A} - 2e}{4ke}, \quad w_0 = \frac{\bar{A}\bar{B}}{16(1 + x)k^3 e} - \frac{\bar{A} + 4e\bar{B}}{32k^2 e} - \frac{1 + x}{8ke} (\bar{A} - 2e),$$

де W – обсяг електричної енергії, що генерується ділянкою, при використанні її для генерації вітрової енергії, кВт·год; U_0 – швидкості вітру на висоті вимірювання, м/с; H_0 – висота вимірювання швидкості вітру, м [4]; C_p – коефіцієнт використання енергії вітру [2]; ρ – густина повітря; Ω – коефіцієнт недосконалості форми ділянки, який враховує неможливість покрити всю поверхню ділянки прямокутними елементами, менша за одиницю; e – коефіцієнт асиметрії розташування ВЕУ, від 0,87 до 3; k – коефіцієнт впливу висоти щогли на відстань між ВЕУ, від 0 до 2; δ – коефіцієнт впливу ширини дороги на відстань між ВЕУ, нуль або одиниця; $\bar{A}$ – співвідношення довжини ділянки вздовж швидкості вітру до технологічної висоти щогли ВЕУ; $\bar{B}$ – співвідношення довжини ділянки поперек швидкості вітру до технологічної висоти щогли ВЕУ; $\bar{R}$ – співвідношення радіусу ротору ВЕУ до технологічної висоти щогли ВЕУ; $\bar{Z}$ – співвідношення ширини дороги до технологічної висоти щогли ВЕУ; H_C – технологічна висота щогли ВЕУ, м; A – висота перешкоди біля ВЕУ; c – відстань від верхівки перешкоди до нижньої точки кола обертання ротора, приймається від 1,5 до 2 м.

З формули (1) видно, що перша скобка при зростанні радіусу ротора призводить до зменшення потенціалу потужності ділянки, в той час, як два останніх множника навпаки – до зростання. Це вказує на екстремальний характер залежності, що отримана.

Література

1. Заміщення природного газу альтернативними паливами / І.М. Карп, Є.Є. Нікітін, К.Є. П'яних, К.К. П'яних. – К.: Наукова думка, 2019. – 230 с.
2. Директива Європейського парламенту та ради 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 року про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел та якою вносяться зміни до, а в подальшому скасовуються Директиви 2001/77/ЄС та 2003/30/ЄС // Офіційний вісник Європейського Союзу. 5.6.2009. L 140. – С.16-62.
3. Семененко Є.В. Нові шляхи вирішення утилізації відходів вуглезбагачення з можливістю підвищення безпеки енергетичної системи підприємств/ Семененко Є.В., Слободянникова І.Л., Тепла Т.Д.// Геотехнічні проблеми розробки родовищ: Матеріали XX міжн. конф. молодих вчених– Дніпро: ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України, 2022 С. 119-121.
4. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1985. – 273 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУРОВИХ ШТАНГ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ БУРО-ВИБУХОВИХ РОБІТ

Доцент Ганкевич В.Ф., старший викладач Кіба В.Я.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Провідний інженер Уколова Т. М., інженер I-ої категорії Пазиніч А.В.

ІГТМ ім. Н.С. Полякова НАН України

Старший викладач Лівак О.В.

УДХТУ «Український державний хіміко-технологічний університет»

До числа основних проблем відкритого способу видобутку корисних копалин відноситься фізичне і моральне старіння бурового устаткування. При бурінні свердловин приймається за основу шарошковий метод буріння, що складає більше 90% всіх методів буріння [1].

В залежності від фізико-механічних властивостей порід, що пробурюються і вибираються шарошкові долота тих чи інших марок сталі.

Існують 2-х, 3-х, 4-х шарошкові долота, які можуть бути як самоочишувані, так і несамоочишувані. Для очищення свердловин від подрібленої породи використовується подача в свердловину води або повітря. Ті частини породи, які торкаються поверхні штанг спричиняють знос їх поверхні.

Для підвищення строку служби штанг підбирається марка сталі та технологія з'єднання штанг між собою.

Елементи шарошечних долот під час роботи піддаються статичним та динамічним навантаженням, викликаним ударним характером впливу пороодоутворюючих органів долота при руйнуванні гірської породи.

Бурові штанги служать для передачі моменту, що крутить, і осьового зусилля долота, а також підведення до забою стисненого повітря для видачі з свердловини бурової дрібниці.

У комплект бурових штанг входить одна кінцева штанга (забурник) та кілька основних робочих штанг. Ніпелі робочих штанг мають внутрішнє різьблення меншого діаметра для з'єднання зі шпинделем вертлюга, через який подаються повітря та вода.

Для забезпечення нормальних умов видалення бурової дрібниці зі свердловини та отримання необхідної швидкості висхідного потоку (20-75 м/с) залежить від щільності матеріалу, що виноситься) діаметр штанги повинен бути на 20-50 мм менше діаметра долота.

Оскільки штанги верстатів для буріння свердловин працюють в особливо тяжких умовах, їх виготовляють зі сталей, які леговані молібденом, нікелем, вольфрамом, ванадієм, які забезпечують підвищення терміну роботи до 10 разів порівняно з рядовими практиками.

Література:

1. Мінесєв С.П., Антончик В.Є., Ганкевич В.Ф., Лівак О.В., Кіба В.Я., Куц О.В., Захарова Д.Р. Пошук методів підвищення продуктивності буріння свердловин у міцних гірських породах. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 2022. Вип. 36. С. 499-506.

ОПТИМІЗАЦІЯ НАДІЙНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ОПЕРАЦІЙ

Доцент Ганкевич В.Ф., старший викладач Кіба В.Я.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Старший викладач Лівак О.В.

Український державний хіміко-технологічний університет

Надійність обладнання визначається його здатністю утримувати визначені значення всіх параметрів на протязі тривалого періоду та в установлених межах. Ці параметри визначають спроможність виконувати необхідні функції в зазначених режимах під час експлуатації, технічного обслуговування та ремонтних робіт [1]. Властивості надійності об'єднуються у такі показники, як безвідмовність, тривалість служби, можливість ремонту та збереження цілісності.

Машинобудівні заводи України освоїли виробництво бурових установок різного призначення та параметрів технічної характеристики: діаметр свердловин 100...1500 мм, довжина свердловин 150...1500 метрів, потужність приводу 26...540 кВт, зусилля протяжки 20,0...1360,0 кН. Бурові установки забезпечені бурильними трубами різних конструкцій і параметрів: зварні труби діаметром 28...110 мм для буріння з промиванням свердловини, цілісні штанги (без внутрішніх каналів) для утворення свердловин способом penetraції з подальшим розширенням до проектного діаметра натягом бурових штанг або сталевих канатів.

Основним різьбленням з'єднання штанг прийняті замкові конічні різьблення за стандартом 7 Американського нафтового інституту. Для штанг малого діаметра 28...54 мм застосовано профіль VI за ДСТУ Р 50864 (V-0,05 за стандартом API 7). Дані партії штанг виготовлені із замковими спеціальними різьбленнями з профілем різьблення 3-30Sp. Відмінність профілю полягає у збільшеній робочій висоті профілю, що забезпечує збільшення зносостійкості профілю в 1,76 рази (2,192: 1,242) і зростання робочого ресурсу замкового з'єднання до 1,5...1,7 рази.

У технічних характеристиках бурових установок горизонтально спрямованого буріння свердловин наведено величини зусилля протягування бурового снаряда для формування свердловин. У практиці створення горизонтально спрямованих свердловин у слабких несцементованих гірських породах (іноді типу «пливуні») відбуваються аварії зі штангами, спричинені порушенням різьбових кінців. Тому необхідно виконувати контроль якості різьблення і при необхідності знижувати тягове зусилля.

Література:

1. Удосконалення технічних рішень в умовах воєнної агресії на прикладі застосування гідроударників в бурінні. В.Ф. Ганкевич, О.А. Пашенко, О.В. Лівак, В.Я. Кіба. Науково-практична конференція. Міжнародний форум: безпечна, комфортна та спроможна територіальна громада. 11 – 13 жовтня 2023 року. НТУ «ДП» м. Дніпро.

СПОСІБ ДЕГАЗАЦІЇ ГАЗОНАСИЧЕНОГО ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОГО ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА ТА УТИЛІЗАЦІЇ ДОБУТОГО ГАЗУ

Мінеєв С.П., Трохимець М.Я., Мальцева В.Є., Янжула О.С., Боднарь
Мінеєв С.П.^{1*}, доктор технічних наук, професор, завідувачий відділом,
Трохимець М.Я.¹, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
Мальцева В.Є.¹, провідний інженер, Янжула О.С.², кандидат технічних наук,
директор з перспективного розвитку та інновацій, Боднар А.А.³, директор з
технічного розвитку, капітального будівництва та інвестицій

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С.Полякова НАН України

²ПАТ «ДОНЕЦЬКСТАЛЬ», Покровськ, Україна

³Дирекція ТОВ «МЕТИНВЕСТ ХОЛДІНГ», м. Покровськ, Україна.

При здійсненні способу дегазації газонасиченого викидонебезпечного вугільного пласта та утилізації добутого газу (далі спосіб) при проведенні підземних гірничих робіт бурять декілька свердловин: одну для нагнітання у гідроімпульсному режимі рідини у вугільний пласт, а решту – для виходу шахтного газу із вугільного пласта. Газові свердловини герметизують з можливістю вільного виходу шахтного газу із вугільного пласта, а нагнітальну – герметизують з можливістю пропуску рідини під тиском через її герметизатор у вугільний пласт. Газові герметизатори герметично з'єднують з вакуум насосом і підземним газосховищем, а через нагнітальний герметизатор нагнітають рідину у вугільний пласт у гідроімпульсному режимі, в наслідок чого, газ інтенсивно виходить із вибою виробки вугільного пласта і забезпечується герметичний збір шахтного газу метану у газосховище.

Гідроімпульсним нагнітанням рідини у вугільний пласт можна досягти якісно нового рівня ефективності попередньої дегазації у порівнянні з способами та пристроями для статичного нагнітання [1]. У роботах [2, 3, 4] показано, що це дозволяє в більшому обсязі нагнітати у пласт в'язкі рідини, та, як наслідок, більшою мірою дегазувати вугільний пласт, що при статичному режимі нагнітання неможливо.

Розроблений спосіб запобігає раптовим викидам вугілля і газу у вироблений простір, гірським ударами, газовиділенням в гірські виробки, знижує пилоутворення при видобутку вугілля, що підвищує ступінь безпеки підземних гірничих робіт в шахтних умовах. Крім цього, зібраний під землею газ може бути використаний у промисловості.

Література.

1. Герметизатор скважины: пат. №1104301, МКИ Е 21F 7/00. Бюл. № 27, 1984 г.
2. Васильев Л.М., Демченко В.С., Родин А.В. Импульсная насосная установка. Сб. науч. трудов «Геотехническая механика», вып.№29, Днепропетровск, 2001. – С. 3-8.
3. Устройство для импульсного нагнетания воды в угольный пласт. Родин А.В., Васильев Л.М. и др. А.с. №1034453, МКИ Е21Р5У02, 1981 г.
4. Минеев, С.П., Рубинский, А.А., Витушко, О.В. & Радченко, А.Г. (2010). Горные работы в сложных условиях на выбросоопасных угольных пластах. Донецк: Східний видавничий дім, 603 с.

ОЦІНКА ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИРОБНИЧИМ ШУМОМ ТА ВІБРАЦІЯМИ НА ВИРОБНИЦТВІ

Агальцов Г.М., Лисиця М.І., Новікова А.В., Калганков Є.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Характер і масштаби можливих загроз і небезпек у ХХІ столітті набули все більш комплексного взаємопов'язаного характеру та передбачають необхідність розробки та впровадження нових методологій, способів та заходів щодо протидії їм. Тому єдиним вірним підходом до вирішення проблем безпеки є комплексний, системний програмно-цільовий підхід.

Вібрація є однією з основних причин руйнування машин, будівель і споруд, вона зменшує довговічність і надійність машин, порушує режим їх роботи, погіршує технологічний процес. Вібрація і шум шкідливо впливають на людину, на його фізіологічний і психологічний стан; вібраційна патологія стоїть на другому місці (після пилових) серед професійних захворювань. Тривала дія вібрацій на операторів призводить до підвищення стомлюваності, зниження продуктивності і якості їх праці, до розвитку професійних хвороб. Усе це в комплексі призводить до суттєвого зростання ризику виникнення аварій і катастроф та зростання їх важкості.

Ситуація ускладнюється в умовах інтенсифікації виробництва, рівень вібраційного та шумового навантаження суттєво зростає. Відставання показників динамічної якості машин при зростанні їх продуктивності призвело до того, що 70% робочих місць не задовольняють вимогам санітарно-гігієнічних норм щодо шуму та вібрацій, віброзахворюваність прогресує серед багатьох видів професійних захворювань. Крім того з розвитком інфраструктури міст шкідливий шумовий та вібраційний вплив розповсюджується на райони до цього досить благополучні. Тому розробка та впровадження засобів зі зниження вібраційного та шумового навантаження має велике соціальне значення.

Вібраційна безпека забезпечується такими системними методами: системою технічних, технологічних та організаційних рішень та заходів щодо створення машин та обладнання з низькою вібраційною активністю; системою проектних та технологічних рішень виробничих процесів та елементів виробничого середовища, що знижують вібраційне навантаження на оператора; системою організації праці та профілактичних заходів на підприємствах, що послаблюють несприятливий вплив вібрації на людину.

Шум впливає на фізичний і психологічний стан людини. При підвищенні рівня шуму у людини виникають: тимчасове або постійне погіршення слуху, збудження нервової системи, розвиток серцево-судинних захворювань, гіпертонія тощо. Інтенсивний шум на виробництві сприяє зниженню уваги та збільшенню числа помилок при виконанні роботи, виключно сильний вплив надає шум на швидкість реакції, збір інформації та аналітичні процеси, через шум знижується продуктивність праці та погіршується якість роботи. Шум ускладнює своєчасну реакцію працюючих на попереджувальні сигнали внутрішньоцехового транспорту, що сприяє виникненню нещасних випадків на виробництві.

Шум із рівнем звукового тиску до 30-35 дБ звичний для людини і не турбує її. Підвищення цього рівня до 40-70 дБ в умовах середовища проживання створює значне навантаження на нервову систему, викликаючи погіршення самопочуття і при тривалій дії, може бути причиною неврозів. Вплив шуму рівнем понад 75 дБ може призвести до втрати слуху – професійної приглухуватості. При дії шуму високих рівнів (більше 140 дБ) можливий розрив барабаних перетинок, контузія, а ще більш високих (понад 160 дБ) і смерть (рис. 1).

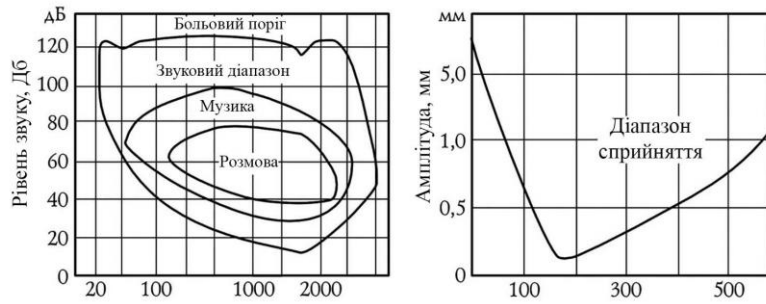


Рис. 1

У дослідженнях з безпеки постала проблема пошуку прийнятного (оптимального) рівня ризику. Вирішення цієї проблеми ведеться на основі реалізації принципу, в основі якого лежить вимога досягнення такого рівня безпеки, якого тільки можна досягти з урахуванням соціальних та економічних міркувань розвитку держави. Технічні ризики, як правило, пов'язані з ймовірністю виникнення виробничого травматизму, профзахворювань операторів, аварій в результаті недосконалостей обладнання, технологій, їх шкідливого впливу на людину-оператора. Метою ризик-аналізу є усунення недопустимих ризиків, зведення їх до рівня прийнятних (до санітарних норм).

На практиці зазвичай використовують наближені методи оцінки потенційних наслідків травмування, профзахворювань та ймовірності таких подій. Наприклад Британський стандарт BS-8800 ризик рахується за формулою

$$R = P \cdot S,$$

де R – професійний ризик; P – ймовірність загрози; S – тяжкість наслідків.

При використанні статистичних даних величину ризику визначають за такою формулою:

$$R = (N_{nc} / N_o) \leq R_{дон},$$

де R – ризик; N_{nc} – кількість надзвичайних подій на рік; N_o – загальна кількість подій на рік; $R_{дон}$ – допустимий ризик.

У зв'язку з інтеграцією України до ЄС та переходом на європейські стандарти з безпеки праці на основі міжнародних стандартів OHSAS-18001 та OHSAS 18001:2007 були прийняті ДСТУ OHSAS 18001:2010 та ДСТУ OHSAS 18002:2015 [1, 2] за якими потрібне проведення оцінки ризику на робочих місцях та за видами робіт.

Література.

1. ДСТУ OHSAS 18001:2010. Системи управління гігієною та безпекою праці. – Київ: Держспоживстандарт України, 2011.
2. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). – Київ: Держспоживстандарт України, 2015.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУРІННЯ СВЕРДЛОВИН В МІЦНИХ І ОСОБЛИВО МІЦНИХ ПОРОДАХ

Доцент Ганкевич В.Ф., старший викладач Кіба В.Я.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Старший викладач Лівак О.В.

Український державний хіміко-технологічний університет

Пров. інж. Уколова Т.М.

ІГТМ НАН України ім. М.С. Полякова

В кар'єрах і шахтах при видобутку корисних копалин і відокремленні їх від породи використовується цілий ряд операцій, перший з них – буріння свердловин і руйнування тим чи іншим засобом.

При бурінні виникають осьові та тангенціальні коливання, для гасіння яких розроблено багато амортизаторів. Для часткового зменшення коливань і підвищення ефективності буріння в міцних породах розроблена і рекомендована конструкція термомеханічного породоруйнуючого інструменту.

Інструмент складається з корпусу 1, алмазної матриці 2, розділеної на сектори проливними каналами 3, пружної консолі 4, вигнутої у бік, протилежний корпусу, фрикційного термостійкого покриття 5, ріжучих алмазів 6. Рівень вигнутості консолі Б перевищує рівень торця матриці В.

Ця конструкція забезпечує інтенсивний нагрів породи до 1000-1200°C, викликає розтріскування і розміцнення породи, частково гасить осьові коливання і підвищує продуктивність буріння свердловин.

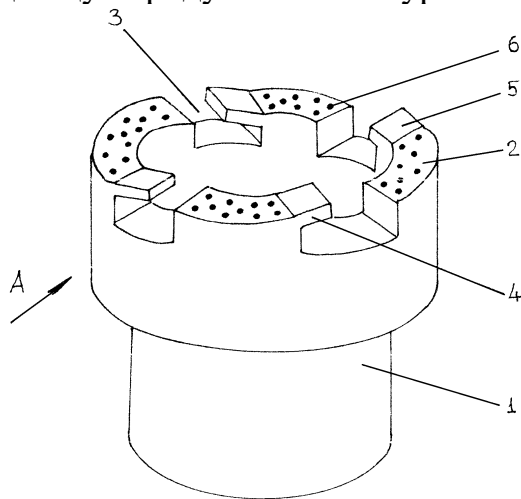


Рис. 1

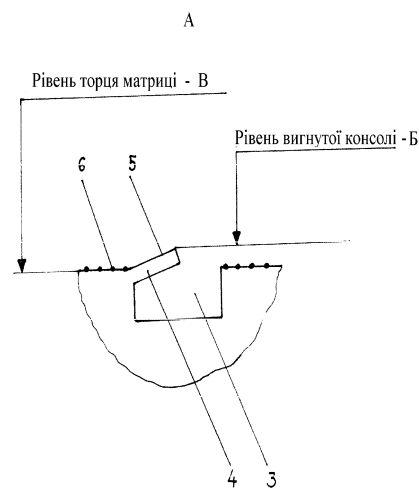


Рис. 2

Література

1. Патент України № 131521, МПК E21B 10/46, E21B 7/14.

Термомеханічний породоруйнуючий інструмент / Ганкевич В.Ф., Вахалін Ю.М., Лівак О.В. опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2.

2. Патент України № 147393, МПК E21B 10/08. Спосіб буріння свердловин в міцних гірських породах / Антончик В.Є., Ганкевич В.Ф., Пашенко О.А., опубл. 05.05.2021, Бюл. № 19.

3. Мінсєв С.П., Антончик В.Є., Ганкевич В.Ф., Лівак О.В., Кіба В.Я., Куц О.В., Захарова Д.Р. Пошук методів підвищення продуктивності буріння свердловин у міцних гірських породах. Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. 2022. Вип. 36. С. 499-506.

ФАКТОРИ РИЗИКУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК ТА МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ЇХ ОЦІНКИ

Льїн С.Р., Адорська Л.Г., канд. техн. наук, с. н. с.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Протягом життєвого циклу функціонування шахтного підйому, від моменту будівництва та до моменту закриття, параметри технічного стану армування по глибині стовбура зазнають суттєвих змін. Відхилення параметрів від проектних значень можуть досягати десятка і більше разів на окремих ділянках стовбура. Експлуатаційні зміни фізико-механічних характеристик ланок підйомних установок за час тривалої експлуатації в певних умовах стають джерелами ризику роботи транспортного ланцюжка гірничого підприємства [1 - 4].

За своєю структурою шахтна підйомна установка (ШПУ) є багатоланковою, розгалуженою динамічною системою великої просторової протяжності, що має кілька зосереджених мас (посудини, барабан, редуктор, ротор електроприводу) та систему протяжних об'єктів з розподіленою масою (провідники, розстріли, канати). Найбільш характерними підсистемами ШПУ, з точки зору виникнення під час роботи на підвищеній швидкості високого ризику аварійної небезпеки, є:

- підйомні посудини в стовбурі (скіпи, кліті, противаги);
- армування стовбура (жорстке або канатне);
- головні (несучі) канати будь-якої схеми установок (однокінцеві, двокінцеві з барабанами навивки, багатоканатні зі шківом тертя);
- запобіжне (протиаварійне) гальмо.

Рівень ризику порушення плавності руху підйомної посудини визначається двома факторами: амплітудою ударного навантаження від підйомної посудини та залишковою міцністю системи «розстріл – провідник» на кожному прольоті провідників між суміжними ярусами розстрілів. На амплітуду горизонтального динамічного навантаження впливає кілька факторів:

- знакозмінні відхилення провідників між суміжними ярусами та на коротких ділянках стовбура, порівнянних із довжиною підйомної посудини;
- величина відхилення центру мас навантаженої посудини від осі каната (системи канатів при багатоканатному підйомі);
- наявність вертикального ривка з боку канатоведучого барабана (шківа тертя) підйомної машини через нерівномірність радіального зносу футеровки, різкої зміни радіуса намотування каната на барабані (барабан типу БЦК);
- різкі зміни окружної швидкості обертання барабана в робочому режимі та аварійному (запобіжному) гальмуванні барабана (шківа тертя);
- вертикальні зіткнення підйомної посудини з виступами на стиках провідників;
- попадання системи «посудина – армування» до зони параметричної нестійкості коливань;
- резонанс вертикальних коливань посудини під впливом періодичного збудження з боку барабана (шківа тертя) підйомної машини;

- інтенсивні поперечні коливання струни головного каната великої довжини при наземному розташуванні підйомної машини.

На втрату залишкової міцності армування впливає:

- механічне зношування провідників від тертя та ударів з боку запобіжних або робочих башмаків підйомної посудини;

- корозійне зношування провідників і розстрілів від агресивного шахтного середовища та водоприток у стовбурі;

- знос та порушення працездатності вузлів скріплення провідників та розстрілів (Т-подібні болти для коробчастих провідників, скоби Бріара для рейкових провідників).

Всі відхилення від проектних параметрів ШПУ викликають порушення горизонтальної плавності руху підйомних посудин та підвищення ризику аварій на підйомі. Тому доцільно для оцінки ризику виникнення аварійно небезпечних динамічних явищ у системі «посудина – армування» при порушенні плавності руху посудини визначити граничний рівень допустимих динамічних навантажень по ярусах розстрілів і розрахувати ймовірність порушення плавності руху як відношення числа ярусів із навантаженнями, що перевищують заданий рівень, до загального числа ярусів у стовбурі.

Також до оцінки ризику порушення плавності доцільно застосувати підхід, що ґрунтується на аналізі амплітуд динамічних параметрів взаємодії підйомної посудини з армуванням. До таких параметрів можуть належати горизонтальні прискорення, виміряні в точках посудини у безпосередній близькості до жорстких башмаків ковзання, та динамічні навантаження на провідники (башмаки) при русі посудини.

Для використання цих підходів необхідно визначити максимально допустимі при русі посудини горизонтальні прискорення, максимально допустимі навантаження на провідники без небезпечного порушення плавності та максимально допустимі навантаження при ударній взаємодії посудини з армуванням. У цьому випадку ймовірність ризику прискорення дорівнюватиме відношенню фактичних прискорень до максимально допустимих, а по навантаженням - відношенню фактичних навантажень до максимально допустимих при ударній взаємодії посудини з армуванням.

Література

1. Ильин, С.Р. Рискобразующие процессы при работе шахтных подъемных установок / Ильин С.Р., Радченко В.К., Адорская Л.Г., // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / НАН Украины ИГТМ. – Днепр, 2017. – № 134. – С. 22-33.
2. S. Ilin, L. Adorska, V. Samusia, D. Kolosov, I. Ilina (2019). Conceptual bases of intensification of mining operations in mines of Ukraine based on monitoring and condition management of mine hoisting systems. Essays of Mining Science and Practice 2019. E3S Web of Conferences 109,00030.
3. Ilin, L. Adorska, D. Patariaia, V. Samusia, D. Kolosov, I. Ilina, M. Kholomeniuk (2020). Control of technical state of mine hoisting installations/ II International Conference Essays of Mining Science and Practice 2020. E3S Web of Conferences 168, 00045.
4. Ilin, S. Risk-forming factors and processes at the stages of the life cycle of hoisting equipment in the mine vertical shafts// S. Ilin, L. Adorska, D. Patariaia, I. Ilina/ Геотехническая механика. Межвед. Сб-к. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепр, 2022. - Вып. 161. - С. 17 – 30.

ОБЕРНЕНЕ ПРОЄКТУВАННЯ РЕДУКТОРА РЦ-1585 ПРИВОДУ ОБЕРТАННЯ РОТОРА ВАГОНОПЕРЕКИДАЧА ВБП-80М

К.т.н., доцент Панченко О.В., студент Швець Н.Р.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Кафедра інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» володіє конструкторською документацією вагоноперекидача ВБП-80М АТ «ДНІПРОВАЖМАШ», який призначений для розвантаження вагонів з сипучими вантажами.

З метою виконання кваліфікаційної роботи бакалавра, науковим керівником, професором Заболотним К.С., було запропоновано вивчити кресленики приводу обертання ротора зазначеної машини, до складу якого входить редуктор.

Редуктор РЦ-1585 (Рис. 1) – це циліндричний, трьохступеневий механізм з рознесеною проміжною ступеню, який використовується для передачі обертання від електродвигунів до ротора вагоноперекидача.

Згідно з ДСТУ 20373-94 редуктор складається за схемами 34, 35 [1], тобто складання з кінцями валів під елементи приводу та для приєднання приладів керування.

Для виконання завдання були поставлені наступні підзадачі:

1. Розробити тривимірні моделі складових редуктора з перевіркою складання на помилки та креслень згідно вимогам ЄСКД;
2. Визначити дійсні параметри механізму.

За методикою, що визначена в навчальному посібнику [2], проведений проектний розрахунок параметрів та розмірів циліндричних пар редуктора. Розраховані параметри редуктора з допустимими відхиленнями відповідають значенням ДСТУ 3107-95 [3]: передавальне відношення редуктора дорівнює 63; крутний момент на вихідному валу – 130 кН·м; міжосьова відстань – 1585 мм; маса – 12158 кг; машинний час роботи – 60000 год.

Перевірочний розрахунок показав, що контактні та згинальні зусилля не перевищують допустимих, а саме: фактичні контактні напруження швидкохідної ступені 579 МПа, проміжної ступені 508 МПа, тихохідної ступені 541 МПа при допустимому значенні 573 МПа; фактичні згинальні напруження швидкохідної ступені 180 МПа, проміжної ступені 205 МПа, тихохідної ступені 227 МПа при допустимому значенні 230 МПа.

Запаси міцності в небезпечних перерізах валів перевищує 3, що свідчить про правильність проектного розрахунку параметрів.

В редукторі використовуються два типи підшипників кочення: роликові радіальні з короткими роликами та роликові конічні. Розрахунок на довговічність показав, що безвідмовний час роботи підшипників перевищує машинний час редуктора.

Результатами роботи можна вважати: відновлення в точному вигляді креслень складань та деталей редуктора РЦ-1585; виконання проектних та перевірочних розрахунків.

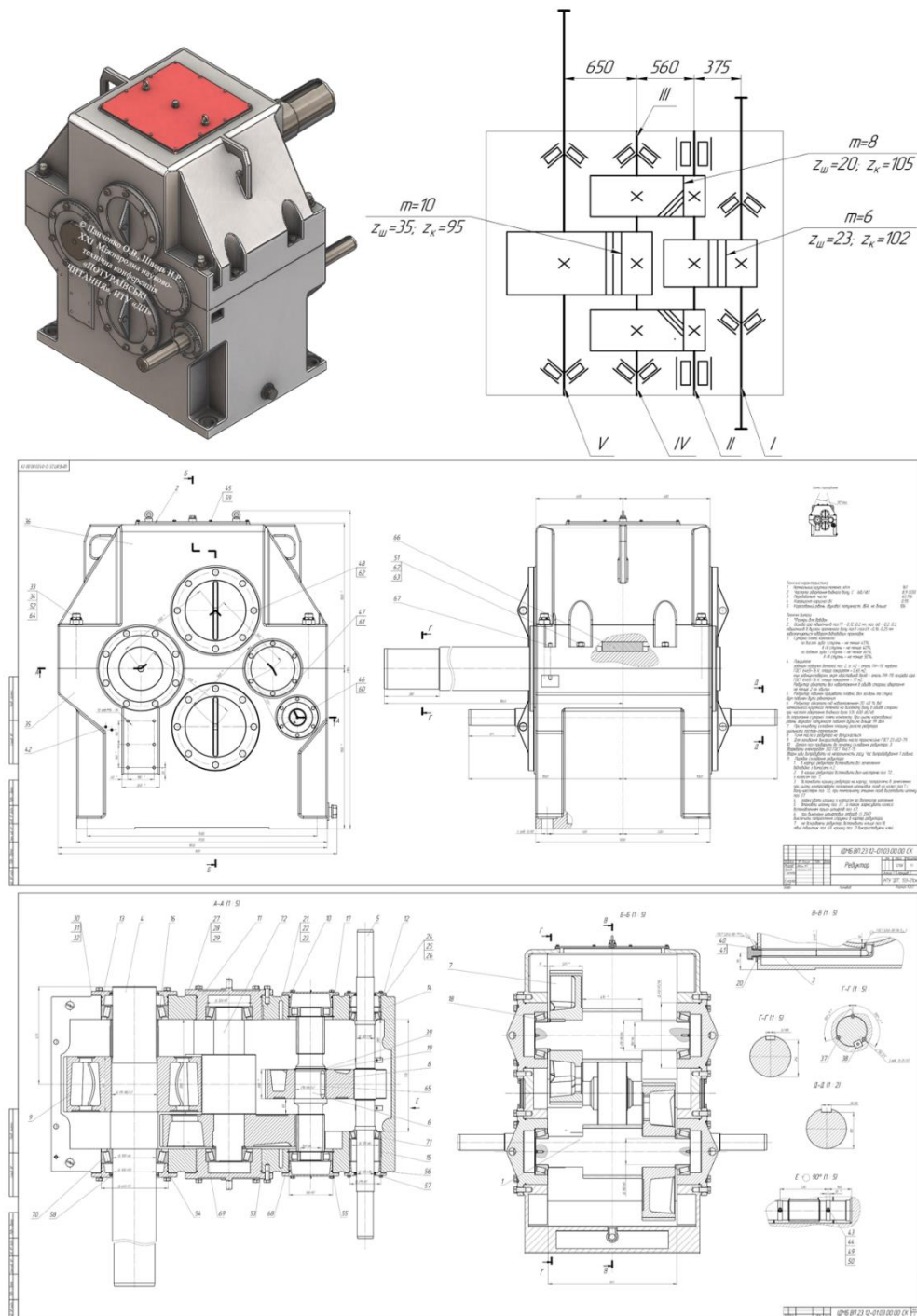


Рис. 1

Література.

1. ДСТУ 20373-94: Редуктори і мотор-редуктори зубчаті. Варіанти складання.
2. Дереза О.О. Інженерна механіка (Деталі машин). О.О. Дереза. – Мелітополь: ВПЦ «ЛЮКС», 2020.– 143с.
3. ДСТУ 3107-95: Редуктори циліндричні. Параметри.

**ПОРІВНЯННЯ ДОСТОВІРНОСТІ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ
ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖІ МІЦНОСТІ ПРИЗМАТИЧНИХ
ЗРАЗКІВ ГІРСЬКИХ ПОРІД**

Васильєв Л.М., Васильєв Д. Л., Різо З.М., Красовський І.С.
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Механічні властивості гірських порід визначають опір руйнуванню в процесі видобутку корисних копалин та проходці гірничих виробок.

В колишньому Радянському Союзі випробування зразків регламентувалися ГОСТами, які ґрунтувалися на роздавлюванні зразків правильної геометрії. Метою всіх ГОСТів при механічних випробуваннях металів, гірських порід та інших матеріалів є встановлення показника тимчасового опору на роздавлювання (стиснення). Вивчення властивостей матеріалів при стисненні проводиться шляхом випробування зразків, виготовлених у формі кубів, призм або циліндрів з висотою, що несуттєво відрізняється від їх поперечних розмірів.

ГОСТ застосовується до сих пір в країнах колишнього Радянського Союзу, щонайменше в Україні. В європейських країнах з метою виключення впливу контактної тертя на значення межі міцності відношення висоти зразка до його довжини або діаметра рекомендовано приймати рівним двом (або близьким до цього значення).

У зв'язку з вступом України до Європейського Союзу її фахівцям з механіки гірських порід для визначення їх межі міцності ще належить розробити нові ГОСТи, близькі до європейських стандартів.

Але поки незрозуміло, в якій мірі згадане співвідношення впливає на зменшення контактної тертя і в зв'язку з цим – на значення межі міцності зразка.

На основі теорії ліній ковзання розроблено декілька аналітичних методів розрахунку меж міцності та параметрів діаграм «напруження – деформація» призматичних зразків з високою ступенню сходження з експериментальними даними при застосуванні до частини відомих їх форм руйнування при одноосному стисненні по Л. І. Барону – усеченно-клиноподібної, поздовжньої, клиноподібної, діагональної – з використанням експоненціального по Е. П. Ункову розподілу контактних нормальних напружень.

У зв'язку з цим ми поставили перед собою ціль – розробити аналітичний метод розрахунку меж міцності високих зразків та порівняти їх з такими зразків правильної геометрії, тобто коли їх висота дорівнює довжині (ширині).

Література

1. ГОСТ 21153.2-84. Порода гірські. Методи визначення міцності при одноосному стисненні. - М.: Гостстандартиздат, 1984. - 84 с.
2. Васильєв, Л.М. Механіка формування форм руйнування зразків гірських порід при їх стисненні: монографія / Л.М. Васильєв, Д.Л. Васильєв, Н.Г. Маліч, А.А. Ангеловський. - Дніпро: ІМА-прес, 2018, 150 с.

ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ВСТАНОВЛЕННЯ ГЕОФОНІВ ДВОХ РІЗНИХ ТИПІВ НА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Доцент Головка Ю.М., доцент Клименко Д.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Сейсмоакустичні спостереження є одним з основних оперативних засобів попередження газодинамічних явищ у шахтах [1]. Первинне перетворення коливань ґрунту здійснюється геофоном. Особливістю шахтного геофону є наявність міцного і масивного, відносно інерційної маси вимірювача, корпусу, що безпосередньо контактує з породою. На даний час розповсюджені два типи датчиків, що використовуються: п'єзоелектричні акселерометри і електродинамічні велосиметри. Генерований електричний сигнал пропорційний в першому випадку переміщенню, а у другому швидкості переміщення інерційної маси. Співставлення даних, що можуть бути отримані датчиками у однакових умовах необхідно, наприклад, у випадках одночасного використання, переходу з одного типу на інший, узагальнення досвіду спостережень, що отримані при використанні різних типів датчиків.

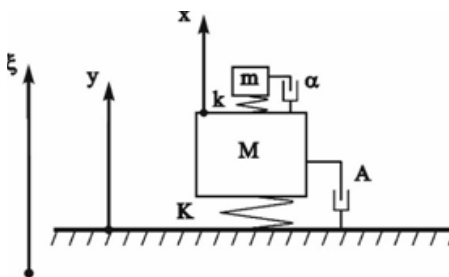


Рис.1

Розрахункова схема геофону, що наведена на рис.1, описувалася системою двох диференціальних рівнянь руху корпусу і інерційної маси. У безрозмірних змінних:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2W_0 \Lambda \frac{dy}{dt} + W_0^2 y - 2\mu \lambda \frac{dx}{dt} - \mu x = -\frac{d^2 \xi}{dt^2},$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{d^2 x}{dt^2} + 2\lambda \frac{dx}{dt} + x = -\frac{d^2 \xi}{dt^2},$$

$$\text{де } \omega_0^2 = \frac{k}{m}, \quad \Omega_0^2 = \frac{K}{M}, \quad W_0 = \frac{\Omega_0}{\omega_0}, \quad \mu = \frac{m}{M}, \quad \lambda = \frac{\alpha}{2m\omega_0}, \quad \Lambda = \frac{A}{2M\Omega_0}$$

M, m – маси корпусу та інерційного елемента; K, A – коефіцієнти жорсткості та в'язкості контакту корпус- ґрунт; k, α – коефіцієнти жорсткості та в'язкості пружного елемента геофону, $x = x(t)$ – переміщення інерційного елемента щодо корпусу; $y = y(t)$ – переміщення корпусу щодо ґрунту; $\xi = \xi(t)$ – переміщення ґрунту щодо інерціальної системи відліку.

Використовуючи перетворення Лапласа, отримані передаточна функція, імпульсна перехідна функція і частотна характеристика. Для випадку коли зовнішній вплив – прискорення, а реакція вимірювальної системи – переміщення (п'єзоелектричний акселерометр) амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) має вигляд [2]:

$$|X(W)| = \frac{\sqrt{W_0^4 + 4\Lambda^2 W^2 W_0^2}}{\sqrt{(W^4 - S_1 W^2 + W_0^2)^2 + 4W^2 (S_2 W^2 - S_3)^2}} \quad (1)$$

$$\text{де } S_1 = S_1(W_0, \mu, \Lambda, \lambda) = W_0^2 + 4\Lambda W_0 \lambda + \mu + 1; \quad S_2 = S_2(W_0, \mu, \Lambda, \lambda) = \Lambda W_0 + (\mu + 1) \lambda;$$

$S_3 = S_3(W_0, \mu, \Lambda, \lambda) = \lambda W_0^2 + \Lambda W_0$; W – безрозмірна частота (масштаб – ω_0).

Особливості впливу на АЧХ жорсткості та в'язкості на контакт корпусу з ґрунтом у дорезонансному (п'єзоелектричний акселерометр) і післярезонансному (електродинамічний велосиметр) режимах детально розглянуті у [3]. Зокрема встановлено, що зміни частотного складу сейсмоакустичних сигналів можуть бути обумовлені тільки зміною жорсткості на контакт з породою. Тому порівнювати дані, що отримані завдяки геофонам різних типів без урахування впливу жорсткості буде некоректним.

АЧХ сигналів електродинамічного вимірювача відносно вхідного прискорення (електродинамічний акселерометр) може бути отриманий домноженням на безрозмірну частоту W . Отримана таким чином залежність може бути співставлена з АЧХ п'єзоелектричного акселерометра. Треба тільки врахувати, що у названих приладів різні значення окремих параметрів, перш за все це k, α , що призводить до суттєво різних значень ω_0 і λ . Відповідно і порівняння доцільніше виконувати у розмірних величинах.

На рис. 2 наведені АЧХ електродинамічного акселерометра (вхід – прискорення, вихід – швидкість), а на рис. 3 і 4 відповідно АЧХ п'єзоелектричного акселерометра і скорегована для порівняння АЧХ електродинамічного акселерометра. Числа біля кривих – значення W_0 . Деяка різниця між кривими на рис 3 і 4 не є суттєвою, але слід зауважити, що це у тому випадку, коли умови на контакт з породою у обох геофонів однакові.

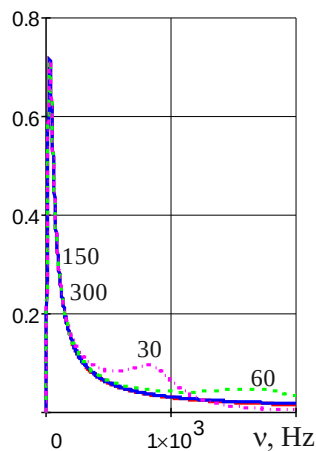


Рис. 2

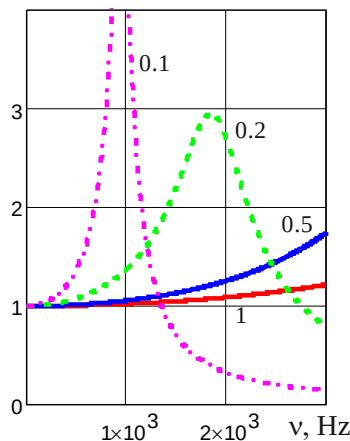


Рис. 3

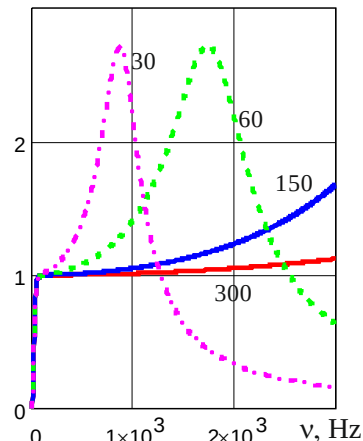


Рис. 4

Література

1. СОУ 10.1.00174088.011–2005. Правила ведення гірничих робіт на пластах схильних до газо–динамічних явищ. [Чинний від 2005–12–30]. Вид. офіц. Київ: Мінвуглепром України, 2005. – 224 с.
2. Головка Ю. М. Математична модель механічної системи приймача сейсмоакустичних коливань / Ю. М. Головка // Математичне моделювання. – Кам'янське: Дніпровський державний технічний університет. – 2021. - № 1 (44). – С. 123–132.
3. Shashenko O. M. Rigidity effect of the mine geophone mounting on its frequency response / O.M.Shashenko, Yu. M. Golovko, D. V. Klymenko // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2021. – № 3. - Р. 44-50.

ОСНОВИ ТЕОРІЇ РОЗРАХУНКУ ГРАВИТАЦІЙНИХ КЛАСИФІКАТОРІВ

Д.т.н., професори Франчук В.П., Бондаренко А.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Розвиток будівельної галузі вимагає збільшення обсягів видобутку високоякісної сировини, в основному для виробництва будівельних матеріалів і сумішей. Відомо, що понад 75 % родовищ пісків, розташованих на території України, обводнені, а запаси будівельних пісків тільки Азово-Чорноморського басейну оцінюються в понад 100 млрд т. Це підтверджує актуальність застосування підводного і гідромеханізованого способу видобутку корисних копалин [1].

Аналіз сировини, що видобувається з показової низки родовищ рудних і нерудних пісків, свідчить про низьку якість вихідної руди. Так, за основним набором фізико-механічних властивостей (модуль крупності, відсоток глинистих і пилоподібних частинок та ін.) природна копалина не відповідає чинним нормам до кінцевої продукції. У зв'язку з цим потрібна переробка вихідної сировини, що передбачає очищення від великих включень (гравій, грудки глини, рослинні фрагменти, черепашка), а також дрібно- і тонкодисперсних глинистих домішок. Видалення з гірської маси великих включень не становить особливих труднощів. Водночас, процес очищення пісків від дрібнодисперсних домішок вимагає більш ретельного вивчення [2]. Для отримання якісного товарного продукту застосовуються різні методи переробки. Зокрема за гідромеханізованого видобутку актуальними є гідравлічні способи очищення, класифікації та виділення необхідного продукту. Технологічною особливістю гідравлічного видобутку пісків є можливість зниження собівартості переробки продукції шляхом застосування мобільних класифікувальних установок [3].

У наукових роботах авторів [1-4] представлено результати наукових досліджень процесу гравітаційного осадження твердих частинок крупністю від 0,15 до 5 мм, які рухаються горизонтальним прискоренням потоком несучого середовища з описом руху частинок відносно потоку. Розроблена на базі рівняння Ейлера математична модель процесу взаємодії проточної частини класифікатора гідравлічного горизонтального з горизонтальним прискоренням потоком пульпи дала змогу визначити гідродинамічні параметри потоку за характерного розподілу швидкостей і прискорень по його глибині. Результатом математичного моделювання процесу взаємодії проточної частини класифікатора, розділеної на n потоків, з горизонтальним прискоренням потоком пульпи, який несе тверді частинки, з'явився опис процесу руху твердих частинок відносно попутного горизонтального прискореного потоку, що не несе тверді частинки.

Результатом моделювання процесу взаємодії проточної частини класифікатора, обмеженої різнопохилими поверхнями пристрою, з горизонтальним прискоренням попутним потоком пульпи, який несе тверді частинки, стала візуалізація осадження твердих частинок у вигляді траєкторії, яка характерна для зазначених ділянок процесу і враховує переміщення твердих частинок відносно потоку [1]. З цією метою отримано теоретичні залежності для побудови траєкторій руху твердих частинок в умовах гравітаційного осадження під дією попутної го-

ризонтальної прискореної несучої течії, які враховують відтік донизу згущеної пульпи та можливі сценарії відносного переміщення твердих частинок і рідини. Встановлено, що конструктивні параметри класифікатора, який реалізує процес гравітаційного осадження твердих частинок крупністю від 0,15 до 5 мм у горизонтальному прискореному потоці при межі поділу від 0,1 до 0,2 мм та концентрації вихідної пульпи не більше 20 %, раціонально визначати шляхом побудови траєкторії руху твердих частинок граничної крупності [4].

Застосування розробленої моделі є достатнім для раціонального проектування систем гідравлічної класифікації процесів переробки сировини та оборотного водопостачання. Комплексна методика розрахунку гідродинамічних і конструктивних параметрів гідравлічних класифікаторів, розроблена із застосуванням математичних моделей та аналітичних залежностей, отриманих авторами вперше, застосовувалася під час проектування гідравлічних класифікаторів і систем оборотного водопостачання діючих гірничих підприємств [1].

Запропоновані авторами наукові та технічні рішення пройшли апробацію в наукових виданнях при виконанні наукових і технічних проєктів, впроваджені на спеціалізованих підприємствах з отриманням економічного ефекту [1]. Наведені розробки є оригінальними та захищені патентами. Впровадження викладених рішень і рекомендацій сприятиме підвищенню ефективності процесів гідравлічної класифікації під час переробки та збагачення корисних копалин.

Література.

1. Франчук В.П. Горизонтальні класифікатори. Основи теорії і розрахунку: моногр. / В.П. Франчук, А.А. Бондаренко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2016. – 111 с.
2. Франчук В.П. Математична модель руху несучого потоку в класифікаторі гідравлічному горизонтальному / В.П. Франчук, А.А. Бондаренко // Підводні технології. Цивільна інженерія. – 2015, Вип. 1. – С. 21 – 28.
3. Franchuk V.P. Substantiation of method to calculate design parameters of horizontal hydraulic classifier / V.P.Franchuk, A.O. Bondarenko, A.A. Titov // Збірник наукових праць «Геотехнічна механіка». – 2017, № 134. – С. 59 – 66.
4. Bondarenko, A., Shustov, O., & Adamchuk, A. (2023). Studying the interaction process of a solid particles flow with the hydraulic classifier flowing part. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1254(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012047>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВРІВНОВАЖЕНОГО ГРОХОТУ-ПЕРЕВАНТАЖУВАЧА З ЕКСЦЕНТРИКОВИМ ПРИВОДОМ

Професор Франчук В.П., доцент Анциферов О.В. аспірант Гавріленко Ст.С.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Вібраційний колосниковий грохот-перевантажувач з ексцентриковим приводом призначений для перевантаження сипких матеріалів, у тому числі і скельних гірських порід, відрізняється високою перевантажувальною здатністю, малими динамічними навантаженнями, що передаються на основу, запобіганням подальшого обладнання при падінні великих шматків матеріалу. Особливістю врівноваженого грохота-перевантажувача з ексцентриковим приводом є відсутність динамічних навантажень на основу (за умови рівності жорсткості пружних зв'язків парного та непарних колосників), порушення динамічного режиму руху колосників не спостерігається навіть за значного шару технологічного навантаження.

Грохот-перевантажувач колосниковий (рис. 1) складається з трьох паралельно встановлених балок-колосників [1], пов'язаних між собою ексцентриковим валом, що приводиться в рух електродвигуном.

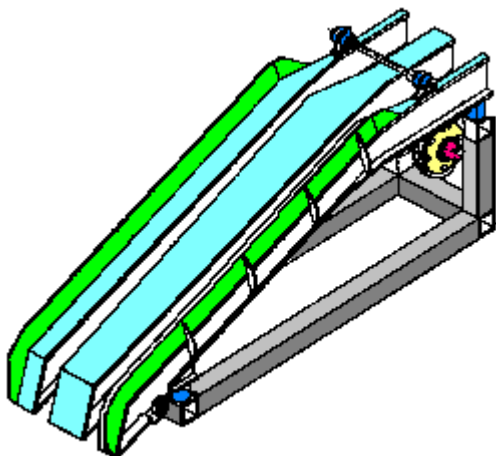


Рис. 1

Ексцентриситети приводів крайніх колосників зміщені щодо середнього на 180 градусів, що забезпечує протифазний рух колосників. На основу колосники встановлені за допомогою пружних амортизаторів. У разі рівності маси і моменту інерції середнього колосника сумі моментів інерції бічних колосників, динамічні навантаження на опори врівноважуються і на основу не передаються.

Метою досліджень динаміки є визначення параметрів руху колосників та їх спроможність транспортувати вантаж у належному обсязі. Рух елементів грохоту описується сімома лінійними диференціальними рівняннями другого порядку. При обліку непружних опорів як уявної частини комплексного модуля пружності пружних зв'язків, побудова амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристики грохоту зводиться до вирішення семи рівнянь алгебри, два з яких є незалежними. При врахуванні непружних опорів пружних зв'язків, згідно з гіпотезою Бокка-Шліппе, кінцевий результат виходить аналогічним, але при цьому необхідно вирішувати систему з чотирнадцяти рівнянь алгебри.

Проведені дослідження динаміки грохоту-перевантажувача дозволило визначити характер руху та максимальні величини переміщення колосників.

Колосники у сталому режимі (рис. 2) здійснюють еліптичні коливання: від майже кругових біля місця встановлення приводу, до витягнутих до місця розвантаження еліпсів.

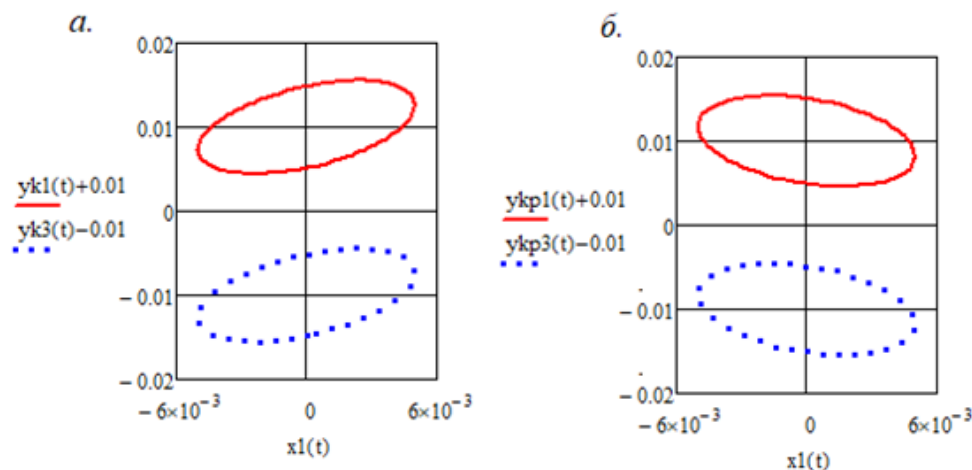


Рис. 2. Траєкторія руху крайніх колосників:
а – у центрі ваги, б – біля розвантажувального кінця колосника

Дослідження зазначили, що пуск грохоту відбувається швидко, і не спостерігається помітного зростання амплітуд коливань при переході через резонанс. Після набору повних обертів двигуном спостерігається полічастотний характер руху колосників, з невеликою амплітудою колінь для крайнього колосника, особливо в розвантажувальному кінці. Дослідження також показали, що характер руху та напруги в колосниках при роботі грохоту з навантаженням не відрізняються від роботи без навантаження, хоча амплітуди вертикальних переміщень розвантажувальних кінців колосників дещо зменшуються.

Ці дослідження є важливими для подальшого удосконалення та оптимізації роботи грохоту-перевантажувача з метою підвищення його технологічної ефективності та надійності.

Література

1. Потураев В.Н. Динамический расчет колосникового грохота-перегрузателя / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, Л.А. Франчук // К.: Наукова думка, Динамика и прочность горных машин, науч.-техн. сб., 1974, вып. 2 – 58–68.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ВІДВАЛАХ ПОРІД РОЗКРИТТЯ

¹Д-р техн. наук, с.н.с. Медведєва О.О., ¹аспірантка Гальченко З.С.,

²аспірант Демченко О.О.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) на відвалах порід розкриття має потенціал стати важливим рішенням для забезпечення сталого розвитку та зниження негативного впливу на довкілля в межах гірничодобувних регіонів.

До головних ВДЕ, які можуть бути застосовані на відвалах порід розкриття, відносяться сонячна і вітрова енергія [1].

Сонячна енергія. Відкриті відвали можуть стати відмінним місцем для розташування сонячних панелей. Вони можуть використовувати відкритий простір для збору сонячної енергії і генерувати електричну енергію. З розвитком технологій сонячних батарей та сонячних панелей стає можливим збільшення ефективності генерації електроенергії з сонячних джерел енергії, що робить цю альтернативу все більш привабливою.

Вітрова енергія. Відвали можуть бути ідеальним місцем для встановлення вітроенергетичних установок, що дозволить використовувати вітрову енергію для виробництва електроенергії. Вітроенергетичні установки ефективно розміщувати на висоті відвалів. В нашому Інституті розглядається можливість встановлення вітроенергетичних установок з вертикальною віссю обертання, які ефективно працюють при малих швидкостях вітру і вже при швидкості вітру 3-5 м/с виробляють електроенергію. Також подібні вітроенергетичні установки є більш екологічними, вони не задають шумового навантаження і більш прості в обслуговуванні.

Застосування відновлювальних джерел енергії на відвалах порід розкриття має ряд перспективних аспектів [2]:

1. Енергетична ефективність є основною перевагою використання ВДЕ. Відвали порід розкриття часто мають значні розміри та високу концентрацію природних ресурсів. Використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна і вітрова енергія, може забезпечити сталу та стабільну енергетичну потужність для певних процесів на гірничих підприємствах.

2. Екологічна ефективність. Традиційні джерела енергії, такі як вугілля або газ, спричиняють значні викиди забруднюючих речовин. Використання ВДЕ допоможе значно знизити вплив на довкілля та поліпшити екологічну ситуацію в районах гірничодобувних регіонів.

3. Економічні переваги. Застосування ВДЕ може допомогти знизити витрати підприємств на традиційні джерела енергії, тим самим забезпечуючи економічну стійкість.

4. Інновації та розвиток. Запровадження ВДЕ може стимулювати інновації та розвиток нових технологій, що забезпечує створення нових робочих місць та підтримки економіки регіону.

Використання ВДЕ запобігає:

- вторгненню в навколишнє середовище при будівництві шахт (вугілля, уран), бурінні (природний газ, нафта), прокладенні трубопроводних систем (газ, нафта, продукти переробки нафти);
- вторгненню в навколишнє середовище шляхом забруднення повітря і води: кислотні дощі, смог, важкі метали, брудна вода при бурінні свердловин;
- вторгненню в навколишнє середовище через глобальне потепління при спалюванні палива і емісії CO₂;
- вторгненню в навколишнє середовище шляхом теплового забруднення води (скидання води, що охолоджується, від атомних і теплових електростанцій);
- вторгненню в навколишнє середовище шляхом затоплення територій і зміни режиму течії річок на великих гідроелектростанціях;
- вторгненню в навколишнє середовище шляхом його забруднення на стадії видобутку, транспортування і переробки вугілля [3].

Відвали розкриття характеризуються значною висотою по відношенню до відмітки денної поверхні. Ця величина досягає 100-120 м і з часом може зростати. Враховуючи те, що швидкість вітру з висотою зростає і немає перешкод для збору сонячної енергії, то зростає і енергетичний потенціал території, на якій розташовані такі об'єкти. Також території, де розташовані відвали, є непридатними для сільського господарства і часто знаходяться на балансі діючих підприємств, тому використання цих об'єктів є перспективним для потреб самого підприємства і інших господарських потреб.

Впровадження ВДЕ на відвалах порід розкриття може потребувати великих інвестицій, технічного обладнання та досліджень. Однак, це є вигідним рішенням для забезпечення додаткових джерел енергії, збалансування екологічного впливу гірничодобувних регіонів, а в перспективі і економічних переваг. Все це призведе до сталого розвитку гірничодобувних регіонів.

Література.

1. Kopach P.I., Yakubenko L.V., Mormul T.M., Danko T.T., Gorobets N.V., Halchenko Z.S. Assessment of natural resource potential of territories disturbed by mining works in the context of effective use of post-technogenic landscape. *Geo-Technical mechanics Interdepartmental collection of scientific works*. 2022. Issue 162. PP. 38-47
2. Medvedieva O.O., Halchenko Z.S., Shustov O.O., Akhmetkanov D.K. Prospects for the use of technologically disturbed lands in mining regions for the location of renewable energy sources facilities. *Geo-Technical mechanics Interdepartmental collection of scientific works*. 2023. Issue 165, PP. 17-27.
3. Гальченко З.С., Медведєва О.О. Фактори впливу відновлюваних джерел енергії на навколишнє середовище. *Наукова весна 2023: матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 1–3 березня 2023 р., Дніпро, 2023. С. 82-84.*

ПОРІВНЯННЯ МІЦНОСТІ УСІЧЕНО-КОНУСНИХ ЗРАЗКІВ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ ПРИ СИМЕТРИЧНОМУ ТА АСИМЕТРИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

К.т.н., доцент Маліч М.Г.

Український державний університет науки і технологій (Дніпро)

д.т.н. Васильєв, м.н.с. Осіння Н.В., інж. Різо З.М.

Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України

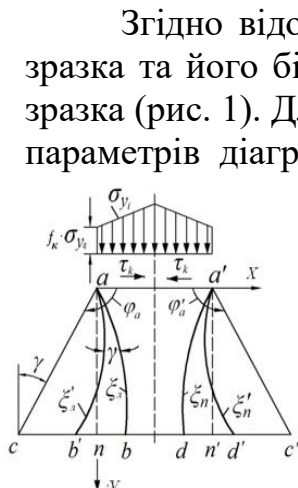


Рис. 1

Згідно відомої методики обліку кута γ – кута між нормаллю до основи зразка та його бічної поверхні, викладеної в літературі для усічено-конусного зразка (рис. 1). Для точного розрахунку слід використовувати метод розрахунку параметрів діаграм для зразка, який описується формулами [1, (4.12–4.18)], скоригованими з урахуванням конусності зразка. Кут γ безпосередньо вводиться у кут повороту тріщин, які розвиваються за траєкторіями максимальних ефективних дотичних напружень (ТМЕДН ξ). Тоді кут нахилу ТМЕДН ξ $\alpha_\xi = \frac{\pi}{4} + \frac{\rho}{2} + \beta_\xi + \gamma$, де ρ – кут внутрішнього тертя. ТМЕДН ξ'_l повертається відносно осі x на кут γ . Цей кут вводиться в експоненти рівнянь системи, за якими визначаються напруження у вершині тріщини

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma_{y\xi} &= \frac{1}{\mu} \left(\frac{k_n(1+\mu d) \left(1 + \sin \rho \sqrt{1-b_\xi^2} \right) \cdot \exp(2\mu \cdot (\beta_\xi + \beta_{b'} + \gamma))}{1 - \sin \rho \sqrt{1-b_{b'}^2}} - k_{b'} \right); \\ k_{b'} &= \frac{(k_n + \mu \sigma_y) \left(1 - \sin \rho \sqrt{1-b_\xi^2} \right)}{(1+\mu d) \left(1 + \sin \rho \sqrt{1-b_{b'}^2} \right) \exp(-4\mu \cdot (\beta_{b'} + \gamma))}. \end{aligned} \right.$$

де μ - коефіцієнт внутрішнього тертя, k_n - межа міцності на зсув. Повздовжня деформація» з врахуванням впливу горизонтальних напружень буде визначатись $\varepsilon = \frac{p - \nu \sigma_x}{E}$; де ν – коефіцієнт Пуассона; E – модуль пружності; σ_x – горизонтальне нормальне напруження. Далі будуємо діаграми «напруження-деформація» для симетричного та асиметричного навантаження та аналітично знаходимо межу міцності при 1 – $k_n=1,0$ МПа, $\rho=40^\circ$, $f_k=0,15$; 2 – $k_n=3,3$ МПа, $\rho=40^\circ$, $f_k=0,15$. Розрахунки свідчать, що під впливом руйнівних контактних напружень міцність усічено-клинових зразків на стискання при асиметричному навантаженні має значення в 1,8 - 2,0 рази менше в порівнянні з симетричним навантаженням.

Література

1. Васильєв Л.М., Васильєв Д.Л., Малич Н.Г., Ангеловский А.А. Механика образования форм разрушения образцов горных пород: Монография.- Днипро, ИМА-пресс.-2018-172с.

МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ КОЛОДОЧНОГО ГАЛЬМА З БАРАБАНОМ ШПМ

Бурков А.О., Заболотний К. С. (НТУ «Дніпровська політехніка»)

Круковський О.П. (ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України)

1. Фізична модель гальмівної накладки:

- Запропоновано нову модель гальмівної накладки, засновану на масиві пружних тіл типу вінклерівської основи.
- Модель враховує розподіл дотичних і нормальних навантажень, що виникають між гальмівним барабаном і колодкою.
- Розрахунок на граничний стан рівноваги відповідно до закону Кулона.

2. Фізична модель гальмівної балки:

- Розроблено модель гальмівної балки у вигляді кругового бруса постійного перерізу.
- Балка встановлена на вертикальній стійці і взаємодіє з гальмівним барабаном через накладку.
- Розподілені нормальне і дотичне навантаження моделюють контакт колодки і барабана.
- Вертикальна стійка змодельована як рухомий шарнір у центрі бруса.

3. Математична модель:

- Сформульовано математичну модель для визначення дотичних і нормальних зусиль на балці.
- Модель включає:
 - 6 рівнянь рівноваги елементарних ділянок бруса на пружній основі;
 - Рівняння закону Гука для згинального моменту;
 - Умову нерозтяжності серединної лінії бруса;
 - 12 граничних умов для визначення перерізальної та поздовжньої сили, згинального моменту;
 - Безперервності всіх переміщень і зусиль (крім поздовжнього, що дорівнює нулю) у місці шарніра.

4. Розрахунок зусиль і моментів:

- Методами виключення та Ейлера розраховані дотичні та нормальні зусилля на балці.
- Розподіли цих зусиль використано для визначення:
 - Гальмівного моменту;
 - Зусиль у тягах;
 - Зусилля в стійці.

5. Порівняння з методикою Б. Л. Давидова:

- Проведено дослідження колодкового гальма машини ЦР-4х3/0.7.
- Розподіл нормального зусилля на балці, отриманий за методикою Давидова і за новою методикою,
 - Має принципову відмінність:
 - У першому випадку - синусоїда;
 - У другому - парабола з яскраво вираженим крайовим ефектом.
 - Максимальний контактний тиск за Давидовим занижений у 2.5 рази.

6. Порівняння результатів:

- Мінімальна поздовжня сила за Давидовим нижча на 34%.
- Значення згинального моменту за Давидовим вище в 3 рази.
- Зусилля у вертикальній стійці за Давидовим нижче на 26.5%.

Висновок:

- Розроблено нову методику моделювання гальмівної балки, що враховує низку чинників, які не було враховувати в інших моделях.
- Методика дає змогу отримати точніші значення параметрів, що може підвищити ефективність і надійність гальмівних систем.

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО БОРУВАННЯ НА ПОВЕРХНЕВІ ШАРИ ДЕТАЛЕЙ З СІРОГО ЧУВУНУ

доцент Козечко В.А., студент Аксьонов В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

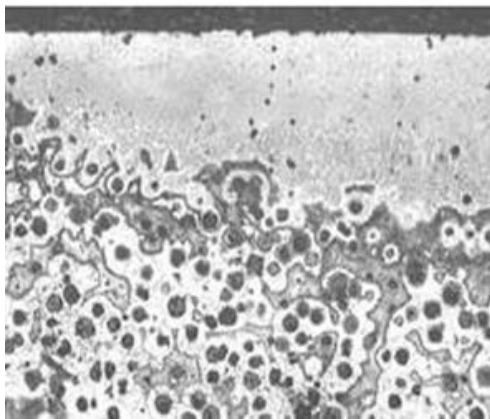
Завдяки поєднанню високих міцнісних властивостей, ковкий чавун широко поширений в різних галузях промисловості. Нелегований ковкий чавун використовується переважно для виливків для автомобільної промисловості, сільськогосподарського машинобудування та металургійного лиття. На зміну сталевому литті і навіть сталевим поковкам приходить лиття з ковкого чавуну. Типовими виливками з нелегованого чавуну є: вали збиральних машин, зубчасті передачі, зуби борони, диски дискової борони. Цей матеріал також використовується для шестерень, гільз циліндрів і колінчастих валів.

Одним із видів лазерної обробки є лазерне легування. За літературними даними цей метод використовується для легування чавунів. Введення легуючих елементів у поверхневий шар чавунних елементів знайшло практичне застосування для підвищення твердості, зносостійкості та корозійної стійкості.

З цією метою проводили легування вуглецевих чавунів комбінацією елементів Ni-Cr-B-Si та W-V-Co-Cr, в результаті чого в зоні розплаву отримували структуру, серед якої присутній карбід M_6C і зафіксовано чотириразове збільшення твердості порівняно з твердістю середини матеріалу. Також робилися спроби отримати металеве скло в поверхневому шарі чавуну шляхом легування комбінацією елементів Si-B-Co в різних співвідношеннях. Підвищення корозійної стійкості та підвищення твердості у 2 рази порівняно з твердістю матеріалу серцевини досягнуто лазерним плавленням із введенням Si в поверхневий шар аустенітного високоміцного чавуну.

Предметом випробувань були зразки ковкого чавуну КЧ-50 (3,82% C, 2,53% Si, 0,33% Mn, 0,02% Cr, 0,042% P, 0,013% S і 0,257% Cu), попередньо піддані лазерному боруванню. Легуючою речовиною був аморфний бор. Лазерну обробку проводили безперервним CO_2 -лазером фірми Triumph з максимальною потужністю 2600 Вт і режимом TEM₀₁.

Після лазерного борування ковкого чавуну можна виділити три зони: розплавлену, перехідну та загартовану. На рисунку 1 показано приклад перерізу елемента з ковкого чавуну після лазерного борування.



Розплавлена зона, перша з поверхні (видима як яскрава, однорідна ділянка), відокремлена від затверділої зони тонкою перехідною зоною.

Перевагою лазерного борування є отримання практично рівномірного розподілу бору по всій площі розплаву.

Наявність бору в розплавленій зоні

Рис. 1

продемонстровано за допомогою Оже-електронної спектроскопії, що представлено на рис. 2. На цьому малюнку по осі абсцис відкладені висоти відповідних піків диференційного спектру, отриманого за допомогою методу AES. Ці висоти пропорційні концентрації аналізованого елементу.

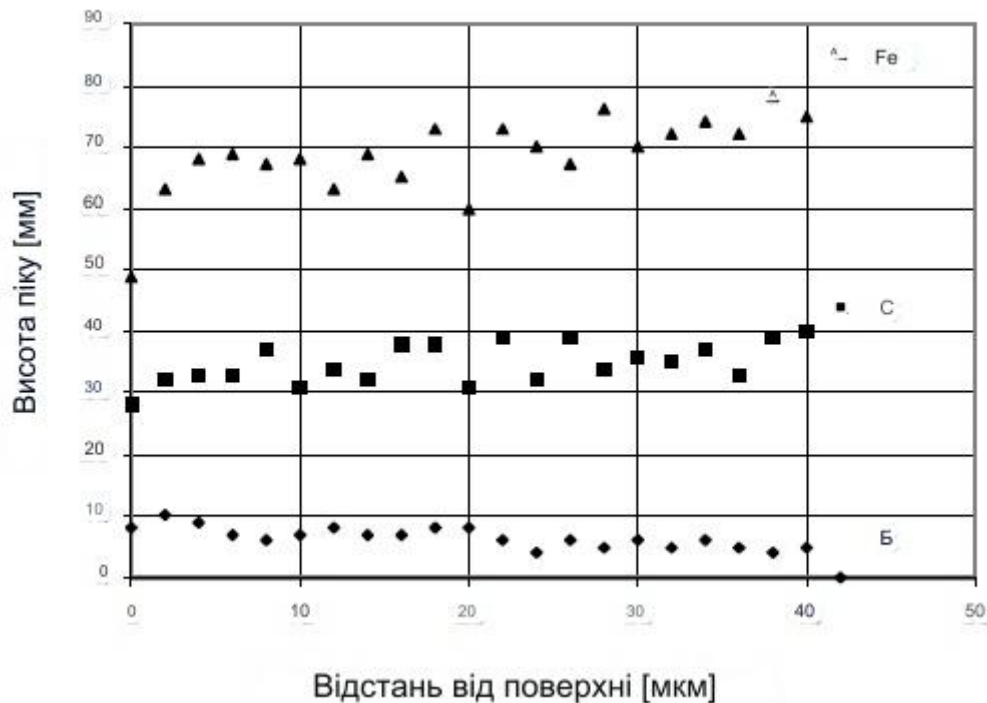


Рис. 2

На основі проведених досліджень в області лазерного борування та аналізу інформації, що міститься в літературі з дифузійного борування, можна зробити наступні висновки та спостереження.

1. Після лазерного борування ковкого чавуну з поверхні в глибині можна виділити такі зони: оплавлену, перехідну і затверділу

2. Опалвлена зона характеризується високим ступенем опалвлення. Усувається характерна для дифузійного борування текстурована голчаста структура борвмісної зони.

3. В опалвленій зоні можна отримати високу твердість: в 4-6 разів вище твердості серцевини. Однак слід зазначити, що він не такий високий, як у випадку дифузійного борування, що призводить до зазвичай крихкого бориду FeB з високою твердістю в шарі.

Література

1. Savchenko, I., Kozechko, V., & Shapoval, A. (2022). Method for Accelerating Diffusion Processes When Borating Structural Steels. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 793–800. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85230-6_94
2. Savchenko, I., Shapoval, O., Kozechko, V., Markov, O., Hrudkina, N., & Voskoboinik, V. (2021, September). Optimization of Informative Signals Stability Along the Waveguides. In *2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)* (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/MEES52427.2021.9598675

РОЗРОБКА ДРАЙВЕРУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ESC МОДУЛЕМ НА БАЗІ МІКРОКОНТРОЛЛЕРА ESP32

Студент Акулінін Д.Р. (гр. 133-23-1)
НТУ «Дніпровська політехніка»

Основні бібліотеки (приклад ESP32Servo.h , ESC.h) можуть не підійти для повного керування обертів двигуна, тому було вирішено розробити власну бібліотеку. Для ESC модулів важливу роль також може займати амплітуда вхідного сигналу, тому треба зібрати невелику схему рис.1 де мітка ESP32 pin –любий пін контролеру з підтримкою PWM(потрі-

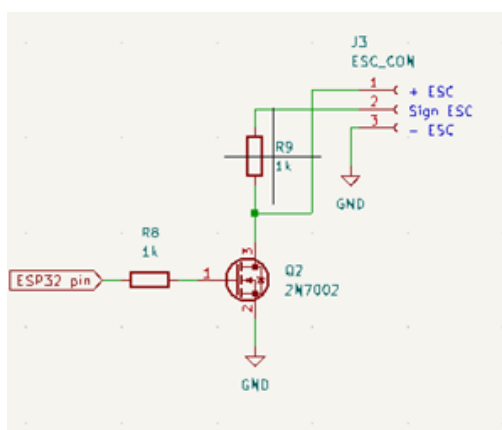


Рис.1

бно дивитися мануал). ESC_CON – конектор типу мама, стандартний 2.54 мм, 3 pin.

Далі перед тим як загрузити скетч у контролер потрібно законфігурувати глобальні змінні (бажано до тисячних - десятитисячних) у разі похибки ESC контролер може не синхронізуватися. Потрібно дізнатися час початку та кінця границі «газу» ESC контролеру це можна подивитися у мануалах на відповідний ESC

контроллер(ПРИКЛАД ДЛЯ МОГО ESC КОНТРОЛЛЕРУ на рис.2). У МОЄМУ випадку це з 1ms до 2ms при частоті у 60 Hz .

Throttle Range Setting

Different remote controls have servo control signals in different ranges. They can be in the range of 1mS to 2mS or 0.5mS to 2.5mS at 50 to 60Hz. Whenever you connect this ESC to a new remote control or microcontroller then you need to teach the ESC about the control signal range corresponding to the zero and full throttle. To do this, follow these instructions.

рис.2

Далі коли отримано данні, потрібно провести розрахунок. Нехай f – частота, t_1 – початковий час (1ms), t_2 – максимальний час (2ms). Тоді:

$$MOTOR_PWM_FROM_DUTY = \frac{t_1}{f^{-1}}$$

$$MOTOR_PWM_TO_DUTY = \frac{t_2}{f^{-1}}$$

У моєму випадку :

```
#define MOTOR_PWM_FROM_DUTY 0.0625f
#define MOTOR_PWM_TO_DUTY 0.125f
```

Далі йде клас `mot::PWM_Motor` , який в конструкторі приймає значення шим піну, далі йде «головний» метод `mot::PWM_Motor::write(float value)` – він приймає значення від 0 (плаваюча точка) до 1(плаваюча точка), цей метод обробляє дані ШИМ сигналу у окремому потоці, достатньо визвати один раз та передати дані. Р.С. весь код не можу показати з приводу безпеки(ініціалізація esc контролеру і т.д.(різні esc контролери ініц. по різному)).

```
#define MOTOR_PWM_RES 16 // bit
#define UPDATE_FREQ 60 // Hz
#define MOTOR_PWM_FROM_DUTY 0.0625f
#define MOTOR_PWM_TO_DUTY 0.125f

#define MOTOR_PWM_FLOAT_VAL (MOTOR_PWM_TO_DUTY - MOTOR_PWM_FROM_DUTY)

#define MOTOR_PWM_INVERT // transistor buffer

namespace mot
{
    class PWM_Motor
    {
    public:
        PWM_Motor(uint8_t pin) : led_chanel_this(led_chanel++)
        {
            led_chanel_this = led_chanel++;
            ledcSetup(led_chanel_this, UPDATE_FREQ, MOTOR_PWM_RES);
            ledcAttachPin(pin, led_chanel_this);
        }

        void write(float value) // [0;1]
        {
            value = MOTOR_PWM_FROM_DUTY + MOTOR_PWM_FLOAT_VAL * value;
            float resolution = pow(2, MOTOR_PWM_RES) * value;
            //Serial.println(value);
            #ifndef MOTOR_PWM_INVERT
                ledcWrite(led_chanel_this, resolution);
            #else
                ledcWrite(led_chanel_this, pow(2, MOTOR_PWM_RES) - resolution);
            #endif
        }
    private:
        uint8_t led_chanel_this;
        static uint8_t led_chanel;
    };

    uint8_t PWM_Motor::led_chanel = 0;
}
```

ЗБІРКА КВАДРОКОПТЕРУ

Студент Акулінін Д.Р. (гр. 133-23-1)
НТУ «Дніпровська політехніка»

Сьогодні квадрокоптери починають займати активну позицію у транспорті агрономіці і т.д. Але у цьому розділі я торкнуся лише базових понять при будівництві квадрокоптеру. Основні вузли моделі: рама, мотори, контролер, ESC контролеру, акумулятор. Це ті самі вузли на які слід звернути щільну увагу. Почнімо з двигунів, сьогодні майже не має сенсу робити їх самостійно, дешевше та практичніше купити готові, одразу наголошу: «краще використовувати безколекторні синхронні двигуни». Розглянемо на прикладі двигун A2212 1400kv (ентузіаста розвивали тягу до 1 кг на цьому двигуні) його головні параметр - kv (частота обертів за хвилину на вольт, подаючи відповідну напругу на мотор добиваймося необхідної частоти обертання), Максимальна напруга(часто вимірюється у банках (2s-3s) одна банка має приблизну напругу 3.7v), Максимальний ток(30A), та КПД. Для мотору існують відповідні пропелери, які поставляються разом із мотором або відповідні аналоги їх аналоги. Пропелери бувають як за годинниковою стрілкою обертання (Clock Wise) ,так і проти годинникової (Counter-Clock Wise), для квадрокоптеру потрібні пропелери обох типів. Головні параметри пропелеру – кількість лопатей. його довжина та шаг пропелеру. Дуже часто на лопаті пропелеру виробник пише його основні характеристики у деякому вигляді, на прикладі 1045 можна зрозуміти, що 10 – це діаметр пропелеру (у дюймах) , 4.5 – шаг пропелеру (у дюймах).Многолопостні пропелери при одній і тій самій підйомній силі порівняно з дволопатеvim пропелером мають менший діаметр, але головний їх недолік – балансування, перед збіркою квадрокоптеру слід відбалансувати пропелери(у разі опущення цього пункту, датчики головного контролеру можуть працювати не зовсім точно). Далі можна обрати ESC контролер(головна характеристика – Максимальний струм), підбирається за максимальним струмом мотору з певним запасом. Так якщо ми оберемо ESC – 10A, він не підійде для мотору A2212, якщо схема зібрана вірно, він все одно вийде з ладу через деякий час. Тепер можна задуматись над вибором акумулятору їх поділяють на два типи li-pol, li-ion, у разі останнього використовуються збірки акумулятору(більш кращі збірки виходять на основі 21700).Якщо потрібен квадрокоптер для гонок, трюків, то більш підійде li-pol, якщо потрібно розраховувати на більш довгий політ – li-ion. Обидва типи акумулятору не витримують холоду, слід врахувати при польоті взимку, так у цю пору часу ємність акумулятору може суттєво знизитися і час польоту суттєво зменшиться. Тепер про раму, тут яка модель?, якщо вона маленька, то її можна надрукувати на 3д принтері, а якщо ви надрукуєте для гоночного, то при першому зіткненні на високій швидкості він вас розлетиться, тому використовуємо карбон, тут все дуже індивідуально окремих порад майже

немає. Рами поділяють на: «+» та «х, підвид н» (рис. 1), стрілка вказує напрямок контролеру.

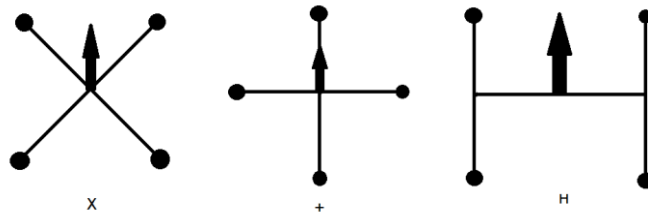


Рис.1

Різні рами підходять під різні типи задач, потрібно знімати з камери квадрокоптеру, виконувати трюки – вибирай «х», потрібно щоб різко та чітко реагувало на команди – «+», дуже маленька модель(така яка може розміститися на долоні) або для експериментів, дослідів – «Н». Для початківців більш підійде «х», більш інтуїтивно зрозуміло при керуванні. Контролер, існує не мало рішень, можна виготовити власний за схемою, все відкрито та у вільному доступі, прикладом є популярний контролер *MultiWii*.

Тепер можна збирати квадрокоптер, але бажано зібрати стенд рис.4 ([1] – БЖ, [2] – контролер двигунів, [3] – ESC, [4] – тиски, [5] - двигун) у якому визначається напрямок обертів двигуну, якщо напрямок обертів не влаштовує, треба під'єднати два силових проводи навпаки рис.2. Треба, щоб мотори оберталися саме так, як показано на рис.3. Залишок роботи виконується згідно інженерних вимог, хтось втеплішує батареї, а хтось тестує або підключає модулі. Нехай ваші мрії здійсняться!

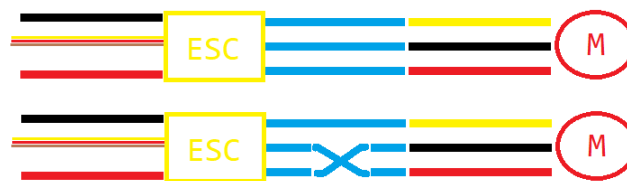


Рис. 2

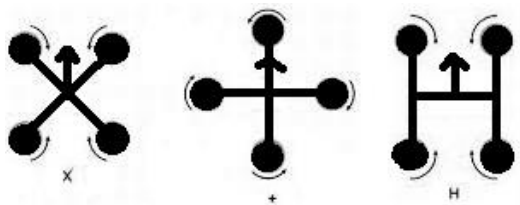


Рис. 3

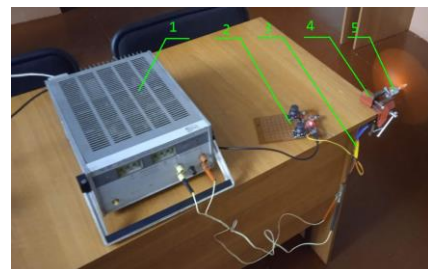


Рис. 4

Література

1. Industrial System Engineering for Drones(Neeraj Kumar Singh Porselvan Muthukrishnan Satyanarayana Sanpini)

ЗВ'ЯЗОК МІКРОКОТРОЛЛЕРУ ESP32 ТА ПК ЗА СОКЕТОМ ПО ІНТЕРНЕТУ

Студент Акулінін Д.Р. (гр. 133-23-1)
НТУ «Дніпровська політехніка»

Бувають випадки коли потрібно швидко перевірити небезпечні конструкції на відстані(наприклад у іншій кімнаті). Якщо подивитися на простори інтернету то можна побачити рішення з додатковими модулями, цей варіант як правило, або дорогий(наприклад апаратура дистанційного управління і т.д.), або не надійний (наприклад модуль NRF24L01 і т.д.). Тому треба вирішити це питання і так, щоб воно було дешеве і надійне.

Пропоную вирішення цієї проблеми через сокети. Зв'язок відбуватиметься між контролером(ESP-32 з підтримкою WiFi, інший не підійде) та комп'ютером по локальній мережі. Програма для ПК була написана на мові програмування java. На основі бібліотеки `java.net.Socket` (класи `Socket`, `BufferWriter`) була створена програма, блок схема якої приведена на рис.1. Програма для контролеру була написана на мові програмування c++, з використанням бібліотеки `WiFi.h`(класи `WiFi`, `WiFiServer`) блок схема якої приведена на рис.2.

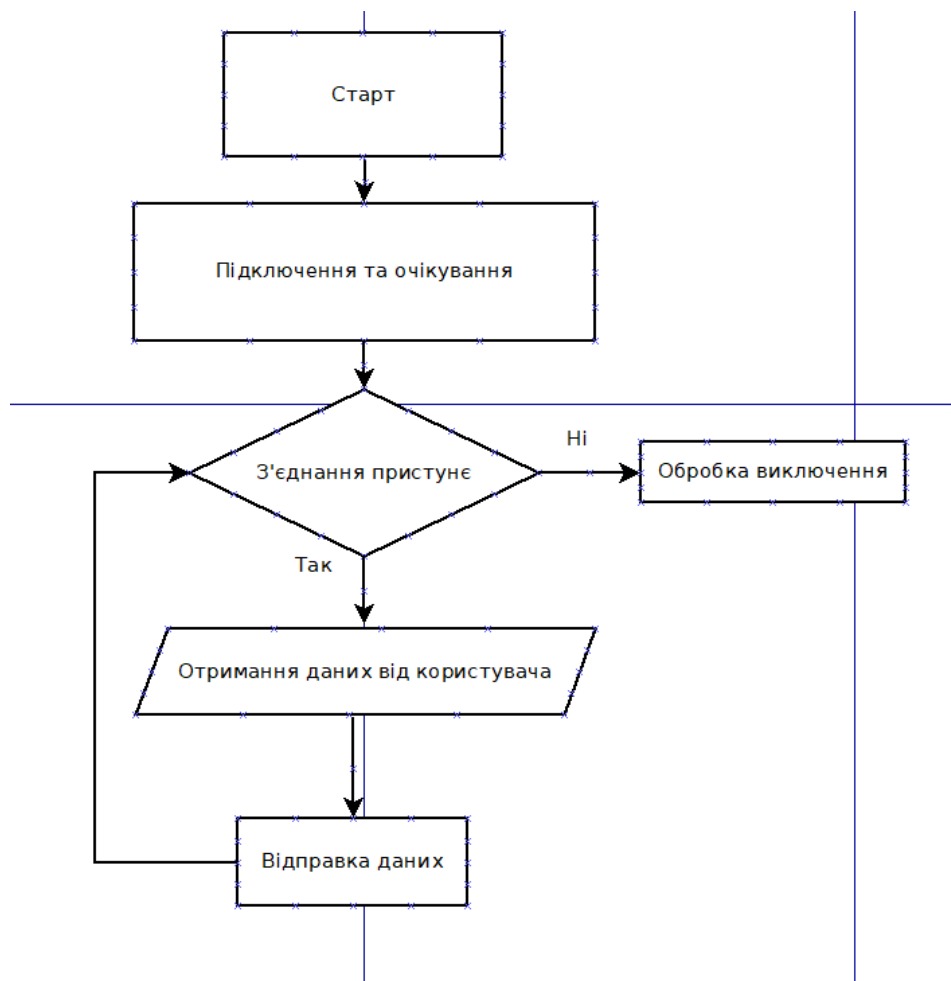


Рис. 1

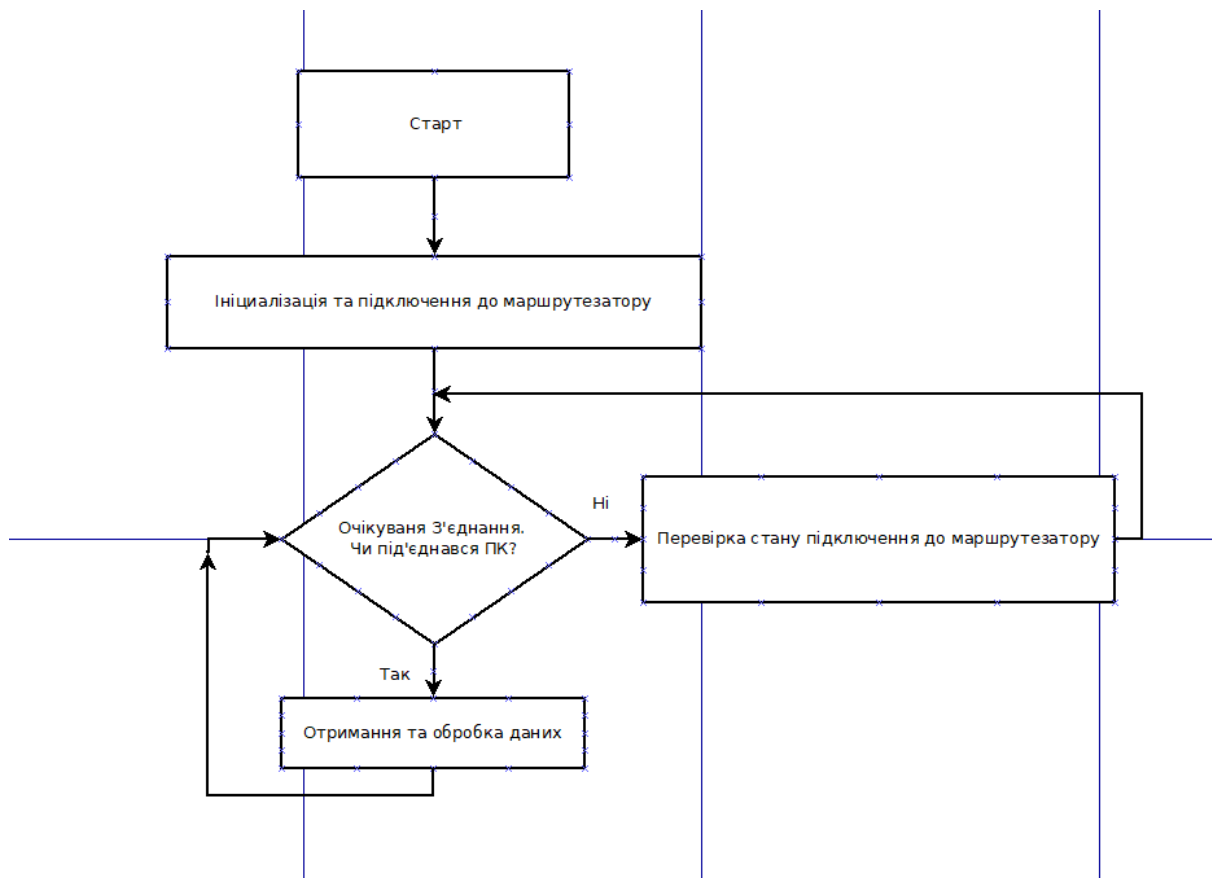


Рис. 2

У моєму випадку таким чином було протестована авіаційні двигуни для авіа моделей під навантаженням на великих швидкостях обертання. Було б гарно, якщо би зібрати маленький стенд який дуже схожий на модель і є відносно безпечним, перевірити вірність написання програм, а вже потім досліджувати модель.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОГО ДИЗАЙНУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІКИ РОБОТИ ІНЕРЦІЙНОГО ГРОХОТА

Аспірантка групи 133А-20-2 Шкут А.П.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Використання технологій віртуального дизайну під час моделювання технічних об'єктів стає дедалі актуальнішим напрямом у сучасній інженерії та промисловості. Розглянемо застосування віртуального дизайну для моделювання механіки роботи грохота ГВЧ-31С.

Інерційний грохот - це тип вібраційного обладнання, що використовується для сортування, класифікації та відділення твердих матеріалів за розміром частинок. Ефективне проектування та оптимізація інерційних грохотів потребують глибокого розуміння динамічних процесів, що відбуваються під час їхньої роботи. Технології віртуального дизайну, зокрема комп'ютерне моделювання, 3D-візуалізація та віртуальна реальність (VR) надають інженерам потужні інструменти для аналізу та вдосконалення конструкції грохотів.

Комп'ютерне моделювання вже добре зарекомендувало себе як важливий елемент у сфері інженерії та досліджень, надаючи можливість точного аналізу та оптимізації процесів до їхнього фізичного втілення. Наприклад, у статті [1] виконано моделювання грохоту в середовищі SolidWorks, з подальшим аналізом напружень, що виникають у конструкції. У той час як технології віртуальної реальності тільки починають пробивати шлях у промисловий сектор. При цьому компанії, такі як Boeing в авіабудуванні та Audi в автомобілебудуванні, вже активно впроваджують VR для навчання персоналу та прототипування продукції, даючи змогу працівникам безпечно накопичувати досвід і прискорюючи розробку нових моделей.

Дослідження спрямоване на створення системи, що дасть змогу підготувати та інтегрувати дані комп'ютерного моделювання для їхнього ефективного тестування та симуляції у віртуальній реальності, використовуючи як приклад модель грохота.

На першому етапі розробки проекту грохота створено детальну 3D-модель обладнання в програмному забезпеченні SolidWorks [2]. Проведено низку комп'ютерних експериментів для того, щоб визначити амплітуду і частоту коливань, а також перевірити напруження, що виникають.



Рис. 1

Наступним етапом, використовуючи комп'ютерну модель розроблено проект віртуальної взаємодії з грохотом у середовищі віртуальної реальності. У 2020 році SolidWorks оновив свій програмний комплекс, інтегрувавши функції віртуальної реальності (VR), що дозволяють користувачам імерсивно взаємодіяти з 3D-моделлями (рис.1). Однак у поточній версії VR від SolidWorks недоступна пряма взаємодія з моделями для їхньої зміни в режимі

реального часу або демонстрація механізмів у дії. Реалізація такої глибокої взаємодії вимагає додаткових інструментів, включно з розробкою в Unity і програмуванням на C#.

Передача даних із SolidWorks в Unity потребує використання допоміжних інструментів для адаптації 3D-моделей, оскільки безпосереднього способу інтеграції немає. Це необхідно для розробки VR-додатку, що демонструє функціонування грохоту. Процес створення такого застосунку починається з імпорту та обробки моделі в Unity, включно з призначенням колайдерів для взаємодії об'єктів і симуляції фізичних ефектів, використовуючи, наприклад, Box для коробка грохоту. Далі, для імітації реалістичного руху грохоту, який забезпечуються мотор-вібратором, встановленим на грохоті, і пружинами, на яких він спирається, застосовується C# скрипт, що створює синусоїдальний рух.

Скрипт функціонує так: він встановлює амплітуду, частоту і напрямок коливань об'єкта. (рис.2). Під час старту запам'ятовується початкове положення об'єкта. У процесі кожного оновлення кадру (Update) скрипт обчислює нову позицію, використовуючи синусоїдальну функцію, засновану на поточному часі та параметрах амплітуди і частоти, з огляду на напрямок коливань. Це оновлене положення застосовується до об'єкта, створюючи візуальне коливання. Скрипт можна адаптувати через Unity Inspector або код, забезпечуючи контроль над параметрами коливань.

```
using UnityEngine;
public class Oscillation : MonoBehaviour {
    public float amplitude = 1f; // Vibration amplitude
    public float frequency = 1f; // Oscillation frequency
    public Vector3 direction = Vector3.up; // Oscillation direction
    private Vector3 initialPosition;
    void Start() {
        initialPosition = transform.position;
    }
    void Update() {
        // Calculate new position
        float movement = Mathf.Sin(Time.time * frequency) * amplitude;
        Vector3 newPosition = initialPosition + direction.normalised * movement;
        // Update the position of the object
        transform.position = newPosition;
    }
}
```

Рис. 2

Використання VR-шолома Vivo, що включає шолом, контролери та стійки з датчиками, демонструє результати у віртуальній реальності.

Отже, хоча комп'ютерне моделювання залишається більш розвиненим та інтегрованим процесом у сучасній інженерії та дослідженнях, технології віртуальної реальності мають великий потенціал розвитку в промисловості. Описано, що застосування VR вбудованої в SolidWorks для демонстрації роботи грохота недостатньо. Для детальної взаємодії та відображення руху механізмів потрібні доповнення, наприклад, використання Unity і C#. Написано код скрипта, що дає змогу продемонструвати роботу грохоту у віртуальній реальності.

Література.

- 1.Shkut, A.(2023). A methodological approach to assessing the durability of welded structures of screens using SolidWorks Simulation software. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 6, 79-89. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-6/079>.
2. Paul J. Schilling, Randy H. Shih. Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2023, USA, SDC Publications. ISBN: 978-1-63057-549-6

РОЗРОБКА НАУКОВОЇ-ДОСЛІДИЦЬКОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА ОСНОВІ ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ САПР SOLIDWORKS

Студентка Захарова Д.Р., учень Власов О. С.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Аналіз практичних навчальних матеріалів з предметів STEM поставив актуальну задачу перед КЗ «Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна»: розробити лабораторний практикум, який дозволив би учням поглибити свої навички роботи з САПР SolidWorks, розширити свої знання з STEM та навчитися реінжинірингу.

Для проведення досліджень, кафедрою інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ Дніпровської політехніки, було надано планетарний редуктор. Він був наданий для дослідження та створення лабораторного практикуму. Для досягнення цієї мети ми проаналізували деталі конструкції редуктора та створили креслення. Використовуючи ескізи та отримані розміри, ми створили деталі твердотілої моделі планетарного редуктора за допомогою програмного забезпечення «SolidWorks» (див. рис. 1).

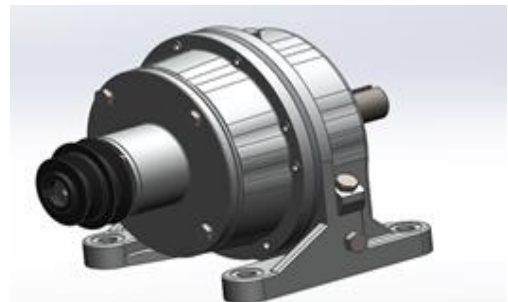


Рис. 1



Рис.2

Далі були проведені обчислювальний експеримент та фізичні експерименти з реальною моделлю (див. рис. 2) та 3D моделлю редуктора. Метою експериментів було визначення передавального числа редуктора. У результаті проведених кінематичних розрахунків було розраховано:

передавальні числа кожної ступені та загальне передавальне число планетарного редуктора, воно склало 23. У фізичному експерименті передавальне число – 22,53, при цьому похибка дорівнює 2,04%. Був проведений комп'ютерний експеримент, аналогічно фізичному. У результаті передавальне число склало 23. Було встановлено, що передавальне число залежить від співвідношення окружних швидкостей ведучої та веденої шестерень. Це пояснюється тим, що навантаження розподіляється на сателіти, що призводить до збільшення крутного моменту. Результати моєї роботи будуть використані в розробці лабораторного практикуму

Література:

1. Paul J. Schilling, Randy H. Shih. Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2023 / KS, USA, SDC Publications, 2023
2. Борозенець Г.М., Павлов В.М., Семак І. В. Деталі машин / Навчальний посібник. Видавничий дім «Кондор». Київ. 2021. 220 с.

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РОБОТА-ДОСТАВНИКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ SOLIDWORKS

Студентка Захарова Д.Р., аспірантка Шкут А. П., учениця Гончарова С.О
НТУ «Дніпровська політехніка»

Роботи-доставники можуть слугувати в комерційному секторі з метою зменшення часу доставляння, а також для збільшення швидкості надання замовлень. Також роботів використовують, щоб надавати гуманітарну допомогу у важкодоступних місцях: так, застосування роботів-доставщиків дуже поширене в медицині, додатково – у військових галузях. Велика перевага роботів-доставників полягає в тому, що вони легко просуваються на небезпечні ділянки або крізь непрохідну місцевість. Окрім цього, важливим фактором є зменшення чисельності жертв (через відсутність людей, які зазвичай займаються перевезенням амуніції та лікарських засобів). Особливість розробленого робота-доставника полягає в тому, що він може пересуватися бездоріжжям.



Рис. 1

За допомогою САПР SolidWorks було створено 3D конструкцію робота-доставника (див. рис. 1) та перевірено її на відсутність інтерференцій. Вона складається з 6 коліс, кожне з яких має індивідуальний електродвигун. Опорного кріплення, двох балансирів та кріплень під них. Також наявна платформа, на якій розташований контейнер, до неї кріпиться електроніка, завдяки чому відбувається контроль та рух робота.

Задля аналізу динаміки було розроблено трек з вертикальними перешкодами, на якому проведено 4 експерименти. Під час першого експерименту було запущено робот-шасі без вантажу, як результат було підвищення динаміки під час проходження першої перешкоди. У другому експерименті було додано вантаж масою m , внаслідок чого можемо побачити



Рис. 2

незначне підвищення динаміки. Третій експеримент, де був вантаж масою $2m$ показав значне підвищення динаміки. Четвертий експеримент мав вантаж масою $3m$, продемонстрував значне підвищення динамічного навантаження. Під час експериментів було отримано графіки залежностей.

Також в роботі було використано VR (див. рис. 2) задля перевірки робота на наявність інтерференцій, та візуалізації процесу збирання/розбирання конструкції (див. рис. 3).



Рис. 3

Література

1. [Paul J. Schilling](#), [Randy H. Shih](#). Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2023 / KS, USA, SDC Publications, 2023
2. Борозенець Г.М., Павлов В.М., Семак І. В. Деталі машин / Навчальний посібник. Видавничий дім «Кондор». Київ. 2021. 220 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ДИЗАЙНУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ АЕРОРОБОТІВ-ТРАНСФОРМЕРІВ

Студентка Захарова Д.Р., учень Малуєв П.А.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Переглядаючи відео на платформі YouTube американського блогера Марка Робера та досліджуючи тему БпЛА, постала актуальна наукова задача, метою якої є розробка та дослідження гібридного робота-кур'єра, який зможе поєднувати функції польоту та їзди. Розробка робота такого типу відзначається високою актуальністю, обумовленою рядом об'єктивних переваг. Гібридні роботи можуть вирішити проблему доставки товарів та послуг у важкодоступні області, де застосування традиційних засобів неможливе. Наприклад, їхнє використання стане ефективним у віддалених районах, частинах населених пунктів зі складною дорожньою ситуацією або на висотних спорудах, забезпечуючи доставку їжі, медикаментів, інструментів тощо.

Ідея роботи полягає в створенні робота, що зможе пересуватися різними типами поверхонь за допомогою колісної бази та долати перешкоди в режимі польоту. Для досягнення мети було проведено аналіз конструкцій існуючих аналогів мультироторного типу, з отриманих даних було визначено збірний образ майбутнього робота. Розроблена конструкція має включати 2 системи, одна з яких – пересування – складається з 2 складових:

- Система їзди – забезпечення тяги та можливості пересування по землі, вона має чотири колеса та приводиться у рух електромоторами.
- Система польоту – забезпечення підйомної сили для пересування та маневреності в повітрі. Складається з чотирьох пропелерів, які прикріплюються до електромоторів.
- Система трансформації – забезпечення зміни положення коліс та пропелерів за командою пілота. Має електромотор та сполучена кріпленнями задля згортання та розгортання моделі.

У ПЗ SolidWorks було розроблено деталі та вузли 3D моделі робота, створено збірку (див. рис. 1), що містить 109 деталей, 26 з яких є унікальними; взаємодія в моделі з натягом та проміжком. Було досліджено, що рух відбувається без заїдань, інтерференції відсутні.

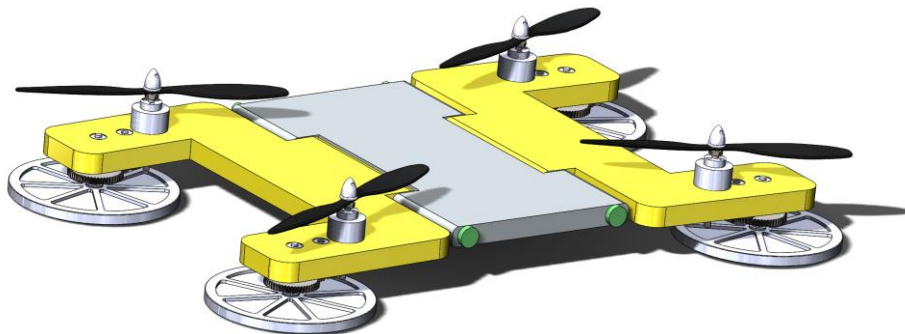


Рис. 1

За допомогою Simulation та Flow Simulation було проведено експерименти з визначення аеродинамічних властивостей пропелера з двома та трьома лопатями (див. рис. 2); для них було побудовано графік (див. рис. 3) та вперше виведено залежності максимального навантаження при зміні кутової швидкості:

- $P = 1.3969\omega^2 - 1.1451\omega + 0.451$ — для двох лопатей
- $P = 1.2434\omega^2 - 0.9204\omega + 0.333$ — для трьох лопатей

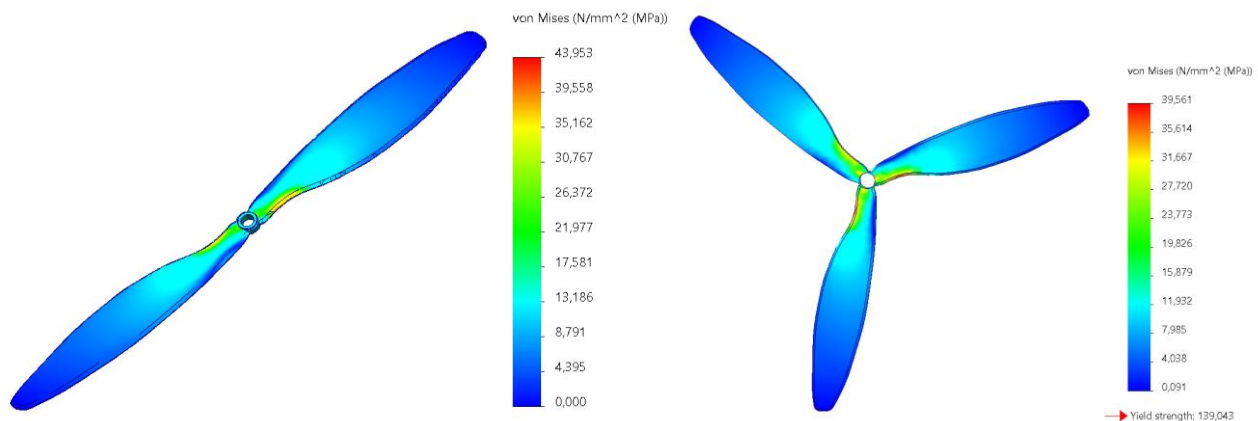


Рис. 2

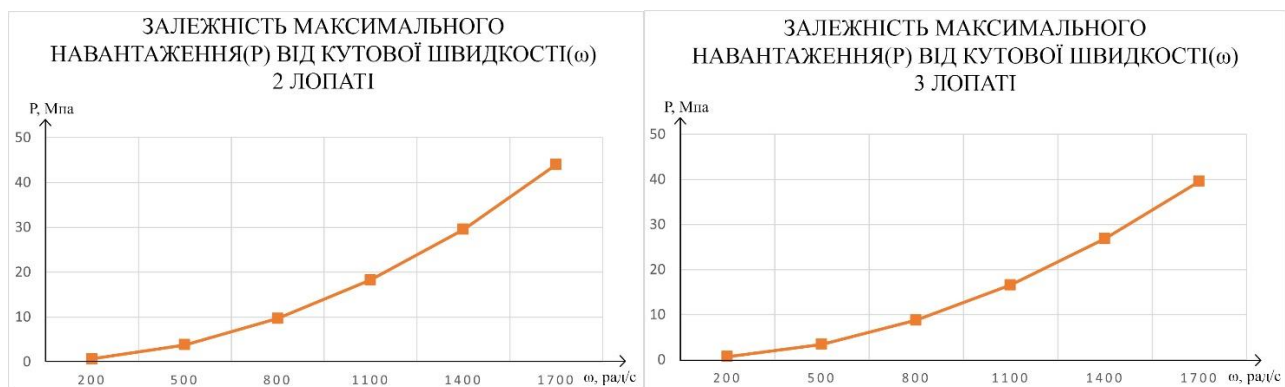


Рис. 3

Визначено, що пропелер з трьома лопатями виявляє відносно кращі аеродинамічні властивості, модель було актуалізовано.

У роботі застосовано технологію VR для демонстрації збирання-розбирання аероробота. Технічне завдання застосунку представлено схемою. Робота була апробована на семінарі(див. рис. 4.) на базі НТУ “Дніпровська політехніка”, де отримала позитивні відгуки.



Рис. 4

Література.

1. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. / П.І. Літовченко – Харків: НАНГУ, 2015. 302 с.
2. Sihite, E., Kalantari, A., Nemovi, R. et al. Multi-Modal Mobility Morphobot (M4) with appendage repurposing for locomotion plasticity enhancement, 3323 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ДРОНА, ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА МОРСЬКИМИ ТА ПРІСНОВОДНИМИ ЕКОСИСТЕМАМИ

Студентка Захарова Д.Р., Студент Акулінін Д. Р.

НТУ «Дніпровська політехніка»

учень Бистров Т.Є

КЗ "Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна" Кам'янська МР

Дрони використовуються всюди: від цивільного використання для знімання відео до військової справи. Зараз без них важко уявити хоч одну сучасну війну. В Україні є багато компаній які займаються проєктуванням та створенням таких апаратів. Проте у морських країн, якою також є Україна зберігається суттєва небезпека щодо потенційних загроз з боку держави агресора. Для патрулювання територіальних вод України та спостереження за морськими та прісноводними екосистемами необхідні підводні дрони.

Застосування таких конструкцій під час проведення робіт дозволить зменшити витрати на людські ресурси та зменшити ризики травмування робітників, а також пришвидшить виконання пошукових, військових або цивільних задач, так як дані механізми можуть діяти за керівництвом оператора, або автономно працювати в заданому регіоні.

За допомогою САПР SolidWorks було створено 3D моделі деталей підводного дрону (див. рис. 1). Конструкція була перевірена на відсутність інтерференцій.



Рис. 1

Концепція конструкції дрону полягає в тому, що в кожному із баластів знаходяться отвори в які потрапляє вода при зануренні. В основі апарату встановлені акумулятори, які надають електроенергію для відповідних вентильних електродвигунів встановлених у рушіях апарату. В основі так само міститься камера, що може робити фото і відео та світлодіоди які можуть освітлювати темні ділянки водойм, річок та інше. При аварійних ситуаціях баласты розмикаються та випадають з

конструкції, щоб внаслідок цього швидко підняти підводний апарат. Результат роботи можна використовувати для створення прототипу даної конструкції, проведення випробувань, та в у майбутньому запуску серійного виробництва.

Також було створено технічне завдання для створення застосунку для збірки/розбірки конструкції у середовищі віртуальної реальності (VR) (див. рис. 2).



Рис. 2

Для чого потрібен VR? Використання технології віртуальної реальності полегшує процес навчання з пристрасстю, підвищує мотивацію та покращує збереження інформації. У техніці віртуальна реальність використовується для навчання та перевірки функціональності різних інженерних пристроїв. Переваги віртуальної реальності, яка використовується в техніці та освіті, включають створення цифрових середовищ, які є інтерактивними для студентів, проведення експериментів без ризику пошкодження обладнання та зменшення витрат, пов'язаних з необхідними матеріалами для проведення практичних занять. класи. Створення копій, які не є практичними в реальному житті.

Для реалізації алгоритму збирання-розбирання механізму в Unity, важливо запрограмувати деталі так, щоб користувач міг взаємодіяти з ними лише у визначеній послідовності, яка відображена на блок-схемі та описана в покроковому алгоритмі (див. рис. 3).

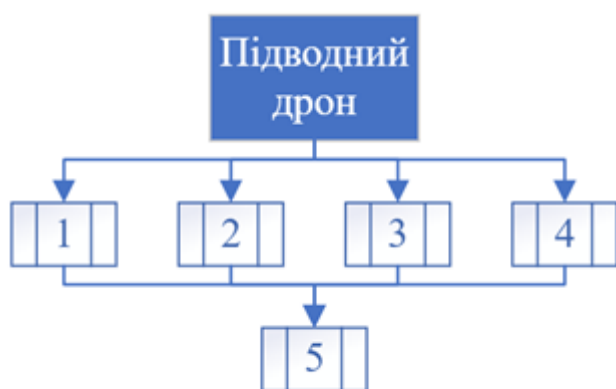


Рис. 3

Це дозволить створити занурювальний та інтерактивний VR-додаток, що допоможе користувачам ефективно навчитися алгоритмам збирання та розбирання механізмів, дотримуючись необхідної послідовності дій.

Було проведено експеримент у Flow Simulation, де було досліджено залежність дії тиску рідини на апарат в залежності від його швидкості та залежності сили опору води від швидкості руху моделі. В результаті були отримані залежності можна описати ступеневими поліномами. Залежність тиску рідини (P) від швидкості дрону (V):

$$P = 3,8393V^3 + 158,92V^2 - 301,77V + 101461 \quad (1)$$

Залежність сили опору води (F) від швидкості дрону (V):

$$F = 2,9167V^2 + 0,0279V - 0,0001 \quad (2)$$

Максимальна відносна похибка складає 4,5%, що служить підставою для такого висновку: залежність можна апроксимувати отриманими функціями.

Література.

1. Lv P. F., He B., Guo J., Shen Y., Yan T. H., Sha Q. X. (2020). Underwater navigation methodology based on intelligent velocity model for standard AUV. Ocean Engineering, 202, 107073.
2. Бурау Н.І. Моделювання динаміки автономного безпілотної підводного апарата за простого руху/ Н.І. Бурау, С.М. Величко, С.О. Гуриченко// Наукові вісті КПП. – 2021. - № 3. – С. 64–73.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ДОСЛІДЖУЮТЬСЯ У ПЕРІОД ЗАКЛИНЮВАННЯ РОЛИКОВОГО ЗУПИННИКА ДЛЯ УКЛОННИХ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ

Аспірант Бобришов О.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Перспективним гальмівним пристроєм для уклонних стрічкових конвеєрів є зупинник відкритого типу з роликом, оснащеним набірним гумовим футеруванням, який застосовується замість колодкових гальм [1-2]. У розробленому роликовому зупиннику для уклонних стрічкових конвеєрів ролик виконаний з гумовим покриттям, що дозволило в кілька разів збільшити кут заклинювання і знизити контактні навантаження.

Для створення енергозберігаючого засобу гальмування уклонних стрічкових конвеєрів необхідно провести відповідні експериментальні дослідження пропонованого пристрою при різних режимах його роботи.

Експериментальні дослідження впливу геометричних, фізико-механічних, кінематичних та силових параметрів роликового зупинника в період заклинювання на роботу уклонного стрічкового конвеєра можна провести кількома шляхами: 1) в експлуатаційних умовах на уклонних стрічкових конвеєрах, встановлених на виробництві; 2) у лабораторних умовах, коли роликовий зупинник змонтований на приводі уклонного стрічкового конвеєра; 3) у лабораторних умовах, з використанням спеціального експериментального обладнання, розглядаючи систему «привідний блок – роликовий зупинник».

Вивчення цього питання в експлуатаційних умовах вимагає тривалого спостереження. Об'єкт дослідження містить значну кількість конструктивних параметрів, що варіюються. Внаслідок чого виникне необхідність доповнення конструкції роликового зупинника пристроями для зміни ряду його робочих параметрів від експерименту до експерименту. Крім того, застосування декількох наборів складових частин роликового зупинника, що відрізняються за різними параметрами один від одного для здійснення їх заміни від дослідження до дослідження. Наведені вище особливості ускладнюють проведення експерименту на виробництві.

Слід також відзначити, що дослідження зупинника з використанням уклонного стрічкового конвеєра вимагатиме значних витрат у засобах та більш тривалого часу проведення експериментів. Тому найбільш доцільним є дослідження роликового зупинника в лабораторних умовах на спеціальній установці.

Один із важливих етапів – це експериментальні дослідження енергозберігаючого засобу при гальмуванні уклонного стрічкового конвеєра.

Нормальні зусилля, що виникають в зупиннику при заклинювання ролика в клиноподібної щілини між гальмівним шківом і криволінійної робочою поверхнею зупинника залежать від гальмівного моменту, геометричних параметрів зупинника і ролика, фізико-механічних властивостей гумового покриття, шорсткості контактуючих поверхонь і діаметра гальмівного шківа.

Це можна виразити наступною функціональною залежністю

$$N=f(\alpha, d, D, R, \delta, G, L, E, Rz, M_{кр}), \quad (1)$$

де N – нормальна реакція, як у зоні контакту «ролик - гальмівний шків», так і в зоні контакту «ролик - робоча поверхня корпусу зупинника» в період заклинювання; α – кут заклинювання; d – діаметр ролика; D – діаметр гальмівного шківа; R – радіус кривизни робочої поверхні зупинника; δ – товщина футерування; G – вага ролика; L – довжина ролика, E – модуль пружності футерування; Rz – шорсткість поверхні, $M_{кр}$ – гальмівний крутильний момент.

Щоб виявити вплив кожного з десяти зазначених факторів, потрібно проводити велику кількість експериментів, навіть якщо скористатися сучасними методами раціонального планування експерименту [3]. У зв'язку з цим доцільно скоротити число досліджуваних факторів.

З огляду на те, що гальмівний шків, входить до складу приводу уклонного стрічкового конвеєра, і має чистоту поверхні $Rz40$, то вважаємо що цей параметр заданий. Так як довжина ролика конструктивно пов'язана з шириною шківа, то вважаємо що цей параметр також заданий. Отже виключаємо вищенаведені параметри з варійованих факторів. Вага ролика G не може збільшувати нормальне навантаження, при збільшенні гальмівного моменту, тому цей параметр також можна виключити як другорядний.

Радіус робочої поверхні зупинника вважатимемо другорядним фактором, тому що заклинювання ролика відбувається на невеликій ділянці, яку можна вважати прямолінійною, при величині радіуса $R = 500$ мм. Отже, цей параметр також виключаємо з числа варійованих. З огляду на вищевикладене, можна записати функціональну залежність, що обирається для експериментальних досліджень роликового зупинника відкритого типу з гумовим покриттям ролика в період заклинювання для уклонних стрічкових конвеєрів

$$N=f(\alpha, d, D, \delta, E, M_{кр}). \quad (2)$$

Таким чином, основними факторами, що впливають на величину N , а отже, і на контактні навантаження при заклинювання ролика з гумовим покриттям будуть: кут заклинювання, діаметр ролика, діаметр гальмівного шківа, товщина футерування, модуль пружності футерування, гальмівний крутильний момент.

Література.

1. Бобришов, О.О. Формування напряму створення енергозберігаючого засобу гальмування уклонних стрічкових конвеєрів / О.О. Бобришов // Збірник праць за матеріалами XIII-ої Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих вчених «Наукова весна-2023». – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка». – 2023. – С. 36-38.
2. Бобришов, О.О. Вибір варіюючих факторів для експериментальних досліджень роликового зупинника в період вільного ходу / О.О. Бобришов // Українська школа гірничої інженерії: тези доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпро: ЛізуновПресс, 2023 – С. 72-73.
3. Білецький, В.С. Методологія наукових досліджень технічних об'єктів та їх оптимізація (Навчальний посібник) / В. С. Білецький. – Київ: ФОП Халіков Руслан Халікович, 2023. – 118 с.

ЗМІСТ

Заболотний К.С. Обговорення освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 133 Галузеве машинобудування «Віртуальний дизайн у машинобудуванні» 2024 – 25 навчального року	3
Булат А.Ф., Лисиця М.І., Агальцов Г.М., Новікова А.В., Мар'єнков М.Г., Лисиця Н.М. Досвід застосування еластомерних елементів для вібростейсмосахисту житлових будинків	4
Заболотний К.С., Панченко О.В., Симоненко В.В. Дослідження осьової жорсткості шахтних підймальних машин	6
Франчук В.П., Анциферов О.В. Методика розрахунку раціонального режиму роботи вертикального вібраційного млина	8
Шевченко В.Г., Шевченко Г.О., Сухарєв В.В., Слущкий О.М., Мороз А.І. Ph.D, Associate professor Jamil Haddad (Al-Balqa Applied University, Amman, Jordan) Дослідження застосування вібраційних живильників з віброударним приводом при видобутку корисних копалин	10
Круковська В.В., Круковський О.П., Кочерга В.М. Підвищення ефективності роботи дегазаційних свердловин із застосуванням охорони виїмкового штреку	11
Круковський О.П., Шейко А.В., Агаєв Р.А., Дудля К.Є. Шахта як об'єкт подвійного призначення в умовах воєнних дій: особливості та виклики	13
Круковський О.П., Круковська В.В. Стійкість капітальних виробок, що проводяться по виробленому простору розвантажувальної лави	15
Зберовський В.В., Стасевич Р.К., Власенко В.В. Тищенко Є.М. Савоченко Р.О. До питання контролю вибухонебезпеки процесу подрібнення вугілля в кулястих барабанних млинах	17

Зберовський В.В., Агаєв Р.А., Петух О.П., Криворучко О. Н., Пазиніч А.В. Особливості використання кавітаційних систем та пристроїв в технологічних процесах	19
Кухар В.Ю. Досвід використання дисперсно зміцнених композитних матеріалів в конструкціях промислових фільтрів технічної води	21
Professor Gristchak V.Z. (Dnipro University of Technology) To the criterion for application of aerodynamic calculation in solving the non-linear external ballistics problems	22
Новіков Л.А. Визначення динамічних параметрів частинок пилу при вибухових роботах у кар'єрах	23
Дзюба С.В., Коряшкіна Л.С. Обґрунтування розподілу елементів транспортно-логістичних систем у промислових регіонах України	25
Полушина М.В., Москальова Т.В. Конструкція запобіжного пристрою щоклової дробарки зі складним рухом щокло	27
Москальова Т.В., Полушина М.В. Перспективи видобутку корисних копалин у космосі	29
Кірія Р.В., Смірнов А.М., Мостовий Б.І., Лисиця М.І., Калганков Є.В. Випробування гумових зразків із перероблених автомобільних шин для футеровки роликів конвеєра	31
Лапшин Є.С., Шевченко О.І. Зона винесення ТЕС – перспективне джерело сировини для економіки України	33
Маланчук З. Р., Корнієнко В. Я., Васильчук О. Ю. Дослідження тонкої класифікації базальтової гірської маси	35
Шевченко Г.О., Усов О.А., Чолишкіна В.В., Курілов В.С. Ефективність гідравлічної сепарації золи-виносу ТЕС	36

Семененко Є.В., Слободяникова І.Л., Усатенко В.В. Визначення параметрів шнеку для транспортування відходів вуглезбагачення у вигляді гідросуміші високої концентрації	37
Ларіонов Г.І., Земляна Ю.В. До математичного моделювання процесів контактної взаємодії металополімерного анкера з оточуючим середовищем	39
Блюсс Б.О., Рижова С.О., Сімес В.Є. Моделювання параметрів вузла пульпоутворення при керуванні засувкою на трубопроводах, що подають воду в зумпф	40
Осінній В.Я., Осіння Н.В. Установки плазмового розширення свердловин: перспективи розвитку	42
Медведєва О.О., Семененко Є.В., студент Роман С.Г. Моделювання роботи шнеку при неповному наповненні трубопроводу	43
Бондаренко А.О., студент Земянцев С.Я. Розробка технічного проекту башти спуско-підіймальної	45
Бондаренко А.О., студент Мироненко І.А. Розробка вібраційного живильника продуктивністю 20 т/год	46
Бондаренко А.О., студент Рисев Є.О. Розробка технічного проекту установки лабораторної просіювальної	47
Associate Professor Fedoskina O.V., Assistant Erisov M.M., Associate Professor Fedoskin V.A. Influence of jaws vibration frequency on the granulometric composition of crushed glass containers	48
Мухачев А.П., Шевченко В.Г., Єлатонцев Д.О., Харитонova О.А. Рідкісні метали в гірничому машинобудуванні України	49
Бондаренко А.О., студент Бузоверя А.О. Розробка технічного проекту спірального класифікатору продуктивністю 150 т/год	50
Бондаренко А.О., студент Шмалько С.С. Розробка лоткового живильника продуктивністю 20 т/год	51

Лисиця М.І., Новікова А.В., Заболотна О.Ю., Агальцов Г.М., Гребенюк С.М. Розрахунок масивних вібросейсмоізоляторів при довготривалих статичних навантаженнях	52
Мацюк І.М., Твердохліб О.М. Шляхи зниження матеріалоємності у конструкціях закритих зубчастих передач	54
Курносов С.А., Макеєв С.Ю., Новіков Л.А., Возіанов В.С. Стенд для досліджень властивостей породно-полімерних зразків	55
Тепла Т.Д., Семененко Є.В., студент Медведєв Я.С. Оцінка енергетичного потенціалу ділянки, при використанні її для генерації вітрової енергії	56
Ганкевич В.Ф., Кіба В.Я. Уколова Т. М., Пазиніч А.В., Лівак О.В. Підвищення експлуатаційних властивостей бурових штанг для проведення буро-вибухових робіт	58
Ганкевич В.Ф., Кіба В.Я., Лівак О.В. Оптимізація надійності та результативності процесу буріння свердловин для розв'язання проблеми забезпечення стабільності операцій	59
Мінеєв С.П., Трохимець М.Я., Мальцева В.Є., Янжула О.С. Боднар А.А. Спосіб дегазації газонасиченого викидонебезпечного вугільного пласта та утилізації добутого газу	60
Агальцов Г.М., Лисиця М.І., Новікова А.В., Калганков Є.В. Оцінка та управління ризиками, пов'язаних з виробничим шумом та вібраціями на виробництві	61
Ганкевич В.Ф., Кіба В.Я., Лівак О.В. ,Уколова Т.М. Шляхи підвищення ефективності буріння свердловин в міцних і особливо міцних породах	63
Ільїн С.Р., Адорська Л.Г. Фактори ризику при експлуатації шахтних підйомних установок та методичні підходи щодо їх оцінки	64
Панченко О.В., студент Швець Н.Р. Обернене проектування редуктора РЦ-1585 приводу обертання ротора вагоноперекидача ВБП-80М	66

Васильєв Л.М., Васильєв Д.Л., Різо З.М., Красовський І.С. Порівняння достовірності експериментальних методів визначення межі міцності призматичних зразків гірських порід	68
Головко Ю.М., Клименко Д.В. Вплив жорсткості встановлення геофонів двох різних типів на їх характеристики	69
Франчук В.П., Бондаренко А.О. Основи теорії розрахунку гравітаційних класифікаторів	71
Франчук В.П., Анциферов О.В., Гавріленко Ст.С. Дослідження динаміки врівноваженого грохоту-перевантажувача з ексцентриковим приводом	73
Медведева О.О., Гальченко З.С., Демченко О.О. Перспективи застосування відновлювальних джерел енергії на відвалах порід розкриття	75
Маліч М.Г., Васильєв, Осіння Н.В., Різо З.М. Порівняння міцності усічено-конусних зразків гірської породи при симетричному та асиметричному навантаженні	77
Бурков А.О., Заболотний К. С., Круковський О.П. Модель взаємодії колодочного гальма з барабаном ШПМ	78
Козечко В.А., студент Аксьонов В. Вплив лазерного буровання на поверхневі шари деталей з сірого чавуну	79
Студент Акулінін Д.Р. Розробка драйверу для керування ESC модуля на базі мікроконтролера ESP32	81
Студент Акулінін Д.Р. Створення квадрокоптеру	83
Студент Акулінін Д.Р. Зв'язок мікроконтролера ESP32 та ПК за сокетом по інтернету	85
Шкут А.П. Використання технологій віртуального дизайну для моделювання механіки роботи інерційного грохота	87
Учень Власов О.С., Студентка Захарова Д. Р., аспірант Симоненко В.В. Розробка науково-дослідної лабораторної роботи на основі планетарного редуктора з використанням САПР SOLIDWORKS	89
Учениця Гончарова С.О., студентка Захарова Д. Р., аспірант Шкут А.П. Розроблення конструкції та аналіз динаміки робота-доставника із застосуванням програмного комплексу SOLIDWORKS	90

Учень Малуєв П.А., Студентка Захарова Д.Р. Застосування віртуального дизайну для оптимізації концепції аеророботів-трансформерів	91
Учень Бистров Т.Є., студентка Захарова Д.Р., студент Акулінін Д.Р. Обґрунтування концепції дрона, призначеного для спостереження за морськими та прісноводними екосистемами	93
Аспірант Бобришов О.О. Обґрунтування параметрів, що експериментально досліджуються у період заклинювання роликового зупинника для уклонних стрічкових конвеєрів	95