

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

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



Т Е З И

XX

**Міжнародної науково-технічної конференції
«ПОТУРАЇВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

Конференція присвячена

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

ПАМ'ЯТІ ЙОГО УЧНІВ-ПРОФЕСОРІВ

**Дирди Віталія Іларіоновича
Надутого Володимира Петровича**

**27 січня
Дніпро 2023**

УДК 622.232
ББК 34.42
П64

Електронний збірник містить тези доповідей, поданих на XX міжнародну 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 роботи представників Луцького національного технічного університету, Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне), Учебно-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій (м. Кривий Ріг).

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

© Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка», 2023

ОБГОВОРЕННЯ ОСВІТНЬО-НАУКОВОЇ ПРОГРАМИ ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ СТУПІНЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ ДОКТОР ФІЛОСОФІЇ

Д.т.н., завідувач кафедру ІДМБ Заболотний К.С.,

д.т.н., професор Бондаренко А.О.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Освітньо-наукова програма (ОНП) «Галузеве машинобудування» реалізується в Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» починаючи з 2016 року. Метою ОНП є підготовка висококваліфікованих і конкурентоспроможних на національному та міжнародному ринках праці фахівців галузевого машинобудування, здатних розв'язувати комплексні задачі і проблеми в професійній та/або дослідницько-інноваційній діяльності у сфері механічної інженерії які виникають під час обґрунтування параметрів, проектування, виробництва та експлуатації технічних систем, машин і устаткування, робото-технічних засобів та комплексів, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових знань. Мета програми узгоджена зі Стратегічним планом розвитку університету та його місією, яка полягає в сприянні еволюції освітньо-наукового простору, що базується на принципах академічної доброчесності, загальнолюдських цінностей, національної ідентичності та креативного становлення людини і суспільства майбутнього. При формуванні цілі та програмних результатів проектною групою з розробки ОНП був виконаний аналіз Стратегії регіонального розвитку Дніпропетровської області, інформації від керівників промислових інжинірингових підприємств, науково-дослідних інститутів, центру зайнятості. Враховані положення Закону № 2031-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та інноваційної діяльності» [1].

Об'єктом діяльності ОНП є явища та процеси, які обумовлюють формування світогляду і компетентностей дослідника та дають можливість проводити наукові дослідження різних за типом та структурою виробів промислової продукції у машинобудівній галузі. ОНП сфокусована на комплексному вирішенні задач і проблем що супроводжують проектування, виробництво й експлуатацію технічних систем, машин, устаткування, робото-технічних засобів та комплексів галузевого машинобудування. Це дозволяє працевлаштування фахівців на посадах наукових і науково-педагогічних працівників в наукових установах і закладах вищої освіти, а також на посадах працівників найвищої кваліфікації у дослідницьких, проектних, конструкторських установах і підрозділах підприємств [1].

Характерною особливістю ОНП є студентоцентроване навчання, самонавчання, проблемно-орієнтоване навчання. Акцент в ОНП поставлений на поєднанні фундаментальних аналітичних та числових методів інженерних досліджень з комп'ютерним моделюванням і віртуальною симуляцією робочих процесів машин та механізмів. Такий комплексний підхід ґрунтується на фундаментальній базі навчального центру з технологій CAD/CAM/CAE/PDM і CALS

який було затверджено у статусі навчального та методичного центру інноваційних технологій SolidWorks у вишах, середніх школах і на підприємствах України ще у 2006р [1].

У 2022 р. освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування» була суттєво оновлена відповідно до Стандарту вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування затвердженого 30.05.2022 р. За результатами розгляду ОНП стейкхолдерами і представниками академічної спільноти були отримані пропозиції щодо удосконалення ОНП. Прийняті пропозиції здобувача гр. 133А-21-2 Симоненка В.В. щодо включення у обов'язкову дисципліну «Планування дослідних випробувань устаткування та обробка результатів» прикладу оформлення дослідних випробувань, виконаного на базі реальних експериментальних досліджень. Враховані пропозиції стейкхолдерів, а саме виконане коригування робочих програм гуманітарного, спеціального і фахового циклів підготовки відповідно до вимог Стандарту вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування (від 30.05.2022 р. № 503). Врахована пропозиція директора ПКПІ АТ «Дніпроважмаш» Ю.О.Драгомирецького щодо підсилення обов'язкової дисципліни «Наукові та інноваційні завдання та проблеми інжинірингу в галузевому машинобудуванні», що викладається на першому курсі матеріалом що висвітлює сучасні наукові проблеми у науковій діяльності; обґрунтовує етапи її породження і визначення; описує особливості організації наукової діяльності в Україні, знайомить з сучасними теоретичними та прикладними проблемами в галузевому машинобудуванні. Прийнята пропозиція старшого наукового співробітника Інституту геотехнічної механіки імені М.С. Полякова, к.т.н. С.Р. Ільїна щодо доцільності підсилення обов'язкової дисципліни «Планування дослідних випробувань устаткування та обробка результатів», що викладається на другому курсі матеріалом, що висвітлює відомі графічні й аналітичні методи обробки експериментальної інформації. Прийнята пропозиція завідувача кафедрою технології машинобудування ДДТУ, докт. техн. наук, проф. І.В. Бельмаса щодо підсилення обов'язкової дисципліни «Наукові та інноваційні завдання та проблеми інжинірингу в галузевому машинобудуванні», що викладається на першому курсі матеріалом що висвітлює: основні види і ознаки наукового дослідження; сутність і класифікацію методів дослідження; методику досліджень; підготовку, оформлення та захист результатів дисертаційних досліджень. Відповідно до пропозиції директора ТОВ "Океанмашенерго" Марини Григораш ОНП була оновлена відповідно до вимог Стандарту вищої освіти, врахована також пропозиція щодо унормування об'єму дисертаційної роботи. За результатами обговорень відповідні зміни були внесені до ОНП та робочих програм дисциплін.

Освітньо-наукова програма «Галузеве машинобудування» передбачає застосування політики щодо дотримання принципів академічної доброчесності [1]. Для переконання здобувачів у необхідності дотримання принципів академічної доброчесності запроваджені дієві процедури: проведення науковими керівниками і викладачами дисциплін інформаційно-роз'яснювальної роботи щодо

неприпустимості порушення норм академічної доброчесності; ознайомлення здобувачів з інформацією про «Кодекс академічної доброчесності» та викладені в ньому правила; заохочення здобувачів до участі в тренінгах, курсах, вебінарах, семінарах, круглих столах щодо питань академічної доброчесності. Наприклад здобувачі ОНП Ковирєв М.В. і Черниш П. були активними учасниками курсу «Академічна доброчесність в європейському освітньому і науковому просторах: багатовимірна імерсивна модель» а здобувач Симоненко В.В. брав участь у круглому столі «Актуальні питання підготовки дисертаційних досліджень в Україні».

До викладання на ОНП залучені професіонали-практики та експерти галузевого машинобудування, а саме: проф. Заболотний К.С. – голова технічного відділу Малої академії наук України у Дніпропетровському регіоні, член редакційної колегії наукових видань «Гірничі електромеханіка та автоматика», «Трансфер інноваційних технологій»; директор НВП «ММФ»; професор Бондаренко А.О. – член наукових рад МОН України з питань атестації наукових кадрів з виробництва та технологій, експертизи проектів наукових досліджень за тематичним напрямом «Машинобудування», начальник технологічного відділу Інституту з проектування гірничих підприємств при НТУ «ДП», член експертно-редакційної колегії наукового журналу «Збірник наукових праць НГУ» напрямів «Матеріалознавство та галузеве машинобудування», «Прикладна механіка, будівництво та цивільна інженерія»; доц. Титов О.О. – працює за сумісництвом на посаді наук. співроб. відділу механіки машин і процесів переробки мінеральної сировини ІГТМ НАН України; доц. Панченко О.В. є професіоналом машинобудівного конструювання в SolidWorks, що підтверджено сертифікатами компанії Dassault Systemes SolidWorks Corporation (США).

Викладачі, що працюють на ОНП постійно підвищують свою кваліфікацію. Професори Франчук В.П., Заболотний К.С., Бондаренко А.О., доценти Панченко О.В., Анциферов О.В. проходили стажування за курсом «Digital teaching: Технології цифрового навчання» в рамках проекту «Establishment of German-Ukrainian University Network for Securing Successful Education in Ukrainian Universities in Time of War and Crisis» організованим Технічним університетом Дрездена (Німеччина).

Література

1. Освітньо-наукова програма вищої освіти для доктора філософії спеціальності 133 Галузеве машинобудування / К.С. Заболотний, А.О. Бондаренко, В.В. Симоненко, НТУ «Дніпровська політехніка», каф. ІДМБ. – Д. : НТУ «ДП», 2022. – 22 с.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТРУМИННОЇ СИСТЕМИ ГРУНТОЗАБІРНОГО ПРИСТРОЮ ЗЕМСНАРЯДУ ГПП

Д.т.н., професори Франчук В.П., Бондаренко А.О.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Досвід застосування плавучих землесосних снарядів, при освоєнні обводнених родовищ рудних і нерудних пісків, дозволяє зробити висновок про можливість інтенсифікації процесу розробки ґрунтів при застосуванні раціонально сконструйованих струминних розпушувачів [1-3]. Відомо, що застосування струминних розпушувачів дозволяє підвищити продуктивність земснаряда більше ніж на 25%, при одночасному зменшенні собівартості ґрунту.

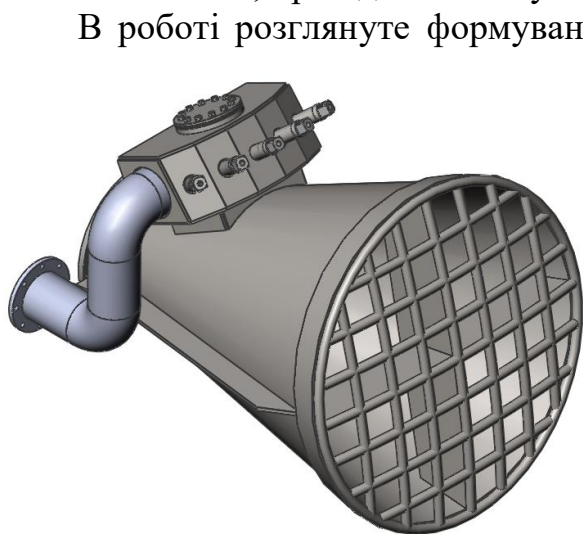


Рисунок – Модернізований ґрунто-
забірний пристрій земснаряду ГПП

В роботі розглянуте формування потоку рідини турбулентним похилим струменем, що утворює його характерні ділянки. Вивчення складних процесів, що протікають у підводному вибої землесосного снаряду виконане шляхом розробки математичної моделі, що дозволяє встановити значення достатньої кількості геометричних параметрів для побудови поверхні контакту розмивного струменя з ґрунтом на основі емпіричних моделей.

Отримані математичні моделі використані при проектуванні й модернізації ґрунтозабірних пристроїв землесосних снарядів з струминними розпушувачами. При цьому урахований раціональний баланс між геометричними параметрами вибою і конструктивними параметрами струминного розпушувача. Важливим фактором розрахунку раціональних параметрів струминних розпушувачів є коректність розрахунку розмивної швидкості ґрунту з урахуванням кута нахилу поверхні зони розмиву [1-3].

Апробация розробленої математичної моделі розрахунку струминних розпушувачів прошла в ході модернізації ґрунтозабірного пристрою землесосного снаряду ГПП (Рис.).

Література.

1. Бондаренко А.О. Фізичне дослідження струминного формування підводного вибою землесосного снаряда/ Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 2. – С.79 - 81.
2. Bondarenko, A. O., 2012. Mathematical modeling of soil dredger absorption processes in the underwater bottomhole. Metallurgical and Mining Industry, Volume 4, Issue 3, 2012, pp. 149-152.
3. Bondarenko, A. O., 2018. Theoretical bases of pulp suction process in the shallow dredge underwater face. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 3, pp. 22–29. DOI: 10.29202/nvngu/2018-3/4.

ДИНАМІКА ПУСКУ ОДНОСЕКЦІЙНОГО ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВУ ПРИ ПОЗАЦЕНТРОВОМУ РОЗМІЩЕННІ ЗЧІПНОГО ПРИСТРОЮ

Професор Франчук В.П., доцент Зіборов К.А.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Пуск двигунів та рушіння з місця при повному навантаженні на зчіпному пристрої є найважчим режимом роботи трансмісії та ходової частини локомотива.

З динамічної точки зору односекційний шахтний локомотив є корпусом масою m_T , моментом інерції J_x, J_y, J_z , якій встановлено на чотирьох колесах радіусом R_{ki} ($i \in 1...4$) та моментом інерції J_{ki} , колеса попарно пов'язані між собою та з редуктором валом жорсткістю, яка на кожній ділянці між валом та редуктором є C_{oi} (рис. 1). Редуктор з наведеним моментом інерції – J_{pj} ($j \in 1..2$) пов'язаний з ротором приводу пружним зв'язком жорсткістю C_{pj} , наведений момент інерції ротора приводу – J_{nj} [1].

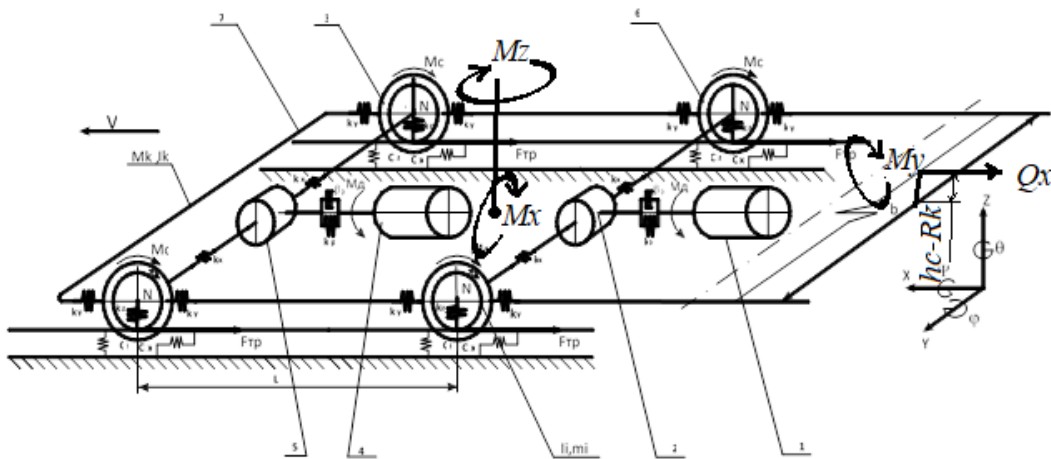


Рис.. 1. Розрахункова схема односекційного шахтного локомотива

Диференціальні рівняння руху ланок односекційного локомотива з індивідуальним приводом отримаємо, користуючись рівнянням Лагранжа II роду:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial D}{\partial q_i} = Q_i,$$

де T – кінетична енергія системи, Π – потенційна енергія системи, D – функція дисипації енергії, Q – зовнішня узагальнена сила, q – узагальнена координата.

Узагальнені координати – параметри руху ланок локомотива: φ_{n1} – для ротора першого двигуна, φ_{p1} – для першого редуктора, $\varphi_{k1}, \varphi_{k2}$ – для першої пари коліс, $\varphi_{n2}, \varphi_{p2}$ – для ротора двигуна та редуктора другого приводу, $\varphi_{k3}, \varphi_{k4}$ – для другої колісної пари, $\varphi_x, \varphi_y, \varphi_z, X, Y, Z$ – координати для візка. Маса та моменти інерції, як і пружні характеристики, вважаються наведеними до колеса (точці контакту). Контакт колеса з рейкою, при відносному русі в межах крипу, в напрямку осей x і y відбувається по еліптичній плямі з півісями a_o і b_o , які визначаються згідно з теорією Герца [2].

Дослідження динаміки пуску односекційного локомотива з індивідуальним приводом виконано на прикладі шахтного електровозу К 4.

Розв'язання системи рівнянь, що описують динаміку пуску односекційного шахтного локомотива, здійснюємо матричним методом у системі *Mathcad*. На рис. 2 наведено осцилограми коливань крутного моменту на ділянці двигун – редуктор та крутного моменту на ділянці осі першого та третього колеса. Величина максимальних навантажень на елементи конструкції редукторів повністю завантаженого локомотива при пуску вдвічі перевищують навантаження при русі, що встановився (рис. 2, а), так само як і навантаження на трансмісію опорних коліс (рис. 2, б). Самі навантаження на трансмісії передніх і задніх коліс так само як і трансмісії редукторів колісних пар відрізняються між собою внаслідок позацентрового розташування зчіпного пристрою.

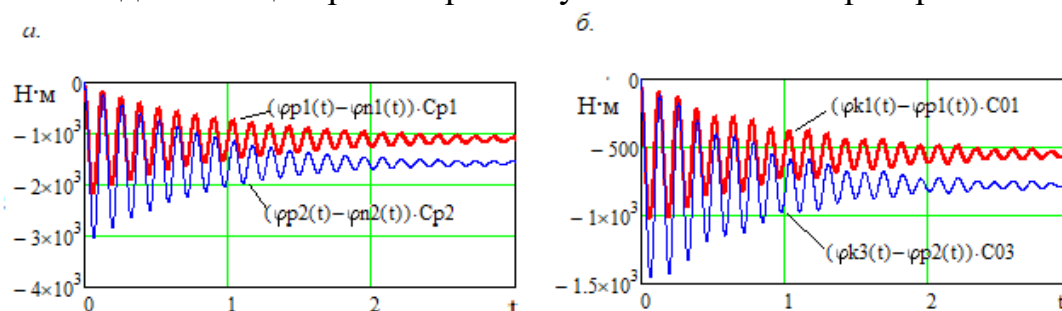


Рис. 2. Залежності для наведеного крутного моменту на ділянці двигун – редуктор (а); крутного моменту на ділянці осі першого та третього колеса (б)

Висновки. Динаміка пуску односекційного шахтного локомотива з індивідуальним приводом на кожен пару коліс описується системою чотирнадцяти диференціальних рівнянь другого порядку, розв'язання яких здійснюється під час використання програмного продукту *Mathcad*. При позацентровому розташуванні зчіпного пристрою навантаження на передні та задні колеса локомотива можуть відрізнятися на 30% і більше, вплив поворотних коливань по осі *x* і *z* незначний.

Література.

1. Франчук, В.П. Динамическая модель шахтного локомотива, реализующего тяговое усилие в точке контакта колеса и рельса / В.П. Франчук, К.А. Зиборов // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2018. – № 53. – С. 153 – 162.
2. Франчук, В.П. Взаємодія тіл з рухомою точкою контакту [Електронний ресурс] / В.П. Франчук, К.А. Зіборов // Монографія. - М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дан. – Дніпро: НГУ, 2017. – 96 с. – Режим доступу: <http://www.nmu.org.ua>.

ДО ПИТАННЯ ПОДІЛУ СИПУЧОГО МАТЕРІАЛУ ПІД ДІЄЮ ВІБРАЦІЙ

Професор Франчук В.П., доцент Анциферов О.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

З усього розмаїття властивостей, за якими відбувається розділення сипучих матеріалів у повітряному середовищі, на макрорівні є гравітаційні сили [1, 2, 3, 4], зокрема, вплив вібрацій. На мікро- і нано-рівні вплив мають і сили адгезії [5].

Якщо поділ сипучого матеріалу здійснюється під впливом вібрації, то основним параметром тут виступає коефіцієнта режиму вібропереміщення

$$\Gamma = \frac{a\omega^2 \sin \beta}{g \cos \alpha}, \quad (1)$$

де a – амплітуда вертикальних коливань; ω – частота коливань;
 g – прискорення вільного падіння;
 α – кут нахилу робочої поверхні до горизонту;
 β – кут нахилу коливань до робочої поверхні.

Процес поділу може протікати двояко. При вертикальних коливаннях з $1 < \Gamma < 3,6$ більші частинки в оточенні дрібних, як і частинки з більшою густиною в оточенні менш щільних, «спливають» у верхню частину шару матеріалу (рис. 1, а, б). При $\Gamma < 1$ і за наявності горизонтальних коливань більші частинки в оточенні дрібних, як і частинки з більшою густиною в оточенні менш густих, опускаються в нижні шари матеріалу (рис. 1, в, з).

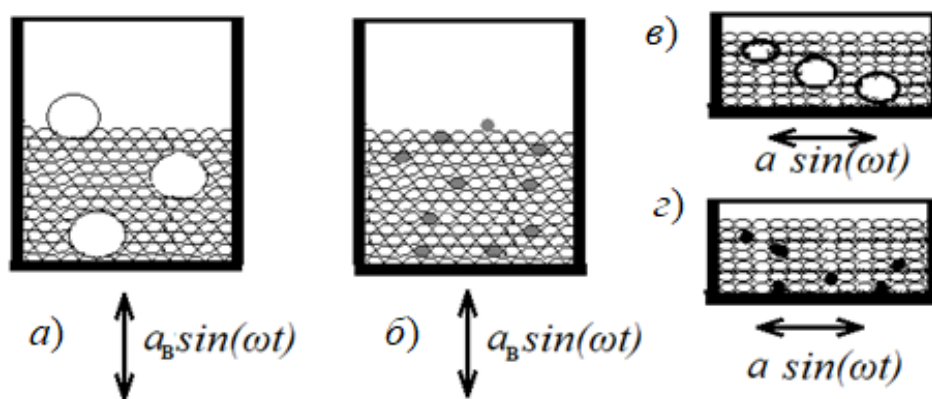


Рис. 1

Незважаючи на суперечливу поведінку частинок у шарі, обидва режими (рух великих і щільних частинок угору або до низу шаром матеріалу) описуються одними й тими самими рівняннями для частинок середі і для частинок, що виділяються. За аналогією з [6] вони мають вигляд [7]

$$\begin{aligned} m_c \frac{d^2}{dt^2} z_c + s_c \mu \frac{d}{dt} z_c &= m_c a \omega^2 \sin(\omega t) - m_c g; \\ m_b \frac{d^2}{dt^2} z_b + s_b \mu \frac{d}{dt} z_b &= m_b a \omega^2 \sin(\omega t) - m_b g, \end{aligned} \quad (1)$$

де m_c, m_b – маса частинок середі і частинок, що виділяються;
 s_c, s_b – відповідні площі поверхні частинок.

Частинки мають сферичну форму, тому рівняння (1) можемо подати у вигляді

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dt^2} z_c + \frac{\mu}{6d_c\gamma_c} \frac{d}{dt} z_c &= a \omega^2 \sin(\omega t) - g; \\ \frac{d^2}{dt^2} z_b + \frac{\mu}{6d_b\gamma_b} \frac{d}{dt} z_b &= a \omega^2 \sin(\omega t) - g, \end{aligned} \quad (2)$$

де d_c, d_b – розмір сферичних частинок;

γ_c, γ_b – густина матеріалу частинок;

μ – коефіцієнт непружних опорів.

Розв'язуємо ці рівняння для умов $\Gamma > 1$ і $\Gamma < 1$ і отримаємо траєкторії руху частинок матеріалу z за період коливань $T = 2\pi/\omega$. Порівнюємо величину переміщень за час T і визначаємо середню швидкість переміщення.

Для прикладу розглянемо рух щільних часток $\gamma_{щ}$ шаром менш щільного (легкого) матеріалу $\gamma_{л}$. Досліджуємо рух матеріалу з відривом від робочої поверхні за умови $1 < \Gamma < 3,6$. Внаслідок відмінності в опорі, частинки матимуть різну траєкторію руху, і наприкінці етапу польоту щільніші частинки опускаються на підшар із менш щільних частинок (рис. 2, а).

Досліджуємо рух матеріалу з відривом від робочої поверхні за умови $1 < \Gamma < 3,6$. Внаслідок відмінності в опорі, частинки матимуть різну траєкторію руху, і наприкінці етапу польоту щільні частинки опускаються на підшар із менш щільних частинок (рис. 2, а). На рисунку позначені траєкторії руху часток: 1 – легкі; 2 – щільні; 3 – різниця траєкторій.

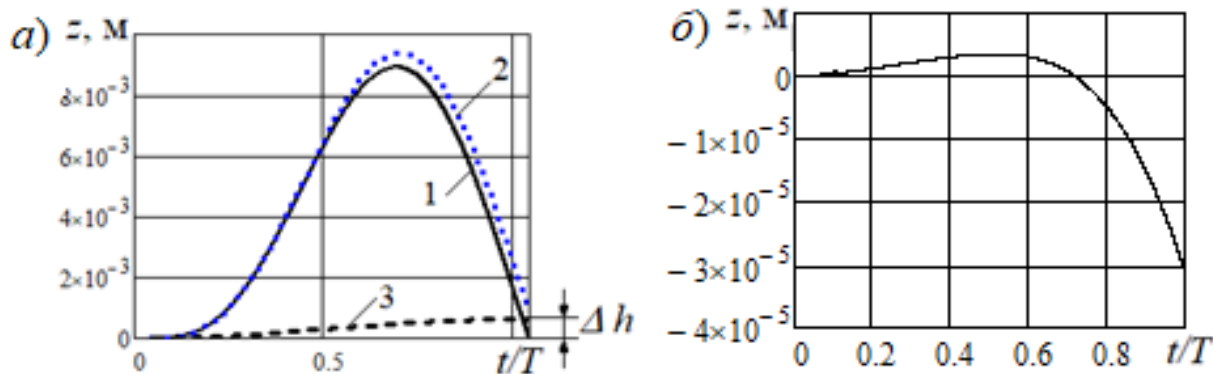


Рис. 2

Розрахунки проведені для побудови траєкторії руху частинок гематиту ($\gamma_{щ} = 4500 \text{ кг/м}^3$) у шарі кварцу ($\gamma_{л} = 2400 \text{ кг/м}^3$). Розмір частинок $d = 0,001 \text{ м}$. Коефіцієнт опору приймаємо $\mu = 100 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}$. Частота коливань $\omega = 100 \text{ 1/с}$, режим вібропереміщення $\Gamma = 3,5$. Щільна частинка за кожен цикл коливань переміщається вгору шаром на $0,7 \text{ мм}$.

Для режиму з $\Gamma < 1$ при русі суміші в горизонтальній площині (рис. 1, з) відносні рухи щільних частинок спрямовані в нижній шар (рис. 2, б). При $\Gamma = 0,8$ за час T щільна частинка переміщається донизу шаром на $3 \cdot 10^{-2} \text{ мм}$.

Знаходимо відношення переміщення z за цикл коливань T і визначимо середню швидкість переміщення щільних частинок у шарі легких. На рис. 3 зображено залежності швидкості від коефіцієнта режиму вібропереміщення Γ .

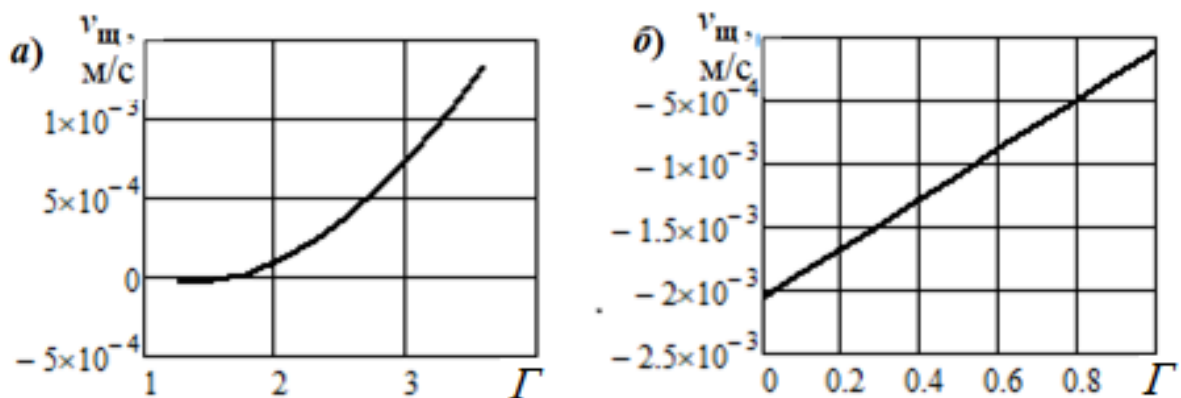


Рис. 3

Як видно з графіка на рис. 3, а при збільшенні Γ швидкість щільної частинки вгору шаром матеріалу збільшується (вертикальна вібрація).

У режимі ж безвідривного руху при $\Gamma < 1$ швидкість переміщення щільного матеріалу вниз по шару матеріалу збільшується зі зменшенням Γ (горизонтальна вібрація).

З викладеного випливає, що залежно від режиму вібраційного впливу, поділ матеріалу може відбуватися у зворотному напрямку, хоча процес описується одними й тими самими рівняннями.

Література.

1. Куди А. Н., Долгунин В. Н. Сегрегация и миграция в гравитационных потоках зернистых материалов: механизмы, интенсификация и технологии: Монография, Тамбов: Издат. центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2019. 130 с.
2. Блехман И. И. Вибрационная механика. М.: Наука, 1994. 247 с.
3. Непомнящий В. А. К теории самосортирования сыпучих смесей. Известия ЛЭТИ. 1961. Вып. 46. С. 217-227.
4. Франчук В. П. К вопросу сегрегации материала под действием вертикальных вибраций. Проблемы тонкого измельчения, классификации и дозирования: тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. Иваново, ИХТИ, 1982. С. 53-55.
5. Франчук В. П., Хомасуридзе В. Д. К расчету сил, способствующих «всплыванию» частиц вибрирующего наклонного сыпучего тела. Теория и практика процессов измельчения и разделения: материалы конференции. ОГМА, Одесса, 1995. С. 24-28.
6. Блехман И. И., Джанелидзе Г. Ю. Вибрационное перемещение. М.: Наука, 1964. 412 с.
7. Франчук В.П., Анциферов О.В., Курилов В.С. Поділ сипкого матеріалу при вертикальних коливаннях робочої поверхні // В.П. Франчук, О.В. Анциферов, В.С. Курилов/ «Світ наукових досліджень. Випуск 12»: матеріали Міжнародної мультидисциплінарної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 29-30 вересня 2022 р.). – 2022. – С. 305-309
8. Франчук В. П. Учет большого слоя материала вибрационных машин технологического назначения. Вібращії в техніці та технологіях. № 2 (62), 2011. С. 48-53.
9. Франчук В. П., Надутый В. П., Егурнов А. И. Выбор параметров движения рабочих поверхностей грохотов с учетом крупности разделения. Збагачення корисних копалин. Вип. 33 (74). Дніпропетровськ, 2008. С. 44 – 52.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДЦЕНТРОВОГО ДЕЗІНТЕГРУЮЧОГО МОДУЛЯ

Д.т.н., с.н.с. Шевченко Г.О., к.т.н. Сухарєв В.В.

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

Ph.D, Associate professor Jamil Haddad

Al-Balqa Applied University, Amman, Jordan

В наш час особливої уваги набуває актуальність вирішення проблеми з необхідності зниження витрат енергії на переробку корисних копалин, а саме їх подрібнення. Одним з перспективним напрямків таких розробок є модернізація та створення нових конструкцій відцентрових дезінтеграторів з можливістю комплексної переробки гірської маси.

В ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України був розроблений відцентровий дезінтегруючий модуль вібраційного типу [1], в якому для підвищення ефективності дезінтеграції в центральній зоні подрібнювальної камери використовуються зіткнення зустрічних потоків подрібнюваного матеріалу, що підвищує енергію їх взаємодії та зсувні деформації при зіткненні частинок, замість деформації стискання. Оскільки конструкція дезінтегратора модульна, то внизу камери подрібнення закріплена змінна сітка, а камера встановлена на пружні опори, що дозволяє використовувати вібраційний вплив на сітку та матеріал. Завдяки застосуванню класифікації в процесі дезінтеграції знижується кількість переподрібнених часток та підвищується ефективність подрібнення [2]. Також, однією з можливостей використання розробленої конструкції, було вилучення з гірської маси корисних металічних самородних включень, а саме міді, так як при подрібненні матеріалу частинки пластичних металів набувають кулястої форми і в подальшому вивантажуються через спеціальні отвори, що збільшує межі застосування нової конструкції.

Метою досліджень відцентрового дезінтегруючого модуля вібраційного типу було визначення його раніше не встановлених технологічних характеристик, а також підтвердження отриманих теоретичних розрахунків [2]. Встановлено, що продуктивність модуля (Q , кг/год) по класу $-0,16$ мкм для матеріалів граніт-мармур становить від 9 до 15 кг/год; ступінь подрібнення матеріалу (λ , од.), при використанні сітки та вібрації, для матеріалів граніт-мармур змінюється від 47 до 92 од., що на 40% краще дезінтеграції без вібраційної класифікації; наявність в матеріалі металевих включень розміром 5 мм, в кількості 10% від загальної маси, підвищує ступінь подрібнення λ на 20%. Отримані результати підтверджують ефективність роботи відцентрового дезінтегруючого модуля вібраційного типу та перспективи з можливості для його подальшого використання.

Література.

1. Надутий В.П., Сухарєв В.В., Логінова А.О. Вібраційний ударно-відцентровий дезінтегратор. Патент України на корисну модель № 127825, В 02 С 13/14, 19/00 від 23.02.2018, Опубл. 27.08.2018, Бюл. № 16.
2. Influence of particle geometry on the efficiency of operation of quasistatic and inertial disintegrators / Надутий В.П., Титов О.О., Колосов Д.Л., Сухарєв В.В. // Науковий вісник НГУ. – Дніпро. – Вип. 6. – 2020. – С. 21–27.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗВ'ЯЗАНИХ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ ГАЗОНОСНОГО ПОРОДНОГО МАСИВУ З ГІРНИЧОЮ ВИРОБКОЮ ТА КАМЕРОЮ-СХОВИЩЕМ І ФІЛЬТРАЦІЇ ГАЗУ

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

В період ведення воєнних дій, підвищеного попиту на енергоносії і постійної загрози енергетичній інфраструктурі видобуток вугілля в країні набуває першочергового значення. На більшості шахт України розробляються газonosні вугільні пласти, а навколишні породи теж містять метан. Під час ведення гірничих робіт цей метан потрапляє в шахтну атмосферу. Для того, щоб повітря в виробках відповідало санітарним нормам, застосовується їх провітрювання і дегазація вуглепородного масиву. Постійна загроза знеструмлення вугільних шахт може призвести до зупинки багатьох технологічних процесів, зокрема провітрювання, дегазації, шахтного підйому. Забезпечення безпеки працівників вугільних шахт в умовах постійної загрози відключення шахт від енергопостачання є складною і дуже важливою задачею.

Камери-сховища призначені для захисту гірників від впливу шкідливих газів у разі аварій в гірничих виробках. Такі камери обладнуються в ніші, пройденій з виробки. Для протидії навантаженню з боку гірського масиву, забезпечення необхідного рівня герметичності та безремонтного підтримання під час експлуатації необхідне надійне кріплення виробки і камери. Вибір такого кріплення потребує дослідження процесів деформування газonosного породного масиву з гірничою виробкою і камерою-сховищем, формування навколо них проникної області і фільтрації газу.

Деформування вуглепородного масиву можна описати рівнянням:

$$c_g \frac{\partial u_i}{\partial t} = \sigma_{ij,j} + X_i(t) + P_i(t),$$

де u_i – переміщення, м; c_g – коефіцієнт демпфування, кг/(м³·с); $\sigma_{ij,j}$ – похідні від компонент тензору головних напружень, Па/м; t – час, с; $X_i(t)$ – проекції зовнішніх сил, що діють на одиницю об'єму породи, Н/м³; $P_i(t)$ – проекції сил, що спричинені тиском флюїдів, Н/м³.

Для аналізу напруженого стану порід зручно застосовувати параметри Q^* , що характеризує різнокомпонентність поля напружень, і P^* , що характеризує розвантаження масиву від гірського тиску:

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

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

Деформування порід під час ведення гірничих робіт призводять до зміни їх фільтраційної проникності $k_{\text{tech}}(Q^*, P^*)$ [1, 2]:

$$k_{\text{tech}} = \begin{cases} 0 & , \text{ за } Q^* < 0,4, P^* > 0,2; \\ k_{\min} & , \text{ за } 0,4 < Q^* < 0,6, P^* > 0,1; \\ e^{0,26Q^*-4,65} & , \text{ за } 0,6 < Q^* < 1,0, P^* > 0,1; \\ k_{\max} & , \text{ за } Q^* > 1,0, P^* < 0,1, \end{cases}$$

де $k_{\min}$ – мінімальне значення проникності, достатнє для початку процесу фільтрації, м^2 ; $k_{\max}$ – проникність в зоні руйнування, м^2 .

Рівняння плоскої фільтрації газу за наявності газоносних порід в області фільтрації виглядає наступним чином:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \frac{K}{2m\mu_g} \left(\frac{\partial^2 p^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p^2}{\partial y^2} \right) + q_g(t),$$

де p – тиск газу, Па; m – пористість породи; μ_g – в'язкість газу, Па·с; $q_g(t)$ – функція газовиділення, Па/с.

Початкові і граничні умови:

$$\begin{aligned} \sigma_{yy}|_{t=0} &= \gamma H; \quad \sigma_{xx}|_{t=0} = \lambda \gamma H; \quad p|_{t=0} = p_0; \\ u_x|_{\Omega_1} &= 0; \quad u_y|_{\Omega_2} = 0; \\ p|_{\Omega_1} &= p_0; \quad p|_{\Omega_2} = p_0; \\ p|_{\Omega_3(t)} &= p_0; \quad p|_{\Omega_4} = 0,1 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

де λ – коефіцієнт бічного розпору; p_0 – тиск флюїду в непорушеній породі, Па; Ω_1 – вертикальні межі зовнішнього контуру; Ω_2 – горизонтальні межі зовнішнього контуру; $\Omega_3(t)$ – змінювана в часі межа області фільтрації; Ω_4 – внутрішній контур (виробка і камера-сховище).

Для розв'язання задачі застосовуються чисельні методи, наприклад, метод скінчених елементів [3]. Анкерне кріплення моделюється стрижневими скінченими елементами, рамне кріплення – наданням відповідних властивостей певним скінченим елементам. На кожній часовій ітерації урахується вплив поля напружень на формування області фільтрації і вплив зміни тиску газу на напружений стан порід і матеріалів конструкції камери-сховища.

Література.

1. Krukovskiy O., Krukovska V. (2019). Numerical simulation of the stress state of the layered gas-bearing rocks in the bottom of mine working. Essays of Mining Science and Practice 2019. E3S Web of Conferences, 109, 00043. doi.org/10.1051/e3sconf/201910900043
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, 160, 106-122.
3. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. (2013). The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Butterworth-Heinemann.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ГАЗОНОСНИХ ПОРІД НАВКОЛО ОЧИСНОЇ ВИРОБКИ З МЕХАНІЗОВАНИМ КРІПЛЕННЯМ

Докт. техн. наук Круковська В.В., аспірант Костриця А.О.

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

Гірські породи в непорушеному масив знаходяться у всебічно стиснутому напруженому стані. Проведення виробок, очисні роботи спричиняють перерозподіл поля напружень, приконтурні породи розвантажуються від гірського тиску і зміщуються всередину виробок. Деформування порід призводить до формування проникної області навколо гірничих виробок [1, 2], зміна тиску флюїдів впливає на напружений стан порід. Як було доведено раніше, в деяких випадках похибка розрахунку при нехтуванні газової складової деформаційних процесів сягає 80% [3]. Тому для математичного моделювання напруженого стану газonosних порід в очисній виробці з механізованим кріпленням було розглянуто систему рівнянь, що описують зміну в часі не тільки напруженого стану шаруватого масиву з пластами газonosних порід, а і несталу фільтрацію газу, що в них міститься [3, 4].

Задача розв'язувалась в пружно-пластичній постановці. Для математичного опису переходу порід в порушений стан застосовувався критерій Кулона-Мора. Система рівнянь розв'язувалась за допомогою метода скінчених елементів [5]. При розв'язанні рівнянь за схемою, яку показано на рис. 1, на кожній часовій ітерації розраховувались величини напружень і деформацій в скінчених елементах моделі гірського масиву. В залежності від співвідношення компонент тензору головних напружень обчислювались значення фільтраційної проникності, тиску метану, напрямки та швидкості його фільтрації, та на наступній часовій ітерації, при розрахунку поля напружень урахувалась зміна тиску метану у вузлах моделі.

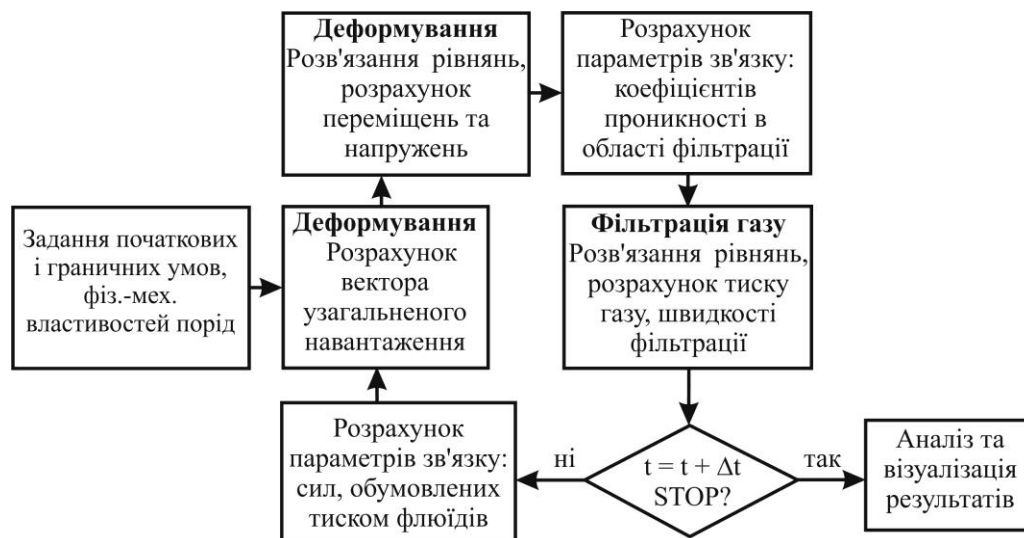


Рисунок 1 – Схема розв'язання задачі про деформування породного масиву з урахуванням процесу фільтрації метану

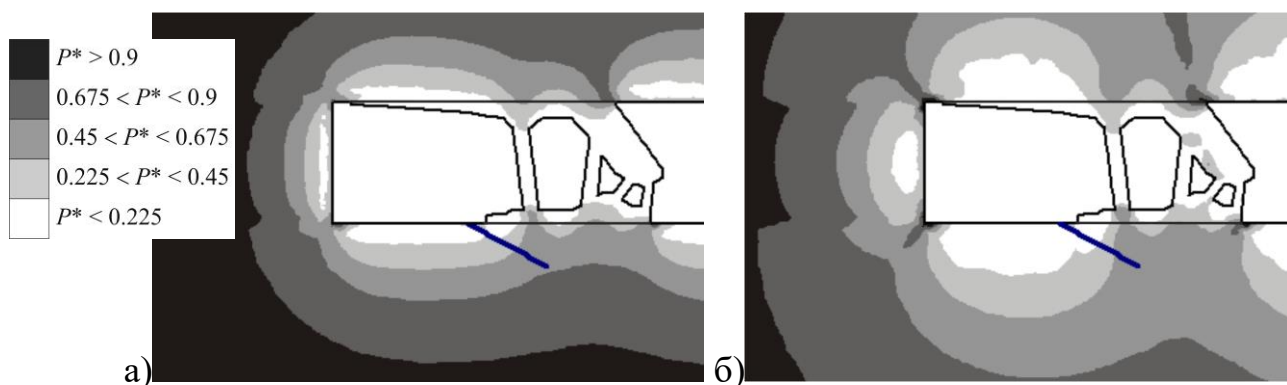
Було розглянуто поздовжній переріз очисної виробки. Вважалось, що глибина ведення робіт – 900 м; потужність вугільного пласта на ділянці ведення

очисних робіт – 2 м; природна газонасність вугільного пласта – 22 м³/т, піско-вика – 2 м³/т. У покрівлі пласта залягає алевроліт середньої міцності потужністю 3 м і міцний пісковик потужністю 15 м; у підшві – пісковик потужністю 10 м. Скінченим елементам, що належать вугіллю, алевроліту, пісковику і кріпленню, надавались відповідні фізико-механічні властивості. Центральний фрагмент скінчено-елементної сітки з очисним вибоєм і секцією механізованого кріплення показано на рис. 2.



Рисунок 2 – Центральний фрагмент скінчено-елементної сітки

В результаті розрахунків отримано розподіли значень параметру $P^* = \sigma_3 / \gamma H$, що характеризує розвантаження від гірського тиску, в різні моменти часу, рис. 3.



а) момент часу $t = 5,4$ години; б) $t = 27$ годин.

Рисунок 3 – Розподіли значень параметра P^*

Література.

1. Круковская В.В. (2015). Моделирование связанных процессов, происходящих в углепородном массиве при ведении горных работ, Геотехническая механика. Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 121, 48-99.
2. Bai M., Meng F., Elsworth D. et al. 1 (1997). Numerical modeling of stress-dependent permeability, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 34:3-4, 2.e1-2.e14.
3. Круковська В.В., Круковський О.П., Кочерга В.М., Костриця А.О. (2022). Моделювання зв'язаних процесів деформування порід і фільтрації газу для підвищення безпеки у вугільних шахтах, XXXI Міжнародна науково-практична конференція «Modern innovations and promising ways of development of culture and science», Бостон, США, 251-257.
4. Krukovskiy O., Krukovska V. (2019). Numerical simulation of the stress state of the layered gas-bearing rocks in the bottom of mine working, Essays of Mining Science and Practice 2019, E3S Web of Conferences, 109, 00043. doi.org/10.1051/e3sconf/201910900043
5. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., Zhu J.Z. (2013). The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals, Butterworth-Heinemann.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РЕГІОНІВ

Д-р техн. наук, с.н.с. Медведєва О.О., аспірантка Гальченко З.С.
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Україна має значну мінерально-сировинну базу та займає одне з провідних місць серед європейських країн з видобутку корисних копалин як підземним так і відкритими способами.

Активна гірничодобувна діяльність призводить до інтенсивного і корінного перетворення існуючих природних ландшафтних комплексів.

Антропогенна діяльність формує впливи, які порушують природну структуру ландшафту. Ці впливи потрібно розглядати з урахуванням властивостей ландшафту, що визначають його стійкість до зовнішніх впливів.

Гірничопромисловий ландшафт формується в результаті ведення робіт з видобутку корисних копалин і переміщенню ґрунтів при будівництві, а також діяльності по складуванню відходів гірничодобувного виробництва. Він дуже різноманітний та визначається характером мінеральної сировини, що видобувається і властивостями вміщувачів її гірничих порід, загальними природними умовами (кліматом, рівнем ґрунтових вод тощо), способами видобутку та технічними засобами, які використовуються при видобутку.

Порушені гірничими роботами території – це землі, що втратили свою господарську цінність або які є джерелом негативного впливу на навколишнє середовище у зв'язку зі зміною рельєфу, ґрунтового покриву, гідрогеологічного режиму в результаті діяльності гірничодобувної промисловості.

Із розвитком добувної промисловості гостро постає проблема техногенно порушених територій. Крім прямого економічного збитку, пов'язаного з вилученням продуктивних угідь, порушені землі наносять навколишньому природному середовищу серйозний екологічний збиток.

Техногенний вплив на порушені гірничими роботами територіях полягає у наступному [1]:

1) знищення первинних природних ландшафтів або їхня глибока трансформація;

2) вилучення з природного середовища корисних копалин; земельних ресурсів; рослинності; поверхневих та підземних вод;

3) внесення в навколишнє середовище забруднюючих речовин в твердій фазі (розкриті породи, пуста порода, хвости збагачення, запилювання відвалів і териконів, пил від вибухів у кар'єрах); в рідкій фазі (рудничні і шахтні води, стічні води, пульпа, шлами); в газоподібному вигляді (вентиляційні викиди шахтних і рудничних газів, газоподібні речовини від вибухів в кар'єрах);

4) зміна геофізичних і фізичних полів – гравітаційного, електричного, магнітного, температурного; електромагнітного випромінювання; шуму.

Особливий вплив на появу порушених земель надають відкриті та підземні гірничі роботи.

На сучасному етапі найважливішими завданнями раціонального природокористування гірничодобувних регіонів є комплексне використання

мінеральних ресурсів, що видобуті з надр, охорона природного середовища, економічна ефективність існування ландшафту.

Дуже цікавими і перспективними, в контексті ефективного використання порушених гірничими роботами територій, є можливості використання посттехногенних ландшафтів для відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячної енергетики і вітроенергетики.

Серед проблем розвитку ВДЕ в Україні однією з основних є суттєвий дефіцит земельних ділянок для розміщення об'єктів альтернативної енергетики. В умовах гірничодобувних регіонів проблеми дефіциту земельних ділянок для розміщення ВДЕ не існує [2].

Потенціал техногенно порушених земель гірничодобувних регіонів характеризується великою площиною вільних ділянок земель і аномальним підвищенням висоти нових техногенних утворень, що є перспективним для розвитку ВДЕ, яка сприятиме відродженню вторинної екосистеми на порушених гірничими роботами територіях, забезпечить електроенергією високоенергетичні процеси.

Потенціал ВДЕ характеризується наступними факторами:

- енергія, отримана від відновлювальних джерел енергії умовно безкоштовна;
- відновлювальні джерела енергії, на відміну від традиційних, рівномірно розподілені по території;
- ВДЕ є екологічними джерелами, оскільки їх застосування практично не забруднює навколишнє середовище і не надає істотного впливу на зміни клімату;
- завдяки ВДЕ з'явилася можливість використання непридатних для господарських потреб земель.

Таким чином можна зробити висновок, що особливий вплив на появу порушених земель надають відкриті та підземні гірничі роботи. Негативний вплив техногенно порушених земель гірничодобувних регіонів на навколишнє середовище з часом в більшості випадків тільки посилюється, тому дуже важливо їх подальше використання. В Україні існує наявний технічний, науковий, земельний, природно-ресурсний потенціал для залучення цих земель у господарчий фонд країни з подальшим екологічним і економічним зиском. Найбільш цікавим на сьогоднішній день є залучення непридатних для сільськогосподарських потреб земель під об'єкти відновлювальних джерел енергії.

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. Медведєва О.О., Гальченко З.С. Перспективи використання відновлюваних джерел енергії в умовах техногенно змінених ландшафтів гірничодобувних регіонів. *Екологія. Довкілля. Енергозбереження*: матеріали Міжнар. III наук.-практ. Конф., Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка», 1-2 грудня 2022 р., Полтава, 2022. С.180-184.

ПИТАННЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА У ВИРОБНИЦТВІ ЦИРКОНІЮ ЯДЕРНОЇ ЧИСТОТИ

К.ф.-м.н. Мухачев А.П., д.т.н. Шевченко В.Г. (ІГТМ НАНУ),
к.т.н. Єлатонцев Д.О. (ДДТУ)

Цирконій ядерної частоти є єдиним конструкційним матеріалом для виробництва тепловиділяючих елементів (ТВЕЛів) і збірок у складі ядерного палива (ЯП) для комерційних реакторів, що працюють на теплових нейтронах. Його вартість у складі ЯП не перевищує 5%. Якість цирконію є визначальним фактором його застосування в ядерному реакторі. Вона визначається наявністю домішок, в тому числі критичних (гафнію). Існуючі промислові технології одержання цирконію для ядерної енергетики не відповідають критеріям сталого розвитку економіки, оскільки допускають втрати реагентів і утворення рідких, твердих і газоподібних відходів, які завдають значної шкоди навколишньому середовищу. Сучасні виклики до ресурсозбереження і захисту навколишнього середовища вимагають створення безвідходної екологічно чистої технології переробки циркону з витяганням всіх цінних компонентів в попутну комерційну продукцію і утилізацією реагентів з отриманням добрив для сільського господарства [1]. Перехід на технологію, що відповідає цим вимогам і дозволяє отримувати цирконієву і супутню продукцію чистотою на рівні 99,9% є актуальним для України завданням, враховуючи, що наша країна планує створити власний ядерно-паливний цикл. Цим вимогам повною мірою відповідає безхлорна лужно-екстракційна технологія комплексної переробки циркону, яка пройшла повний цикл технологічних, дореакторних і реакторних випробувань, і може бути рекомендована для виробництва виробів із сплавів цирконію ядерної чистоти [2]. Наявність в Україні розвиненої атомної енергетики, яка виробляє до 55% електроенергії, вимагає створення власних потужностей з переробки циркону і виробництва ядерного палива, в тому числі, всієї номенклатури виробів на базі цирконію. Потреба в прокаті цирконієвих виробів досягає 200 т на рік. Наявність розвіданих запасів вітчизняного цирконового концентрату, найчистішого в світі за вмістом радіоактивних домішок, а також законсервованих потужностей з виробництва злитків цирконію в обсязі до 250 т на рік, створює гарні передумови для заміщення імпорту цирконієвої сировини з-за кордону.

Література

1. Єлатонцев Д.О., Мухачев А.П., Нефедов В.Г., Харитонova О.А. Безвідходна технологія комплексної переробки циркону. Тези доповідей X Ювілейна Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології». Т. І. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ. 2021. с.70-71.
2. Мухачев А.П., Нефедов В.Г., Єлатонцев Д.О., Харитонova О.А., Шевченко А.В. Екстракційні процеси отримання ядерно-чистих сполук урану, цирконію і гафнію з використанням центробіжних екстракторів для виробництва компонентів ядерного палива. Тези доповідей XVI міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та фахівців «Проблеми сучасної ядерної енергетики». К.: ТОВ «Вістка». 2022. 110 с.

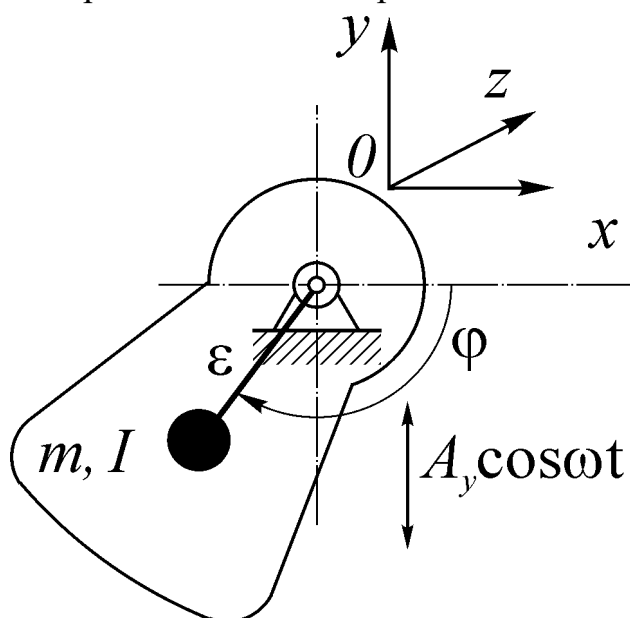
ПРО ЕФЕКТ ВІБРАЦІЙНОГО ЗАХОПЛЕННЯ ОБЕРТАННЯ ДЕБАЛАНСНОГО ВІБРОЗБУДНИКА

Професор Ярошевич М.П.

Луцький національний технічний університет

Вібраційне захоплення обертання незрівноваженого ротора під дією коливань його осі є важливим нелінійним ефектом, який лежить в основі принципу дії низки вібраційних машин та пристроїв. Ефект успішно використовується в конусних інерційних дробарках, вібраційних грохотах, млинах та живильниках, а також у вібраційних перетворювачах руху [1, 2].

Розглядається динаміка незрівноваженого ротора з вібруючою віссю підвісу (рис. 1) і приводом від електродвигуна асинхронного типу обмеженої потужності [3]. Досліджуються стаціонарні (навколо стаціонарні) режими обертання ротора з частотою, яка дорівнює частоті вібрації осі. В роботі використано підхід вібраційної механіки та метод прямого розділення руху [1].



Наводиться пояснення ефекту вібраційного захоплення обертання незрівноваженого ротора.

Запропонована механічна інтерпретація ефекту дозволяє глибше усвідомити класичні результати та висновки [1]. Отримана умова існування стаціонарного режиму дає змогу оцінити інтервал захоплення частоти ротора.

Розглянуто випадок, коли режим вібраційного захоплення обертання не встановлюється. Для такого випадку одержано вираз для вібраційного моменту (додаткового динамічного

навантаження на ротор внаслідок вібрації його осі). Звертається увага на можливість виникнення у досліджуваних режимах руху повільних (порівняно з частотою обертання) коливань ротора із значними амплітудами.

Продемонстровано, що крім обертання ротора з середньою частотою, яка дорівнює частоті вібрації, характерними ознаками режиму вібраційного захоплення є: встановлення певного зсуву фаз між рухом ротора і коливаннями осі; в середньому, конкретна (гальмуюча або обертова) дія вібрації на ротор; передача (не обмін) енергії від незрівноваженого ротора до джерела вібрації, чи навпаки; лише високочастотні коливання ротора.

Показано, що при виникненні режиму вібраційного захоплення обертання можуть збуджуватися повільні (маятникові) коливання швидкості ротора з власною частотою. Початкові амплітудами таких коливань можуть бути достатньо великими.

Вібрація осі ротора з частотою близькою (рівною) частотою його обертання призводить: до стабілізації частоти незрівноваженого ротора, при незначних змінах діючого навантаження (має здатність саморегулювання режиму); до зменшення коливань швидкості неврівноваженого ротора.

У разі встановлення вібраційного захоплення може виникнути режим руху, який характеризується повільними (пульсуючими) коливаннями швидкості ротора (динамічного моменту) з великими амплітудами. Такий режим руху становить небезпеку для приводу механізмів, що містять незрівноважений ротор.

Теоретичні результати підтверджуються чисельним моделюванням явища вібраційного захоплення обертання неврівноваженого ротора.

Література.

1. Blekhman II (2000) Vibrational mechanics – Nonlinear dynamic effects, General approach, Applications. Singapore at al.: World Scientific: 400.
2. Потураев В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины (основы теории и расчета). М.: Машиностроение, 1964. 272 с.
3. Yaroshevich NP, Lanets OS, Yaroshevych OM (2022) Slow Oscillations in Systems with Inertial Vibration Exciters. In: Balthazar, J.M. (eds) Nonlinear Vibrations Excited by Limited Power Sources. Mechanisms and Machine Science. Cham: 116: 29-42.

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ТЕХНОГЕННИХ ВІДВАЛІВ ЗОЛИ ВИНОСУ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Зав. відділу Шевченко Г.О., с.н.с. Чолишкіна В.В., с.н.с. Сухарєв В.В.,
м.н.с. Лебедь Г.Б., м.н.с. Курілов В.С.,
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

В Україні існує 39 шламосховищ золи і шлаків ТЕС, де на сьогоднішній день знаходиться близько 360 млн. т. золошлакової сировини на площі понад 3170 га. Розрахована найбільш приближена до реалій 2021 року кількість золошлакових відходів вироблених всіма 12 ТЕС на підконтрольній Україні території. Вона склала 9,56 млн. т., в тому числі золи - 7,64 млн. т., шлаку -1,53 млн. т. Для окремої ТЕС запропоновано алгоритм розрахунку виходу відходів, з використанням методу приведених змінних.

Для золи з вугілля трьох вугільних басейнів - Донецького, Львівсько-Волинського і Дніпровського, на підставі об'єднання і аналізу відомої інформації, було визначено характерний гранулометричний і хімічний склад. Встановлено, що середньозважена крупність лежалої золи більшості золосховищ становить 0,25 мм. Відзначено, що зола з бурого вугілля, в порівнянні з іншими марками, має більш високий вміст тонких класів менше 40 мк.

Встановлено, що особливостями золи з вугілля усіх трьох родовищ є досить високий вміст заліза - до 20%. Вміст недопалу вугілля нерівномірний за класами крупності, мінімум, як правило, припадає на найтонші класи 40-50 мк, в середньому вміст вуглецю сягає 19-20%. Найбільш перспективними для вилучення із золи виносу є вуглець і залізо, серед рідкісних елементів - галій і германій. Для таких елементів як ванадій, ніобій, циркон, молібден - вміст в золі досягає нижньої межі промислово розроблюваних руд, вилучення цих елементів можна вважати потенційно економічним.

Розроблено комплексний метод переробки золи на підставі операцій концентрації вугілля в продуктивний клас шляхом вібраційної класифікації і магнітної сепарації відходів класифікації. Досліджено два найбільш поширені типи лежалої золи. Перший - з малим вмістом вуглецю в найбільш крупних і в найбільш тонких класах. Другий тип - коли всі класи крупності багаті на вуглець, крім найтонших.

Встановлено, що виділення багатих класів в окремий промпродукт на вібраційних грохотах розробки ІГТМ [1,2], дозволить підвищити концентрацію вугілля в промпродукті в 2 рази. Для золи Придніпровської та Курахівської ТЕС промпродукт має вміст вуглецю близько 40%, у відходах 12-15%. Для золи Чернігівської ТЕС промпродукт містить 57% вуглецю, у відходах близько 20%. Перевагою отриманого промпродукту є відсутність тонких класів 50-40мк, тому

він легше збагачується гравітаційними методами і флотацією для остаточного вилучення вугілля.

Додатково розглянуто варіант вибіркового вилучення на золосховищі багатой сировини із вмістом вуглецю близько 35%. Для такої сировини вібраційною класифікацією отримано промпродукт з вмістом вуглецю 70-72% при виході 22-25% від вихідної проби. Відходи містять близько 25% вуглецю. Отриманий промпродукт є готовим пилоподібним паливом для повторного використання на ТЕС, або для виготовлення вугільних брикетів.

Після виділення класифікацією продуктивного класу вихід відходів становив від 45 до 80% вихідної сировини. Для зменшення вмісту заліза в цих відходах до кондиційних норм застосована магнітна сепарація. Відходи магнітної сепарації є готовим продуктом по вмісту вуглецю і заліза, вони розподіляються за сортами на сировину для виготовлення легких, важких або жаростійких бетонів згідно норм ДСТУ 25818-91, 20910-90.

Новизна проведених робіт полягає у визначенні особливостей гранулометричного складу і розподілу вуглецю в золошлакових відходах ТЕС, визначенні елементного складу і найбільш перспективних для вилучення компонентів. Встановлені показники операцій вібраційної класифікації для концентрації вугілля в продуктивний клас і магнітної сепарації для зменшення вмісту заліза у відходах класифікації. Вперше для поточної і лежалої золи визначені показники, роль і місце цих операцій в комплексній технології переробки золи виносу.

Література.

1. Пат. 39362 UA, МПК В 07 В 1/40. Грохот вібраційний / Надутий В.П., Ягнюков В.Ф., Хмеленко І.П.; заявник та патентоволодар ІГТМ НАН України. – № u200810796; заявл. 01.09.2008; опубл. 25.02.2009, Бюл. 4.
2. Шевченко Г.А. Поличастотные грохоты для разделения тонких сыпучих материалов / Г.А. Шевченко, В.Г. Шевченко, А.Р. Кадыров // Збагачення корисних копалин: наук. техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ, 2009.- С. 44-50.

НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДПРАЦЮВАННЯ КРУТИХ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

Доктор техн. наук Зберовський В.В., канд. техн. наук Власенко В.В.,
Криворучко О.Н.

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

Освоєння вугільних родовищ, особливо в умовах великих глибин, пов'язане з вирішенням проблеми пилогазового чинника. При раптових викидах вугілля й газу утворюється велика кількість дрібнодисперсного пилу (супермелонітів). Це призводить до формування додаткового чинника ризику. Наявність супермелонітів у атмосфері виробок при саморуйнуванні привибійної частини вугільного пласта та займанні метану призводить до вибуху метановугільної суміші з катастрофічними наслідками. Тому вирішенню цій проблемі приділяється особлива увага.

Практика показала, що застосування способів гідродинамічної та гідроімпульсної дії дозволяє ефективно вирішувати ці питання [1-3]. Не зважаючи на різну фізичну сутність та механізми режимів динамічного нагнітання рідини, вони одночасно вирішують як проблему пилоутворення так і газодинамічного чинника.

На нашу думку, необхідно комплексно застосовувати обидва способи при вдосконаленні технології підготовки та відпрацюванні крутих викидонебезпечних вугільних пластів. Це полягає у наступному.

По-перше, при підготовці викидонебезпечного вугільного пласта для його відпрацювання необхідно враховувати технологію гідродинамічної дії при розкритті викидонебезпечних пластів квершлагами і зниження викидонебезпечності при вийманні вугілля в зонах підвищеного тиску, що формуються на незахищених пластах [1].

По друге необхідно враховувати технологію гідроімпульсного розпушування викидонебезпечного вугільного пласта [3]. Застосування цього способу дозволить вести підготовчі виробок викидонебезпечними вугільними пластами змішаним вибоєм. Це дозволить у світі пластів застосовувати, як польову так і пластову підготовку.

Окрім технологічної переваги такого комплексного підходу до підготовки та відпрацювання викидонебезпечних пластів крутого падіння вирішуються задачі пилового та газодинамічного чинників.

При гідроімпульсній дії завчасно, до глибини буріння свердловин, попереду вибою виробки формується безпечна зони виймання вугілля. Одночасно за рахунок високої проникності рідини у вугільні пласти і змочування вугілля знижується ймовірність утворення дрібнодисперсного пилу у тому числі супермелонітів.

При гідродинамічної дії, за рахунок зниження терміну розкриття пластів скорочується час підготовки ділянки шахтного поля. Наприклад, під час будівництва нових горизонтів застосування способу дозволило зменшити час підготовки горизонтів до 3 роки, замість запланованих 5 років. Застосування способу з метою зниження газодинамічних явищ забезпечило завчасне

зниження концентрації метану у очисних вибоях. Встановлено, що гідродинамічна дія призводить до збільшення швидкості газовиділення та дебіту метану з свердловин в десятки разів (рис. 1) [2].

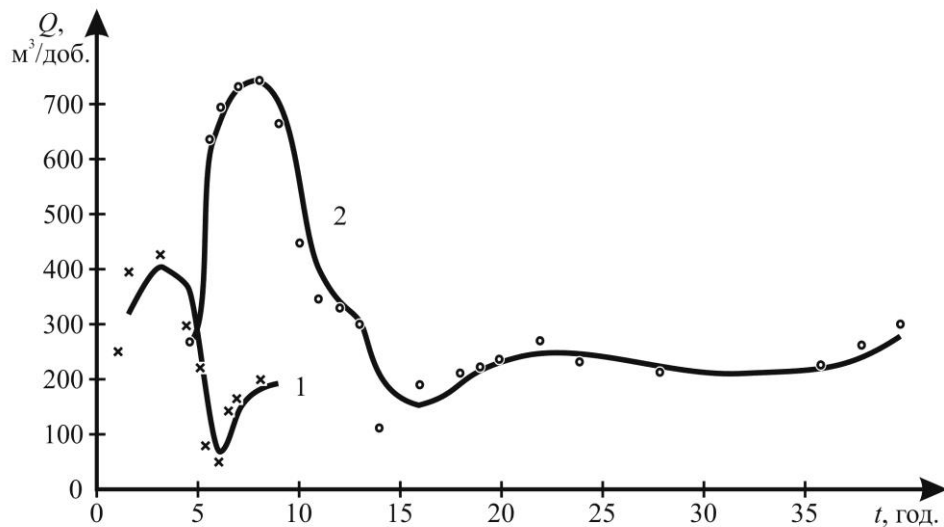


Рисунок 1 – Зміна дебіту технологічної свердловини при двоступінчастому режимі дії (1) та триступінчастому (2)

Отже, кожен з наведених способів дозволяє інтенсифікувати технологічні процеси проведення виробок та дегазації вугільних пластів. До того ж, підвищення вологості вугілля у пласті призводить до зниження пилоутворення в атмосфері виробок. Водночас гідродинамічна дія переважно має застосування на пластах крутого падіння, а гідроімпульсна – пологого. Тому у вирішенні проблеми пилогазодинамічного чиннику на вугільних шахтах необхідний комплексний підхід у поєднанні динамічних режимів нагнітання рідини.

Література.

1. Гидродинамические способы воздействия на напряженные газонасыщенные угольные пласты: монография / К.К. Софийский, В.И. Гаврилов, Д.М. Житленок [и др.]. – Донецк: Східний видавничий дім, 2015. – 364 с.
2. Способы интенсификации дегазации угольных пластов и предотвращения выбросов угля и газа: монография / К.К. Софийский, Д.М. Житленок, А.П. Петух [и др.]. – Донецк: ТОВ «Східний видавничий дім», 2014.- 460 с.
3. Васильев, Л.М. Гидроимпульсное рыхление угольных пластов при проведении подготовительных выработок / Л.М. Васильев, В.В. Зберовский // Уголь Украины. – 2013. – №2. – С. 44-47.

ДО МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МЕТОДОМ МСЕ ЗАДАЧ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ

Ларіонов Г.І., Земляна Ю.В., Хворостян В.О., Головка С.А.

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

Для прийняття рішень у технічних застосуваннях поряд з фізичним моделюванням використовують і математичне. Це найчастіше відбувається тоді коли вартість фізичного моделювання є значною. У сфері математичного моделювання існує безліч чисельних засобів для вирішення задач будь якої природи і складності. Проте для отримання бажаного висновку необхідна обробка результатів чисельного моделювання. Складності не виникає в разі застосування аналітичних методів результатами яких є аналітична залежність шуканих величин від багатьох параметрів. Зважаючи на зростаючу складність технічних задач роль аналітичних методів значно знизилась. Пануюче місце серед чисельних методів в даний час належить широкому класу методів заснованих на методах скінчених елементів. Сфера застосувань цих методів обумовлена добре розробленим інтерфейсом для аналізу та обробки результатів розрахунків. Простота отримання результатів з допомогою МСЕ методів привела до того, що на математичне моделювання стали звертати менше уваги. Аналіз технічних застосувань МСЕ методів це підтверджує. Так замість розробки ММ тих чи інших процесів наводять велику кількість графічного матеріалу у вигляді малюнків і графіків, не приводячи при цьому саме математичну модель у вигляді формул. Не маючи простих формул у нормативних документах все частіше з'являються таблиці та графіки, що істотно ускладнює розуміння математичних залежностей шуканих величин від інших. Для отримання формул, як правило використовують процедури апроксимації. Маючи велику кількість параметрів виконання апроксимації функціональної поверхні на сітці їх значень є процедурою не з легких. Причиною яка обмежує широке застосування процедур апроксимації є значні витрати комп'ютерних ресурсів. Таким чином, розробка процедур які дозволять зменшити витрати машинного часу на представлення ММ методами МСЕ у вигляді математичних формул є актуальною науковою задачею.

Отримання функцій апроксимації в задачах механіки деформованого твердого тіла і зокрема геотехнічної механіки відбувається за класичною схемою: на сітці параметрів задачі відбувається визначення значень ординат функції якості (тобто функції яка підлягає апроксимації), потім створюється система рівнянь, рішенням якої будуть коефіцієнти тригонометричних або алгебраїчних рядів якими апроксимують функцію. Як правило, для визначеності задачі розрахунку методами МСЕ, необхідно задати всі значення параметрів розрахунку. На цій багатовимірній сітці необхідно проводити обчислення ординат функції якості, що саме по собі не є простою задачею. Оскільки для економії пам'яті комп'ютера вихідну задачу розбивають нерівномірною сіткою, то як показує аналіз функцій інтерполяції для двовимірних функцій, поверхні далекі від гладкості навіть для відносно простих задач механіки. Виникає враження неможливості відхилення від

класичної процедури апроксимації, і тим самим, зменшення витрат часу на отримання функцій апроксимації, тобто поставленої задачі. Використання авторами методу послідовної апроксимації (МПА) для задач геотехнічної механіки різної природи показали його ефективність для отримання наближеного представлення функцій у околі фіксованої точки із області визначення. Але як засвідчує практичний досвід застосування МПА до задач механіки то виявляється, що шукані функції мають непогану для інженерних розрахунків точність на всій області визначення параметрів. Відносна похибка зростає з наближенням до границі визначення параметрів задачі і для більшості задач не перевищувала 10%, що цілком достатньо для інженерних розрахунків в задачах геотехнічної механіки. Рішення задач геотехнічної механіки методами МСЕ мають гладкий характер, а також функції, що характеризують напружений стан об'єкта. Проте отримання залежності розрахункових параметрів від цих функцій потребують написання та використання макросів, що може призводити до значних обчислювальних затрат. У цих випадках використання МПА методу дозволить істотно скоротити ці витрати та отримати результат у аналітичному вигляді у вигляді добутку елементарних функцій. Таким чином виникла потреба розширення сфери застосування методу МПА та спроби скористатися ним до задач моделювання напружено деформованого стану методами МСЕ в задачах геотехнічної механіки. В роботі замість отримання апроксимації на сітці параметрів використовується спрощена процедура його отримання. Метод послідовної апроксимації (МПА) полягає у пошуку розв'язку у мультиплікативному вигляді де функціями добутку є одномірні представлення перетинів простору функції відповідними площинами. Таке представлення незважаючи на наближений характер вигідно відрізняється від класичного представлення результатів апроксимацій. Представлені результати порівнювались з апроксимацією чисельних результатів розв'язку класичної задачі про визначення напружено-деформованого стану у околі виробки кругового поперечного перерізу у масиві гірських порід. Зроблено висновки про задовільну точність отриманих результатів використання методу МПА до задач механіки рішення яких отримано МСЕ методом.

ВІБРОПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

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

Враховуючи легалізацію видобутку бурштину в Україні постає питання про розробку ефективного обладнання. На основі попередніх досліджень [1] запропоновано нову конструкцію вібропристрою для видобутку бурштину. На рис 1 зображена загальна схема розташування циліндра із поршнем, трубки високого тиску у одному пустотілому стержні [2].

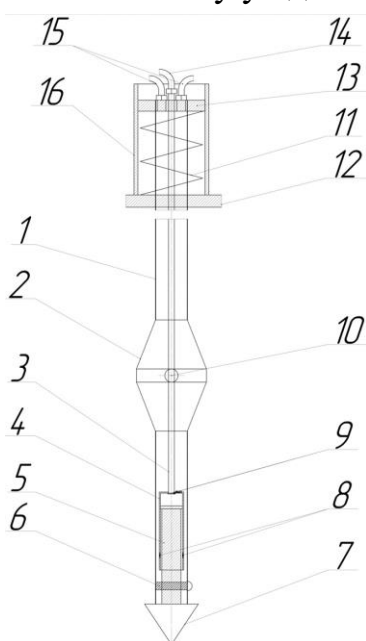


Рис. 1

Вібропристрій працює наступним чином. Через трубку високого тиску 3, яка розміщена у пустотілому стержні 1, по шланзі 14, подається стиснене повітря з компресора (не показаний) у камеру циліндра 4. Повітря створює тиск у камері поршня 4 і рухає поршень 5, який приводить у рух стержень 1, на якому закріплені біконічні вібровипромінювачі 2, адже поршень 5 з'єднаний з стержем 1, з'єднувальним елементом 6. Пружина 11 стискається. При цьому оголюються вихідні отвори 8, тиск у камері циліндра падає і стержень 1 під дією пружини 11 повертається у висхідне положення. Для уникнення компресії, надлишкове повітря виходить через манжетний клапан 9. При поверненні стержня 1 у висхідне положення, отвори 8 перекриваються, тиск у камері циліндра 4 знову піднімається і цикл повторюється. Закріплені на

стержні 1 біконічні вібровипромінювачі 2, передають таким чином вібраційні хвилі для бурштиновмісного масиву. Для подачі води або повітря, щоб утворити суспензійний шар, використовуються шланги 15. Створюється зона кипіння ґрунту, при цьому бурштин відділяється від масиву і під дією виштовхувальної сили спливає на поверхню. Конічні наконечники 7 руйнують масив під нижніми кінцями напрямних стержнів 1 та розширити ефективну зону роботи.

Застосування даного вібропристрою для видобування бурштину дозволяє ефективно витрачати енергію, що створює збудник коливань, який виступає у ролі компресора, повністю дозволяє вилучити бурштин з родовища, виключити винос породи на поверхню родовища, знизити енергозатратність процесу та екологічний вплив на навколишнє середовище.

Література.

1. Промислові технології видобутку бурштину. Монографія. Булат А.Ф., Надутий В.П., Маланчук Є.З. Маланчук З.Р. Корнієнко В.Я. Монографія: – Дніпро - Рівне: ІГТМ-НУВГП, 2017, С. 237.
2. Маланчук З.Р., Корнієнко В.Я., Маланчук Є.З., Семенюк В.В., Єленець І.А. Вібропристрій. ДСІВ України, патент на корисну модель № 149926 МПК9 В03В 5/46, В03В 7/00, Е04G 21/08, u202103875, Київ, 2021р. Бюл. №50.

ТЕОРІЯ РУХУ ЧАСТИНОК ПО РОБОЧИМ ПОВЕРХНЯМ ВІБРОМАШИН

Швед С.В., к.т.н.

Державний університет економіки і технологій

Технологічний інститут, Україна, м. Кривий Ріг

Постановка проблеми. Передбачення поведінки розсипного продукту на поверхнях діючого робочого органу вібраційних машин являє собою актуальну задачу. В даній роботі пропонується енергетичний підхід до розв'язання такої задачі. В роботі вводиться поняття наведеного на частки сипкого продукту вібраційного поля, в якому враховуються особливості зв'язку між часткою та віброуючою поверхнею робочого органу.

Аналіз останніх досліджень. Рух розсипних продуктів по робочому органу вібраційної машини прийнято оцінювати в спрощеній формі, наприклад [1] і [2]. Комп'ютерні технології та їх сучасні можливості дозволяють призводити більш детальні і оперативні розрахунки цього руху по поверхні діючого робочого органу вібраційних машин.

Формулювання цілей. Ціллю роботи є формалізація вібраційного впливу на рух часток та їх масивів за допомогою запропонованого до вживання поняття «ефективна наведена напруженість вібраційного поля».

Основна частина. При проектуванні вібраційної техніки будь-якого призначення є необхідним забезпечення максимальної продуктивності за необхідними параметрами при найменшій витраті енергії. Зокрема для вібраційного транспорту необхідно забезпечити необхідний рух частинок матеріалу, а для машин, що розділяють сипкий матеріал на фракції, крім того, ще й підтримувати максимальну фільтрацію частинок потрібної фракції через поверхні, що просіває. Вирішимо це завдання, керуючись енергетичними міркуваннями. Для цього сформуємо шість постулатів.

Постулат 1. *Простір, що охоплюється робочим органом можна уявити, як вібраційне потенційне поле. У кожній точці цього поля робочим органом генерується вектор напруженості певної величини.*

Надалі розрізнятимемо вібраційні поля, на ті, що генерується робочим органом і ті, що наводяться, тобто ті, які дійсно сприймають матеріальні частинки продукту, стикаючись з поверхнею робочого органу.

Оброблювані робочим органом матеріальні частинки безперервно перебувають під впливом напруженості гравітаційного поля Землі, і лише обмежений, циклічно повторюваний час під впливом згенерованого, але спотвореного умовами зв'язку вібраційного поля. Не вдаючись в відомі подробиці, напруженістю гравітаційного поля Землі є прискорення вільного падіння g . Тоді напруженістю згенерованого вібраційного поля є прискорення відповідної точки робочого органу. Циклічний вплив вібраційного поля на частинку пояснюється впливом її особливого зв'язку з поверхнею робочого органу. А саме, впливом одностороннього її безумовного зв'язку з поверхнею робочого органу у нормальному до поверхні контакту напрямку і умовного

двостороннього зв'язку в дотичному напрямку до поверхні контакту з робочим органом. Таким чином, наведене вібраційне поле має наступні властивості:

- у нормальному напрямку по напрямку одностороннього зв'язку відбувається повна передача енергії матеріальній частинці від згенерованого вібраційного поля;

- у нормальному напрямку проти одностороннього зв'язку передачі енергії від згенерованого робочим органом вібраційного поля до частки не відбувається;

- у напрямку щодо умовного зв'язку за допомогою сил тертя відбувається часткова передача енергії, що забезпечується закономірностями тертя.

Таким чином згенероване робочим органом вібраційне поле визначеним чином спотворюється.

Постулат 2. *Концентрація частинок, оброблюваних вібраційним робочим органом, відбувається в зонах з найменшою енергетикою, що мають найменші значення сумарної напруженості від наведеного вібраційного і гравітаційного полів (в зонах локальних мінімумів напруженості згенерованого вібраційного поля).*

Цей постулат заснований на відповідних висновках теореми Ляпунова про стійкість руху системи матеріальних точок.

Постулат 3. *Переміщення масиву частинок по робочому органу вібраційної машини походить із зони більшої сумарної напруженості наведеного вібраційного та гравітаційного полів до зони меншої напруженості в напрямку вектору градієнту до сумарної згенерованої робочим органом напруженості. Швидкість такого переміщення пропорційна величині градієнту, а напрям співпадає з напрямом вектору градієнту.*

Постулат також ґрунтується на висновках теореми Ляпунова про стійкість руху системи.

Постулат 4. *Концентрація частинок у масиві, підданому дії гравітаційного та наведеного вібраційного полів, за направленням нормалі від його підосви відбувається в порядку від менших до більших частинок.*

Така поведінка частинок пояснюється залежністю їхнього вібраційного переміщення від їхньої маси. Чим більша інертність частинки (і маса, як її міра), тим менший простір, що охоплюється розмахом її вібраційного переміщення. Але в такому випадку, зазори, що виникають між масивними частинками і поверхнею робочого органу, що генерує вібрацію, заповнюються більш дрібними частинками з великим розсіюванням. Ці менші частинки, утворюючи вторинну генеруючу поверхню, наполегливо відтісняють більші частинки від підосви масиву. Так триває доти, поки всі без винятку дрібні частинки виявляться між більшими частинками та підосвою масиву. Таким чином, під дією наведеного вібраційного поля в зоні застою масиву частинок з часом відбувається його пошарове структурування по крупності частинок, а в зоні руху масиву виникає стійка тенденція к сегрегації мілких частинок до поверхні робочого органу.

Постулат 5. Опір просіюванню частинок через фільтруючу поверхню, що вібрує, зменшується при виникненні зон концентрації великих непрхідних частинок.

Це пояснюється тим, що концентрація великих частинок в обмеженій області масиву зменшує перешкоди протіканню прохідних частинок через фільтруючу поверхню по всіх областях, що залишилися.

Постулат 6. Опір просіювання частинок через фільтруючу поверхню, що вібрує, залежить від ефективного прохідного перетину комірки фільтруючої поверхні.

Тут спостерігається ефект зворотного відбиття частинок, що стикаються з периметром комірки, який вібрує. Цей ефект залежить від багатьох факторів: від характеру вібраційного руху комірки; від місця розташування комірки у згенерованому вібраційному полі; від матеріалу комірки та частки, що з стикається з її стінками; від геометрії комірки - її форми в плані, розміру, товщини і профілю.

Пришвидшення будь-якої точки робочого органу вібраційної машини визначиться як векторна сума пришвидшення її центру мас та пришвидшення розглянутої точки у обертанні навколо центру мас:

$$\bar{a}_i(t) = \bar{a}_C(t) + \frac{d^2}{dt^2} \left\{ \int [\bar{\omega}(t) \times \bar{r}_{iC}] dt \right\}, \quad (1)$$

де $\bar{a}_C(t)$ - лінійне пришвидшення центру мас робочого органу, як функція часу;

$\bar{r}_{iC}$ - радіус-вектор положення обраної точки робочого органу щодо його центру мас;

$\bar{\omega}(t)$ - вектор кутової швидкості обертання робочого органу вібраційної машини навколо його центру мас.

Формула (1) визначає вектор напруженості згенерованого вібраційного поля в будь-якій точці робочого органу вібраційної машини.

Аналіз проводиться по відношенню до специфічної системи відліку (рис.1).

Якщо вектор напруженості згенерованого вібраційного поля визначений в осях $x_1 y_1 z_1$, то ми можемо знайти його проєкції і на осі, пов'язані з нормаллю і двома перпендикулярними дотичними до поверхні сита. Для цього скористаємося лінійними перетвореннями, враховуючи те, що зроблено два послідовні повороти осей координат. Перше перетворення пов'язане з поворотом сита на кут γ навколо осі Cx_1 , а друге з поворотом сита на кут θ навколо його поздовжньої осі Cy_1 .

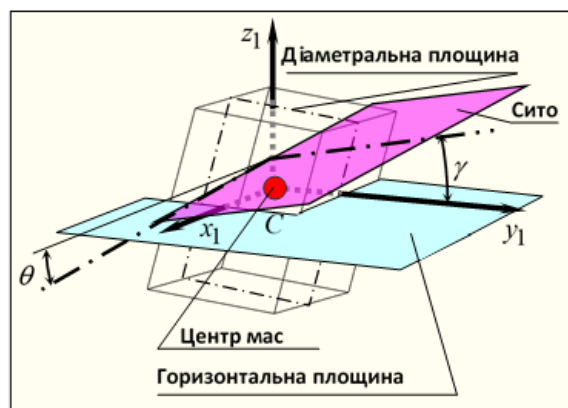


Рис.1. Пов'язана з робочим органом система координат та кути установки робочого органу

Вектор пришивдшення будь-якої точки сита робочого органу вібраційної машини в проекціях на його нормальну вісь, а також на подовжню та поперечну осі набуде вигляду:

$$\bar{a}_{ei}(t) = [\theta] \cdot [\gamma] \cdot \bar{a}_i(t) \quad (2)$$

За аналогією з (2) вектор напруженості гравітаційного поля може бути представлений в проекціях на площину сита і нормаль до неї, таким чином:

$$\bar{g}_{ei}(t) = [\theta] \cdot [\gamma] \cdot \bar{g} \quad (3)$$

Головний вектор напруженості, що генерується, в результаті дії обох полів, очевидно, дорівнює векторній сумі відповідних векторів напруженості:

$$\bar{A}_{ei}(t) = \bar{g}_{ei}(t) + \bar{a}_{ei}(t) \quad (4)$$

Проекція головного вектору напруженості, що генерується, на площину сита по абсолютній величині визначиться простим співвідношенням:

$$[A_{ei}(t)]_\tau = \sqrt{[A_{ei}(t)]_x^2 + [A_{ei}(t)]_y^2} \quad (7)$$

Вектор наведеної напруженості в нормальному до ситу напрямку набуде вигляду:

$$[\bar{A}_{ri}(t)]_n = [A_{ei}(t)]_n \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Сила, що впливає на частинку в площині сита, повністю визначається напруженістю наведеного поля в цьому напрямку, вектор якої набуває вигляду

$$[\bar{A}_{ri}(t)]_\tau = |[A_{ri}(t)]_\tau| \cdot [\bar{u}_{A_{ei}}]_\tau \quad (12)$$

Таким чином, вектор напруженості наведеного поля можна представити як геометричну суму нормальної (10) та дотичної його складової (12):

$$\bar{A}_{ri}(t) = [\bar{A}_{ri}(t)]_n + [\bar{A}_{ri}(t)]_\tau \quad (13)$$

Необхідно створити додаткову умову щодо існування вектору наведеної напруженості, щоб можна було вибирати реальні його значення:

$$\bar{A}_{ri}(t) = \begin{cases} \bar{A}_{ri}(t), & \text{при умови, что } [A_{ei}(t)]_n \geq 0 \\ \bar{g}_{ei}(t), & \text{при умови, что } [A_{ei}(t)]_n < 0 \end{cases} \quad (14)$$

Таким чином, функція розподілу наведеного поля для матеріальної частки, що знаходиться в будь-якій точці поверхні контакту з робочим органом вібраційної машини визначено.

В деяких випадках буде корисним розглядати не дійсні, а ефективні параметри. Ефективну вузлову наведену напруженість визначимо для обраного вузла геодезичної сітки сита. Якщо номер поперечного вузла сітки позначимо як i , а подовжнього вузла j , маємо:

$$\bar{A}_{ref}(t, i, j) = \begin{pmatrix} \frac{1}{T} \cdot \int_0^T A_r(t, i, j)_x dt \\ \frac{1}{T} \cdot \int_0^T A_r(t, i, j)_y dt \\ \frac{1}{T} \cdot \int_0^T A_r(t, i, j)_z dt \end{pmatrix} \quad (15)$$

Ефективна поперечна наведена напруженість визначається вздовж поперечних геодезичних ліній робочої поверхні, а поздовжня, відповідно, вздовж її поздовжніх геодезичних ліній

$$\left[\bar{A}_{ref}(t, i, j) \right]_i = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T A_{ri}(t, i, j)_x dt \quad (16)$$

$$\left[\bar{A}_{ref}(t, i, j) \right]_j = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T A_r(t, i, j)_{jy} dt \quad (17)$$

Поздовжня усереднена швидкість потоку визначиться співвідношенням

$$\bar{V}_{rj}(t) = \int \left[\bar{A}_{ref}(t, i, j) \right]_j dt \quad (18)$$

Друге інтегрування дасть закон посереднього повздовжнього руху потоку частинок по поверхні контакту в часі.

$$\bar{r}_r(t) = \int \bar{V}_{rj}(t) dt \quad (19)$$

Аналогічним чином визначається закон зміни усередненої поперечної швидкості потоку частинок, і закон цього посереднього руху.

Висновки. В представленій роботі вібраційний вплив на сухі сипкі продукти розглядається як вплив на них потенційного силового поля.

На основі введеного уявлення про дію вібраційного поля запропоновано енергетичний метод визначення параметрів руху сухого розсипного продукту по поверхні робочого органу діючої вібраційної машини.

Метод може бути використаний для практичних розрахунків за допомогою відкритих програмних середовищ, які дозволяють проводити чисельні математичні перетворення великих масивів даних.

Література.

1. Учитель А.Д., Гушин В.В. Вибрационный выпуск горной массы. М., Недра, 1981. – 232 с.
2. Андреев С.Е., Перов В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980. – 415 с.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ТРІЩИН ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИ ФОРМУВАННІ ПРИРОДНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР СТОВПЧАСТИХ ОКРЕМОСТЕЙ.

Д. т. н., с. н. Васильєв Д.Л.

ІГТМ ім. Н.С. Полякова НАН України

Доцент Ганкевич В.Ф.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Доцент Кравець В.І., асистент Лівак О.В.

УДХТУ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Стовпчасті окремоності є масивом гірської породи пронизаний системою тріщин таким чином, що масив виявляється розбитим на призматичні стовпи, переважно шестигранної форми в поперечнику. Бічні грані призм спрямовані перпендикулярно поверхні.

Трапляються стовпчасті структури глибиною десятки метрів і до півтора метра в поперечнику. Встановлено, що тріщини стовпчастих структур утворилися в результаті остигання закристалізованої лави, що розлилася [1]. Особливістю утворення таких природних структур у міцних гірських породах є досить низька інтенсивність охолодження. Процес теплообміну відбувається на відкритому повітрі з порівняно високою температурою хладоагента. Йдеться практично не про охолодження поверхні нагрітого простору, а про його охолодження за природних умов. Процес тріщиноутворення в гірських породах при інтенсивному охолодженні більш менш відомий [2,3].

Вивчено закономірності розвитку одиночних тріщин у міцних породах при охолодженні з ГУ I та III роду. Встановлено механізми формування та розвитку системи тріщин у породах при різкому охолодженні, що призводять до утворення напівпростору призматичних структур. Розміри таких структур значно менше, ніж природні стовпчасті окремоності. Геометричні аналоги – повні, тобто при різкому охолодженні поверхні гірських порід утворюються самі стовпчасті окремоності, але у мініатюрі. Вирішено задачу про розвиток тріщин при утворенні стовпчастих окремоностей. Отримано залежність зростання тріщин у глибину від часу остигання.

Питання вивчення фізики формування природних стовпчастих будов є важливим для розуміння геологічних процесів, що відбуваються на земній поверхні протягом тривалого часу та можливості використання аналогічних процесів для цілеспрямованого практичного руйнування гірських порід.

Література:

1. Anthony Lamur, Yan Lavallée, Fiona E. Iddon, Adrian J. Hornby, Jackie E. Kendrick, Felix W. von Aulock & Fabian B. Wadsworth. Disclosing the temperature of columnar jointing in lavas. Nature Communications/ Published: 12 April 2018.
2. Руйнування гірських порід при термоциклічному впливу / А. Н. Москальов, Є. Ю. Пігіда, Л. Г. Керекіліца, Ю. Н. Вахалін. - Київ: Наук. думка, 1987. - 248 с.
3. Дреус А.Ю. Теплофизические основы разупрочнения горных пород при алмазном бурении скважин с импульсной промывкой. Автореферат дис. докт. техн. наук. – Днепр. 2018. – 40 с.

СВЕРДЛОВИНІ АМОРТИЗАТОРИ

Доцент Ганкевич В. Ф., доцент Пащенко О.А., старший викладач Кіба В. Я.
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

При шарошечному бурінні свердловин у твердих гірських породах під час ударів зубців шарошок про забій свердловини генеруються вертикальні вібрації, що призводить до передчасного зношування опор шарошок та твердосплавних вставок. Осьове навантаження на бурове долото становить 200...300 кН, а амплітуда вібрацій становить десятки кН, що призводить до критичних навантажень на шарошечне долото, які перевищують допустимі, і кулькова опора долота інтенсивно зношується. Вібрації також передаються на бурильні труби, буровий верстат та призводять до поломок деталей обертача. З метою зниження амплітуди вібрацій та захисту бурового долота використовують свердловинні амортизатори та відбивачі пружних хвиль, які розміщені між буровим долотом та бурильними трубами. За показниками виробничих організацій використання амортизації забезпечує зростання проходки на долото на 28-35%, при зростанні механічної швидкості буріння на 26-32%.

Найбільш відомі конструкції амортизаторів з використанням як робочий пружний елемент сталевих гвинтових циліндрових пружин. Високі показники буріння отримали при використанні амортизаторів з гумовими пружними елементами, які зменшують амплітуду осьових та крутильних вібрацій. Недоліком гумової амортизації є низький ресурс через низьку міцність гумових вкладишів. Найбільш ефективними з погляду гасіння осьових вібрацій є амортизатори, в яких зниження осьових вібрацій досягають за допомогою пневмогідравлічного пристрою. Типовим представником такого амортизатора є інструмент фірми „Хьюз Тул Компані” під назвою „Софт-шок”. Цей амортизатор характеризується телескопічною конструкцією та пневмогідравлічною дією.

ТОВ „Дніпропетровський завод бурового обладнання свердловин” розробило низку свердловинних амортизаторів для різноманітних умов буріння свердловин. Для умов буріння неглибоких вибухових свердловин розроблено нормальний ряд амортизаторів, призначених зниження осьових вібрацій, що виникають при шарошечном бурінні свердловин у гірських породах високої твердості.

Амортизатор для вибухових свердловин [1] складається з наступних деталей: валу з різьбленням у верхній частині і шліцевого з'єднання в нижній частині, через яке він з'єднаний з шліцевою втулкою. На валу розміщена трубчаста пружина циліндрична високої жорсткості. Пружина має поперечні прорізи, що чергуються між собою. Висока жорсткість пружини досягається за рахунок високолегованої пружинної сталі та загартування її до високої твердості. До шліцевого валу болтами приєднано поршень, на якому розміщені ущільнювальні манжети, що ізолюють внутрішню порожнину і канал у валу від зовнішнього простору. У нижній частині шліцевої втулки є різьблення для з'єднання амортизатора із буровим долотом.

При бурінні глибоких свердловин, крім осьових вібрацій, виникають крутильні (торсіонні) вібрації, які викликаються великим за значенням

моментом, що крутить, при бурінні свердловин за рахунок тертя бурильних труб об стінки свердловини. Загальна дія осьових та крутильних вібрацій призводить до збільшення напруги у з'єднаннях бурильних труб, що призводить до підвищеного зносу різьблення і навіть до аварій. Для захисту бурового снаряда розроблено конструкцію комбінованого амортизатора, що захищає буровий снаряд одночасно від осьових та крутильних вібрацій. Комбінований амортизатор з характеристиками, близькими до умов буріння, які залежать від діаметра свердловини, навантаження на долото і моменту, що крутить.

Комбінований амортизатор складається з наступних деталей [2]: вал з різьбленням для з'єднання бурильними трубами. На валу поміщена трубчаста пружина, що має виступи на верхньому та нижньому кінцях, які входять у відповідні пази у валу та перехіднику. На пружині виконані поперечні прорізи та поздовжні прорізи. До нижнього кінця валу болтами приєднано поршень, на якому встановлені ущільнювальні манжети. З'єднання нижньої частини валу з перехідником виконано з можливістю осьового та обертального переміщення одного щодо іншого.

Застосування свердловинного амортизатора при роторному та турбінному бурінні свердловин у твердих гірських породах шарошечними, алмазними та іншими буровими долотами призводить до зниження амплітуди осьових та радіальних вібрацій у 2...5 разів та до стабілізації навантажень на бурове долото. Відсутність шлицевого з'єднання або кулачкових муфт полегшує конструкцію амортизатора, за рахунок чого робочий ресурс амортизатора зростає у 4...5 разів. Виконання демпфуючого елемента у вигляді пружного каната, який натискає на пружні ребра каркаса, сприяє значному зниженню амплітуди крутильних вібрацій порівняно з амортизацією, яка передає крутильні навантаження через металеві деталі. За рахунок зменшення амплітуди вібрацій зменшується зношування зубців і підшипників бурового долота, зростає середня швидкість буріння у 1,5...2,5 разів.

Література.

1. Патент України №18404 “Свердловинний амортизатор” / Островський І.Р., Лісніченко В.А., Сірік В.Ф., Луцик О.С., Безсонов І.Ю. Бюл.№11, 2006
2. Патент України №18799 “Свердловинний амортизатор” / Островський І.Р., Лісніченко В.А., Симоненко С.Г., Сірік В.Ф., Луцик О.С., Безсонов І.Ю., Ярош Д.І.// Бюл № 11, 2006
3. Пащенко О.А., Ганкевич В.Ф., Кіба В.Я., Залевська В.І. Шляхи підвищення продуктивності та зниження собівартості видобутку та переробки корисних копалин. Форум гірників – 2017. Матеріали міжнародній науково-технічній конференції. Дніпро, ДВНЗ «НГУ», с.262-265.
4. Назаров А.Е., Ганкевич В.Ф., Пащенко О.А., Кіба В.Я. Зниження енергоємності буріння свердловин ударно-обертальними машинами: Геотехнічна механіка. 2020, № 150, с.146-155, <https://doi.org/10.15407/geotm2020.150.1465>.
5. Ігнатов, А.О., Пащенко, О.А., Коровяка, Є.А., Семехін, В.Ю., Логвиненко О.О., Аскеров І.К. Деякі пояснення ударного механізму впливу на гірські по-роди при бурінні свердловин. Збірник наукових праць НГУ 2021, 66, 177-192. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/66.177>
6. О. А. Пащенко, А. О. Ігнатов, О. Б. Владико (2022) Деякі особливості руйнування гірського масиву на вибої свердловини Інструментальне матеріалознавство: Збірник наукових праць ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, (25), 106-118.

СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ БУРІННЯ МІЦНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Головний конструктор Антончик В.Є., професор Мінеєв С.П.

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

Доцент Ганкевич В. Ф., доцент Пащенко О.А.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка».

На даний час, у гірських породах найбільш трудомістким та дорогим є буріння свердловин у міцних та особливо міцних породах. Попри багаточисленні спроби вирішити проблему буріння міцних гірських порід, ефективного рішення цієї проблеми поки що не знайдено. Проблема полягає в тому, що для введення бурового інструменту в ці породи потрібне значне зусилля та робота з руйнування цих порід. Для цього необхідна висока міцність та зносостійкість бурового інструменту, що обмежено властивостями матеріалів, що застосовують, котрі порівняно швидко зношуються. Швидкий абразивний знос бурового інструменту призводить до його затуплення, що потребує ще більших зусиль та роботи з його введення у породу та її руйнування.

Рішення даної проблеми може бути у розуміщенні міцних та особливо міцних гірських порід, шляхом переведення їх у напружений стан або створення у них сітки тріщин, що дозволить значно зменшити енергоємність їх руйнування та відповідно зменшити знос інструменту.

Одним з перших способів буріння міцних твердих порід було термічне буріння, [1] суть якого полягала в тому, що поверхня забою нагрівалася до високих температур за короткий проміжок часу. Це призводило до розширення верхнього шару породи, виникненню в ньому напруги і відколюванню нагрітого шару породи. Наступний спосіб буріння міцних і особливо міцних порід був термомеханічний [2, 3], який полягає в тому, що порода нагрівається до температури близько 3000 – 5000 °С (нижчої в порівнянні з тепловим методом) для створення в ній теплового розширення та напруженого стану і після чого буріння проводиться механічним буровим інструментом, зазвичай як правило, шарошковими долотами. Ще один спосіб термомеханічного буріння - кріогенне буріння [4, 5], який полягає в швидкому охолодженні поверхні забою гірської породи, що призводить до її стиснення, появи в ній розтягуючих напружень та утворення сітки тріщин на поверхні забою.

Подальше аналізуючи відомі способи та пристрої для руйнування міцних та особливо міцних гірських порід, автори статті прийшли до висновку, що правильне рішення про попереднє розміщення шару міцних гірських порід, котрий руйнується в процесі буріння, реалізується складним та дорогим способами та пристроями, у результаті чого проблема залишається не вирішеною. Нове рішення проблеми буріння міцних гірських порід полягає у тому, щоб здійснювати зняття породи у два етапи.

Спочатку ударом бурового інструменту створити на поверхні забою систему тріщин, а потім знімати шар породи звичайним ріжучим інструментом при цьому, в напрямку обертання бурового долота за ударним інструментом одразу слідує ріжучий інструмент. Особливість такого способу буріння в тому, що ударний інструмент не бурить, тобто утворює заглиблення, а лише потім

створює на поверхні забою систему тріщин.

Далі відбувається зрізання шару гірської породи звичайним ріжучим інструментом, при цьому і введення і подальше сколювання відбувається у тріщинуватій гірській породі, де її руйнування відбувається на вільну поверхню тріщин, що утворюються у результаті перевищення межі міцності породи від дотичних напружень, які у 5-10 разів менше нормальних напружень.

Таким чином, розроблені спосіб та пристрій дозволяють успішно вирішити проблему буріння свердловин у міцних та особливо міцних гірських породах та надають наступні переваги:

- розміцнення породи відбувається найменш енерговитратним способом - ударами коронки з долотчатими зубками невеликої енергії, але достатньої на створення сітки тріщин у породі на потрібну глибину, при цьому значно знижується знос коронки та її обладнання - долотчатих зубців;

- буріння, тобто зняття шару породи, також відбувається найменш енерговитратним способом - різанням тріщинуватої породи, шляхом її відколювання на вільну поверхню, при цьому суттєво знижується знос ріжучих зубців;

- ударно-ріжуче долото є достатньо простим пристроєм, що складається з відомих, перевірених у роботі елементів - пневмоударника з коронкою і долота з ріжучими зубцями, поєднання яких, в одному пристрої, не має технічних складнощів.

- трудомісткість виготовлення ударно-ріжучого долота та його вартість не перевищує вартість існуючих ударно-оберткових та ріжучих долот, проте дане долото споживає значно менше стиснутого повітря та електроенергії для своєї роботи і має суттєво менший знос обладнання, тобто долотчатих та ріжучих зубців.

- нове технічне рішення способу та пристрою буріння свердловин у міцних та особливо міцних породах дозволяє збільшити швидкість буріння та суттєво знизити його вартість.

Література:

1. Васильєв Д.Л., Лівак О.В., Кравець В.И., Ганкевич В.Ф., Куц А.В. О граничних розривних напругах як критеріях руйнування гірських порід при різкому охолодженні *11* Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук, праць. — Дніпро: ИГТМ НАНУ 2020, Вип. 150, —С. 127-135.
2. Термомеханічний породоруйнуючий інструмент: пат. 131521 Україна, МПК E21B 10/46, E21B 7/14. № I201804859; заявл. 03.05.2018; опубл. 25.01.2019, бюл. № 2. – 3 с.
3. Пашенко О.А., Ганкевич В.Ф., Кіба В.Я., Залевська В.І. Шляхи підвищення продуктивності та зниження собівартості видобутку та переробки корисних копалин. Форум гірників – 2017. Матеріали міжнародній науково-технічній конференції. Дніпро, ДВНЗ «НГУ», с.262-265.
4. Назаров А.Е., Ганкевич В.Ф., Пашенко О.А., Кіба В.Я. Зниження енергоємності буріння свердловин ударно-обертальними машинами: Геотехнічна механіка. 2020, № 150, с.146-155, <https://doi.org/10.15407/geotm2020.150.146>
5. О. А. Пашенко, А. О. Ігнатов, О. Б. Владико (2022) Деякі особливості руйнування гірського масиву на вибої свердловини Інструментальне матеріалознавство: Збірник наукових праць ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, (25), 106-118.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЕКАНТАТОРА ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ШЛАМОВИХ ВІДХОДІВ КАМЕНЕОБРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., НТУ «Дніпровська політехніка»
PhD докторант Нурманова Асель Нурланівна, Казахський національний
дослідницький технічний університет ім. К.І. Сатпаєва

З метою вирішення актуальної науково-технічної проблеми захисту навколишнього середовища від впливу рідких відходів підприємств камінеобробної промисловості в Житомирській області виконана розробка концептуальних технологічних рішень майданчика для збирання та первинної переробки відходів підприємств камінеобробної промисловості.

В концепції реалізована технологія складування і подальшої переробки шламів. Відповідно до попередніх розрахунків максимальну кількість рідких шламів будуть доставляти до майданчика асенізаційними вакуумними машинами чи спеціалізованими шламовозами. Обґрунтована технологічна доцільність двоступеневої переробки рідких шламів з їх попередньою доставкою спеціалізованими асенізаційними вакуумними машинами чи спеціалізованими шламовозами [1].

Параметри декантатора визначені за результатами побудови траєкторії руху частинок шламу, відповідно до діючих нормативів. У якості допущення до розрахунків прийнято, що швидкість руху пульпи однакова у всіх точках перерізу. За результатами розрахунків технологічних параметрів та мінімальних розмірів декантаторів, за основу проектування прийнята конструктивна схема відстійників для освітлення шламових вод на першому етапі будівництва майданчика.

Розроблена технологія передбачає почергове заповнення та очищення відділення грубої очистки декантатора. Під час очищення роботи з доставки первинних шламів повинні бути зупинені. Розрахунковий час необхідний на заповнення відділення грубої очистки рідкими шламами ураховує терміни доставки шламів до ділянки накопичення. Відповідно до попередніх розрахунків продуктивності виймально-навантажувальних та виймально-транспортних гірничих машин, які передбачені для обслуговування майданчика, орієнтовний час очищення відділення грубої очистки декантатора з зазначеними розмірами складає 2...3 зміни. Запропоновані варіанти доступного на ринку технологічного обладнання. Розрахована собівартість застосування прийнятих варіантів обладнання при виконанні окремих видів робіт з транспортування, перевантаження, накопичення й переробки шламів [1].

Література.

1. Концептуальні технологічні рішення майданчика для збирання та первинної переробки відходів підприємств камінеобробної промисловості в Коростишівському районі Житомирської області: НДР / Науковий керівник А.О.Бондаренко. – Дніпро, 2018. – 209 с.

INNOVATION IN THE MINING INDUSTRY

Master of technical science, A.Nurmanova

Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,
Almaty, Kazakhstan. E-mail: a.nurmanova@satbayev.university

Abstract

For the mining industry, one of the most important factors of development is the use of innovative technologies to change the main business models and key production processes.

Today, technologies allow us to achieve completely new levels of productivity and security, which are achieved through the integration of processes using artificial intelligence.

The main factor of development is a new approach to working with staff and partners. This is what makes it possible to form new values, increase the efficiency of interaction and personalization of processes. Finally, such changes will make it possible to modernize the business processes of mining companies by switching to remote control.

Introduction

In order to maintain the constant operational activity of the mining industry, the fundamental factor is the constant development of production. In this context, the development of production means the development of the resource base and the reduction of time to make technical decisions. In the constantly deteriorating conditions of underground work, the search and implementation of new solutions for the development of the resource base is becoming increasingly difficult. Thus, the defining vector of the development of the mining industry is the ways and tools to reduce the time spent on solving technical problems. [1].

The mining industry is one of the most important sectors of the world economy. Being one of the fundamental industries in the global economy, the mining industry is demonstrating one of the most dynamic growth in the development and introduction of new technologies. Thanks to the introduction of new automation technologies and artificial intelligence systems, as well as other advanced and modern solutions aimed at optimizing all stages of mining and processing, the mining process itself demonstrates an increase in efficiency.

Today, the main task is to develop digital skills in production, enterprises and assets using both advanced technologies and transformation management. It benefits from combining the efforts of mining enterprises, IT suppliers, and universities to train relevant personnel for the Mining industry.

Conclusions

The mining industry is one of the leading, promising and important sectors of the global economy. To increase profitability, productivity and competitiveness, mining companies need innovative activities. Today, innovation is a driving factor in the development of the mining industry.

References

1. Innovation in the Mining Industry: Technological Trends and a Case Study of the Challenges of Disruptive Innovation Felipe Sánchez & Philipp Hartlieb Mining, Metallurgy & Exploration volume 37, pages1385–1399 (2020).

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛОТКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА ПРОДУКТИВНІСТЮ 30 Т/ГОД

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., студент Литвиненко Б.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Лотковий живильник (рис.) – це пристрій для рівномірної подачі сипких матеріалів з бункера з використанням ефекту зворотно-поступального руху лотка живильника. Використання живильників в промисловості дозволяє автоматизувати процес перевантаження сировини, збільшити продуктивність виробничих робіт на підприємстві при застосуванні бункерів різних конструкцій, зменшити кількість простоїв чи інших факторів що негативно впливають на ефективність виробництва.

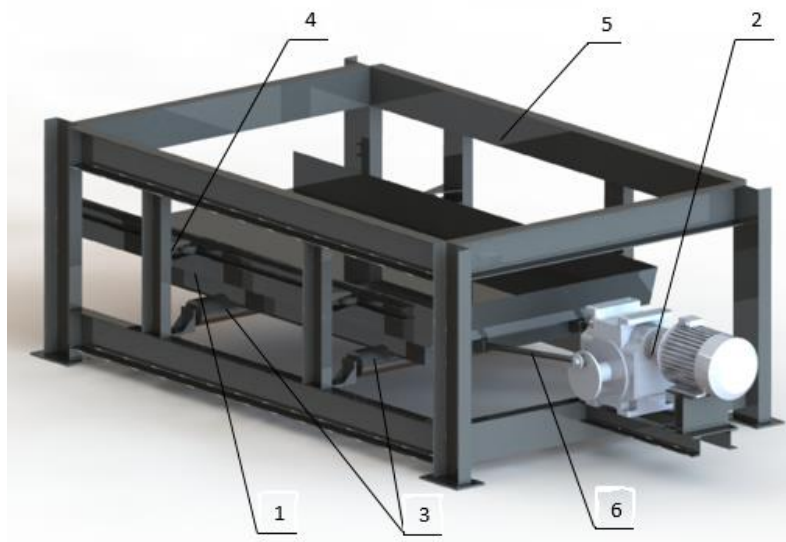


Рисунок – Лотковий живильник:

1 – лоток; 2 – привід; 3 – опорні ролики; 4 – направляючі ролики;
5 – рама лоткового живильника; 6 – куліси.

Лотковий живильник продуктивністю 30 т/год складається з лотка 1, виконаного по габаритам ширини нижньої частини бункера, приводу 2 у складі електродвигуна, черв'ячного редуктора та ексцентриків, що забезпечують потрібний хід лотка для підтримання заданої продуктивності, опорних роликів 3, напрямних роликів 4, опорної рами модуля 5 та куліс 6.

Основною перевагою лоткового живильника продуктивністю 30 т/год є можливість регулювання його продуктивності за допомогою конструктивного рішення що дозволяє регулювати висоту вихідного отвору лотка, тобто змінювати висоту стовпа сировини що буде вивантажуватись. Конструкція лоткового живильнику дозволяє працювати з сировиною малої та середньої крупності, має діапазон ходів лотка від 20 до 60 оборотів в хвилину.

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані технологічні та конструктивні параметри лоткового живильнику продуктивністю 30 т/год, обґрунтовані параметри приводу.

РОЗРОБКА ФРИКЦІЙНОЇ МУФТИ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ

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

НТУ «Дніпровська політехніка»

Метою роботи є модернізація щокрової дробарки ЩКД 90х120 з детальною розробкою конструкції фрикційної муфти з метою збільшення безвідмовної роботи машини.

Щокова дробарка ЩКД 90х120 є дробаркою з простим рухом щоки, призначена для дроблення міцного матеріалу на першій стадії дроблення [1].

Для запобігання дробарки від поломок у разі попадання в її робочу камеру не дробимих предметів (шматки заліза) задню розпірну плиту роблять ослабленого перерізу за рахунок отворів у плиті. Така плита при навантаженнях вище допустимих ламається, після усунення причини поломки на її місце встановлюють нову розпірну плиту.

У зв'язку з частими поломками розпірних плит, що призводить до простоїв дробарки та зменшення продуктивності було поставлено завдання розробити конструкцію фрикційної муфти, яка виконує дві функції: передачі

крутного моменту від приводу до ексцентрикового валу; запобіжного пристрою, який при перевищенні крутного моменту на ексцентриковому валу роз'єднує ексцентриковий вал і привідний шків.

На рисунку 1 показана розроблена конструкція фрикційної муфти, яка складається з внутрішньої полумуфти 1, зовнішньої полумуфти 3, дисків тертя 2, тарілчастих пружини стискування 4, насаджених на пальці 5, кожуха 6, кришки 7; гідросистеми 8. Необхідне

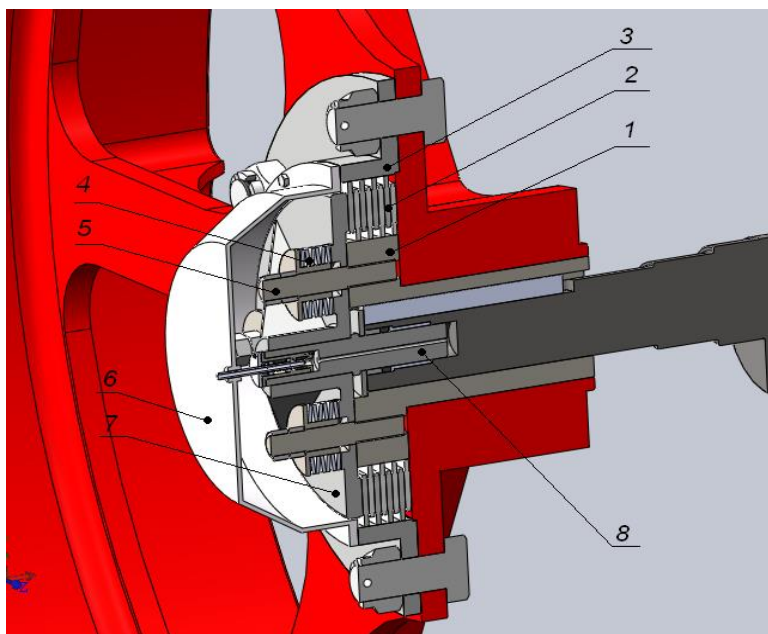


Рис. 1 – Конструкція фрикційної муфти

зусилля стискування та хід забезпечується набором із шести тарілчастих пружин стискування.

Завдяки застосуванню фрикційної муфти, при попаданні не дробних матеріалів в дробарку, скорочуються поломки розпірних плит. Це призводить до зменшення простоїв і збільшення продуктивності.

СУЧАСНИЙ СТАН ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

Доцент Москальова Т.В., студ Горбатов О.С.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Ми живемо в епоху стрімкого технічного прогресу і є свідками еволюції технічних пристроїв: роботи, комп'ютери, мобільні пристрої, інтернет речей, хмарні технології... Роботи являють собою втілення передових наукових розробок і технологій різних галузей.

Сучасні роботи зазвичай мають складну механіку та електричний привід. Існує багато видів роботів і їх застосування поширені в багатьох галузях, таких як промисловість, сільське господарство, медицина, обслуговування та ін.

Використання роботів людиною можна розділити на три групи: промислові роботи, автономні мобільні роботи (безпілотні пересувні пристрої), соціальні роботи, що взаємодіють з людиною.

Промислове виробництво є основою сучасного суспільства. Роботи відіграють значну роль у прискоренні промислових процесів і звільненні працівників від важкої праці. Зазвичай вони мають набір типових застосувань, таких як зварювання, фарбування, складання, комплектування, пакування, маркування, палетування, перевірка продукції та випробування.



Рис. 1.

Висока витривалість, надійність, швидкість руху та точність – це основний перелік характеристик, що має бути забезпечений. Також слід забезпечити переміщення робочого органу робота в межах необхідної зони досяжності, врахувати необхідну кількість ступенів свободи, структуру робота, метод керування та тип приводу, щоб виконати необхідні операції. Типова структура, яка використовується для конфігурації промислового робота є комбінацією шарнірних з'єднань або механізмів з одним поступальним ступенем свободи.

Роботи SCARA, шарнірні маніпулятори з 5-6 ступенями свободи, дельта роботи, трикоординатні механізми роботів з пос-

тупальним рухом – це найбільш застосовувані конструкції промислових роботів [1]. Актуаторами, що приводять в дію ланки механізму промислових роботів зазвичай є електродвигуни та гідравлічні приводи. Однак електричні крокові двигуни мають найбільш широке застосування, тоді як гідравлічні приводи зазвичай

використовують у потужних моделях.

Існують різні динамічні методи керування на різних рівнях для створення точного, плавного та швидкого руху роботів. Для досягнення більш високого рівня точності та забезпечення умов безпечного співробітництва з людиною, алгоритми керування містять напрацювання штучного інтелекту. Наприклад, промислові роботи можуть містити підсистеми машинного зору з можливістю розпізнавання об'єктів. Традиційні промислові роботи важкі і зазвичай обмежені певною зоною, відокремленою захисними огорожами, однак нещодавно з'явився новий тип колаборативних роботів, такі як KUKA, ABB та інші. Завдяки системам машинного зору, звуковим і силовим датчикам, сучасним алгоритмам керування, колаборативні роботи із вбудованими алгоритмами штучного інтелекту, стали достатньо розумними та безпечними, щоб працювати разом з людиною в промисловому середовищі.

Промислові роботи були розроблені, щоб працювати у відносно стаціонарних умовах, хоча деякі з них можуть рухатися по рейках. На відміну від маніпуляторів, мобільні роботи не фіксуються в одному місці; вони можуть пересуватися. Автономні мобільні роботи можуть пересуватися на колесах (1,2,4 та більше), гусеницях, двох або більше ногах. Різні мобільні роботи стали звичним явищем у комерційних і промислових умовах, а також при веденні бойових дій, розвідці та інше. Існує багато видів автономних роботів, наприклад безпілотні наземні транспортні засоби, безпілотні літальні апарати (БПЛА), автономні підводні апарати (АПА).

Незважаючи на безліч варіацій та галузь використання всі роботи мають однакові ключові компоненти, включаючи двигуни, елементи керування, програмне забезпечення, датчики та виконавчі механізми. Для досягнення функціональної ефективності важливу роль відіграють як апаратна, так і програмна частина роботи.

Розвиток інтернет технологій дозволив поєднати робототехнічні пристрої між собою та за допомогою інтернету речей накопичити та проаналізувати великі обсяги інформації щодо роботи промислових роботів. Промисловий інтернет речей містить комп'ютерні мережі та поєднані до них промислові роботи чи інші компоненти із вбудованими в них датчиками із програмним забезпеченням для збирання, обробки та передавання інформації. Завдяки інтернету речей з'явилася можливість віддаленого контролю та управління в автоматизованому режимі, навіть без участі людини. Промисловий інтернет речей дозволяє створити виробництва з мінімальною присутністю людини, що функціонують більш ефективно та витрачають менше ресурсів, ніж традиційні. Наприклад, автоматизовані виробництва можуть використовувати мінімальне освітлення та обслуговуватися одним або двома десятками людей.

Література.

1. Siciliano B, Khatib O (2016) Springer handbook of robotics. Springer, Berlin
2. Turek F (2011) Machine vision fundamentals, How to make robots. NASA Tech Briefs 35(6):60–62

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСНОЇ ЧАСТОТИ ГУМОВИХ СИТ

Доцент Анциферов О.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»
К.т.н. Єгурнов О.І.
ТОВ «АНА-ТЕМС»

Виробничий досвід засвідчив, що в технологічних схемах збагачення корисних копалин на операціях зневоднення дрібно-дисперсних матеріалів у вигляді пульпи (тонкі шлами, мулисті маси) найкращі показники мають еластичні сита у вигляді окремих плоских карт з перфорованою поверхнею. Конструктивно їх виконують з ребрами жорсткості в подовжньому і поперечному напрямку і встановлюють на вібраційні грохоти з попереднім натягом у площині. Правильний вибір цих параметрів дасть змогу створювати кластичні поверхні, які за своїми конструктивними параметрами і з урахуванням зневоднюваної гірничої маси матимуть резонансну зону, що близька до робочої частоти грохота. Це дасть змогу істотно збільшити ефективність роботи плоских сит карткового типу.



Рис. 1.

Розробляються спеціальні сита для зневоднення тонкоподрібнених матеріалів. Вони мають щілиноподібні отвори з розміром по меншій стороні від кількох міліметрів до десятих часток міліметрів. Такі просіювальні поверхні виготовляють у вигляді плоских карт із подовжнім і поперечним силовим набором (рис. 1) і встановлюють на вібраційні грохоти з попереднім натягуванням в одному напрямку. Експлуатація їх вимагає спеціального підбору конструктивних параметрів сита залежно від режимів роботи вібраційного грохота. Донедавна це питання

вирішували дослідним шляхом, що вимагало тривалого часу, постійного спостереження за експлуатаційними показниками процесу зневоднення і ретельного аналізу даних з урахуванням можливого впливу великої кількості чинників. Тому було розроблено інженерну методику розрахунку таких сит, зокрема їхньої динаміки.

Існують конструктивні виконання гумових сит, у яких основна маса і жорсткості зосереджені в ребрах, а перфорованою поверхнею між ними можна знехтувати. Таким чином розрахункова схема сита зводиться до сітчастої поверхні. У цьому разі можна скористатися наближеним енергетичним методом для визначення її власної частоти.

Статичним розрахунком визначаємо енергію деформації вигину сітчастої поверхні. Далі підбираємо товщину гладкої мембрани з однаковою жорсткістю на вигин. Власна частота мембрани і є наближене значення власної частоти еластичної поверхні. Подальше уточнення методу є врахування впливу дотичних напружень від попереднього натягу на енергію деформації.

ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРИ РОБОТІ ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА У ВІБРОУДАРНОМУ РЕЖИМІ

Доцент Анциферов О.В., студент Загинайко І.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Для отримання дрібнодисперсних порошків у більшості випадків використовують вібраційні млини. Помольні камери в них мають форму циліндра і залежно від конструктивної орієнтації її млини діляться на горизонтальні і вертикальні. Помольна камера вертикального вібраційного млина здійснює коливання уздовж осі у вертикальній площині. Основною перевагою млина даного типу є можливість реалізації в них віброударного режиму взаємодії камери і технологічного завантаження (молотильної кулі). Таким чином, відбувається ефективне подрібнення крихких матеріалів, а у багатьох випадках і їх активація.

До технологічних параметрів роботи млина відносять амплітуду коливань a і частоту ω . Для реалізації віброударного режиму важливим параметром виступає технологічний проміжок $2S$ – відстань між кулями і кришкою помольної камери в статичному стані.

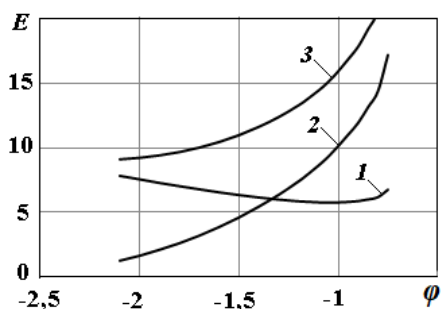


Рис. 1.

Метою даної роботи є визначення енергії взаємодії завантаження з камерою в залежності від співвідношення між даними параметрами при віброударному режимі здрібнення в МВВ.

Розрахункова схема і методика вирішення даної задачі приведено в [1]. Але в ній розглядалась енергія взаємодії технологічного завантаження (кульова засипка) з днищем помольної камери.

Подальше уточнення задачі полягає у додатковому врахуванні енергії взаємодії з днищем помольної камери.

Задачу розв'язуємо в безрозмірних величинах. Будуємо рівняння руху камери і завантаження. З даних рівнянь визначаємо швидкості до і після удару. З отриманих виразів для швидкостей визначаємо енергію удару E і будуємо залежності, що показані на рис. 1. Цифрами зазначені енергія, що поглинена при ударі о днище, кришку і сумарна відповідно.

Аналіз кривих показує слабку залежність енергії удару о днище від фази співудару φ , що відповідає важким матеріалам, здрібнення яких проходить в нижній частині камери. Для легких матеріалів, які рівномірно розподілені по висоті камери, раціональним фазовим кутом є область від -1 до 0 .

Література.

1. Анциферов О.В., Мінасов А.М Уточнений розрахунок енергії взаємодії завантаження з камерою вертикального вібраційного млина / «Новітні технології в освіті, науці та виробництві»: збірник матеріалів III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції, м. Покровськ, 29-30 квітня 2021 р. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2021. – С. 137- 138.

ХВИЛЬОВИЙ СПОСІБ ВИДОБУТКУ МЕТАНУ

Канд. техн. наук Агаєв Р.А., канд. техн. наук Дудля К.Є.,
аспірант Притула Д.О.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України
канд. техн. наук О.П. Смірнов

Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України

Збільшення видобутку газу є основним шляхом до енергетичної незалежності України. На цей час існує дефіцит газу, що становить близько 12 млрд м³ [1], а при власному видобутку 18,5 млрд м³ [2]. Відповідно до Національної економічної стратегії до 2030 року цей дефіцит можна спрямувати на інвестування і розробку нових газових родовищ. Тем не менш, видобуток газу в Україні у 2022 році знизився на 6 % (на 1,3 млрд м³) у порівнянні з аналогічним періодом минулого року. Тому для розв'язання цієї проблеми необхідно звернути увагу на інші способи видобутку газу з альтернативних джерел походження, а саме метан вугільних родовищ (МВР).

Відповідно до чинного законодавства [3] видобування метану вугільних родовищ є господарська діяльність, яка включає комплекс технічних заходів, спрямованих на його вилучення з вугільних пластів, вміщуючих порід та підземних порожнин діючих шахт і тих, що готуються до експлуатації, а також відпрацьованих вугільних родовищ. Ресурси метану тільки у вугільних пластах діючих шахт Донбасу становлять 0,491 трлн м³, у вугільних пластах за межами полів діючих шахт – 0,592 трлн м³; ресурси вільного метану у вміщуючих породах – 3,77 трлн м³. Загалом – понад 4,0 трлн м³ [4]. Видобуток метану здійснюється шляхом застосування геотехнологічних способів, а саме буріння свердловин на газонасичений вуглепородний масив. При застосуванні поверхневих дегазаційних свердловин (ПДС) досягається висока концентрація метану в суміші (понад 90%).

Видобуток МВР вважається доцільним лише при розробці та експлуатації вугільних родовищ. Після окупації Донбасу, де зосереджено більшість вуглевидобувних підприємств України, видобуток значно знизився. У 2015 році всього було видобуто 39,7 млн тонн кам'яного вугілля, а у 2019-му – 31,2 млн [5]. Не зважаючи на складну ситуацію, дегазація застосовувалася на 10 шахтах, а об'єм утилізації метану склав 33 млн м³. При цьому, видобуток МВР відбувався шляхом застосування стандартних способів його вилучення, які не розв'язують питання відновлення дебіту пробурених свердловин та підвищення фільтрації їх присвердловинної зони.

Тому розв'язання питання видобутку МВР із застосуванням не стандартних способів та підвищення газопроникності вуглепородного масиву є актуальним.

Відповідно до цього Інститутом геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України та Інститутом імпульсних процесів та технологій НАН України розроблено спосіб хвильової обробки продуктивних газонасичених горизонтів через поверхневі свердловини [6]. Сутність способу полягає в створенні знакозмінних напружень в присвердловинній зоні газонасиченого

вуглепородного масиву шляхом комплексного застосування пневмогідродинамічної та електророзрядної дії.

Хвильова дія здійснюється в три етапи: виконання електричних розрядів на продуктивних горизонтах свердловини за допомогою приладу «Скіф»; свабування свердловини; проведення пневмогідродинамічної дії на присвердловинну частину гірського масиву. До початку проведення робіт з хвильової дії визначається герметичність обсаджування свердловини, рівень і хімічний склад води й проводяться виміри газовиділення на гирлі ПДС. Після цього зі свердловини витягуються насосно-компресорні труби й здійснюється шаблонування свердловини. Шаблон виготовляється з труби діаметром 102 мм і довжиною 5,0 м. Шаблон на геофізичному кабель-тросі КГ-3 опускається на максимальну глибину обробки.

Пристрій «Скіф» містить наземну і занурювану частину, що з'єднані між собою геофізичним кабелем. За допомогою геофізичного підіймача занурювану частину пристрою опускають у свердловину на задану глибину, попередньо заповнену рідиною. Глибина опускання контролюється спеціальною станцією типу АКС-65. Частота проходження імпульсів - 0,2 Гц [7]. Після шаблонування проводиться опускання занурювальної частини пристрою за допомогою геофізичного підіймача на глибину. Після досягнення пристрою «Скіф» заданої глибини, наземна частина пристрою підключається до мережі 220В/50 Гц і проводиться її запуск. Кількість розрядних імпульсів, необхідних для обробки одного погонного метру становить 100 розрядів. В процесі обробки вуглегазової товщі занурювальна частина переміщається вгору по свердловині до досягнення верхнього продуктивного горизонту. Розрядні імпульси здійснюють тільки в межах продуктивних горизонтів. Після чого пристрій «Скіф» вилучають зі свердловини. Після вилучення пристрою «Скіф» зі свердловини виконується її безперервне свабування.

На гирлі свердловини обладнується пристрій пневмогідродинамічної дії (ПГД), який підключається до обсадної труби свердловини. Для створення робочого тиску у свердловині на безпечній відстані (не менше 30 м) встановлюється компресор та рукавами високого тиску підключається до обсадної труби. Біля компресора встановлюється масляний насос, що підключається до пристрою ПГД. Між обсадною трубою і пристроєм ПГД монтується засувка з ручним керуванням для відводу газу і регулювання його дебіту з свердловини.

Встановлюється рівень води у свердловині на 30 м вище рівня оброблюваного шару. При закритій засувці у свердловину компресором подається стиснене повітря до тиску 7 МПа, після чого проводиться скидання його до атмосферного шляхом відкриття засувки. Виконується до 10 циклів (нагнітання-скидання) і вимірювання газовиділення. Не менш ніж через 12 годину проводиться контроль рівня води у свердловині й цикли дії повторюються відповідно до критеріїв дії. Обробка масиву проводиться до досягнення стійкого дебіту метану. Після цього засувкою з ручним керуванням встановлюється розрахунковий режим відбору газу.

Відмінною особливістю комплексного способу є те, що частинки масиву, які утворилися після застосування електророзрядної дії будуть виноситися у свердловину з деформованої присвердловинної зони завдяки скиданню стислого повітря під час ПГД. Тобто, буде виконана декольматація та відновлення природних колекторних властивостей присвердловинної зони.

Застосування способу хвильової обробки продуктивних газоносних горизонтів через поверхневі свердловини дозволить підвищити безпеку ведення гірничих робіт, поліпшити екологічну ситуацію у вуглевидобувному регіоні, а також знизити собівартість видобутку вугілля шляхом реалізації видобутого метану в економічно-обґрунтованих об'ємах з подальшою його утилізацією.

Література.

1. Дефіцит газу в Україні становить 10-12 мільярдів кубів щороку. – [Електроний ресурс] - Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2579758-deficit-gazu-v-ukraini-stanovit-1012-milardiv-kubiv-soroku.html>.- Голов. з екрану.
2. Жарикова А. Споживання газу в Україні цієї зими буде меншим на 40% - [Електроний ресурс] - Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/news/2022/08/29/690924/>- Голов. з екрану.
3. ЗУ «Про газ (метан) вугільних родовищ». Відомості Верховної Ради України (ВВР). Київ – 2009.
4. Яценко І. Стан шахтного метану дегазація та утилізація в Україні. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – [Електроний ресурс] - Режим доступу: https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pp/coal/cmm/11cmm_gmi.cs_oct2016/5_Ukraine_GMI.pdf. - Голов. з екрану.
5. Вугільна галузь в Україні: кількість шахт і рівень видобутку.- – [Електроний ресурс] - Режим доступу :<https://www.slovoidilo.ua/2020/04/30/infografika/ekonomika/vuhilna-haluz-ukrayini-kilkist-shaxt-riven-vydobutku>. - Голов. з екрану.
6. Пат. №141553 Україна, МПК(2006) E21B 43/26 Спосіб хвильової обробки продуктивних газоносних горизонтів через поверхневі свердловини/ Р.А. Агаєв, К.К. Софійський, Р.К. Стасевич , Д.О. Притула (Україна); заявник і патентовласник ІГТМ НАН України.- № u201911059; заявл. 11.11.2019; надрук. 10.04.2020, Бюл. № 7. -3 с.
7. Смирнов, А.П. Сравнительный анализ основных методов интенсификации дебита скважин/ А.П. Смирнов // Геотехническая механика Днепр: ИГТМ НАН Украины, 2006. Вып.64. С. 133-139.

ТЕРМІЧНИЙ СПОСІБ СТВОРЕННЯ КОМПЕНСАЦІЙНИХ ПОРОЖНИН ПРИ ПРОХІДЦІ ПІДНЯТТЄВИХ ВИРОБОК У МІЦНИХ РУДАХ

Науковий співробітник Осінній В.Я.

Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України

Складним процесом при прохідці піднятєвих виробок є створення компенсаційної порожнини на всю висоту поверху, дотримання паралельності свердловин, які вибураються, відстань між ними, конструкція заряду, послідовність підривання та інтервали уповільнень між ними. Відстань між кожною наступною вибуховою свердловиною та компенсаційною порожниною повинна бути такою, щоб відбитий свердловинним зарядом залізрудний масив у роздробленому стані міг розміститися без переущільнення об'єму порожнини отриманої підриванням цього заряду.

Плазмове котлоутворення та розширення свердловин показало, що температурно-часові залежності міцності залізистих кварцитів значно відрізняються, особливо, в зонах пористості та метасоматозу гірських порід. Можливість крихкого руйнування міцних руд із текстурно-мінералогічними різновидами гірських порід вимагають вивчення петрографії залізистих кварцитів, речовинного складу та продуктів їх термічного руйнування, а також самоорганізації гірських порід у зоні передруйнування [1]. З цією метою було поставлено спеціальні експерименти та досліджено на різних енергетичних рівнях зміни в гірських породах при нагріванні останніх до 600° С.

Внаслідок термічного впливу на гірські породи ряд кристалів у певному температурному діапазоні зазнають фазових переходів першого та другого роду. Визначено основні закономірності трансформації кристалічних решіток гірських порід [2]. У результаті виконаних експериментів встановлено: компенсаційна порожнина діаметром 450-500 мм, що утворена плазмовим методом створює умови ефективного руйнування масиву зарядами вибухових свердловин; питома витрата вибухових речовин не повинна перевищувати 5-6 кг/м³. З цією метою доцільним є застосування свердловин зменшеного діаметра – 60-80 мм; зарядження і підривання свердловин повинно вестися в один прийом на всю висоту секції, що підривають [3].

Література.

1. Зима С.Н. Особенности изменения вещественного состава железистых кварцитов шахты им. Орджоникидзе (Кривой Рог) при плазменном расширении взрывных скважин / С.Н. Зима, В.Я. Осенний // Новое в технологии, технике и переработке минерального сырья : Сб. науч. трудов ОАО Механобрчермет. – Кривой Рог, 2005. – С. 59-64.
2. Осенний В.Я. Кинетические параметры физико-химических процессов термических превращений в горных породах при плазменном котлообразовании /В.Я. Осенний, Н.В. Осенняя // Геотехническая механика- Сб. научн. трудов ИГТМ НАН Украины, – Днепропетровск. – 2012.- Вып. 97. – С. 127- 134.
3. Осенний В.Я. Проходка восстающих выработок взрыванием скважинных зарядов на компенсационную полость, образованную плазменным способом / В.Я. Осенний // УСИБ. – 2016. – №1. – С. 17-20.

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРОІЗОЛЯТОРІВ ВИСОКОЇ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ

Лисиця М.І., Новікова А.В., Заболотна О.Ю., Агальцов Г.М.

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

Віброізолятори підвищеної несучої здатності (ВПНЗ) являють собою пакети шарів гуми і металу, що чергуються, з'єднаних жорстко шляхом вулканізації (рис. 1). В силу стисненості переміщень в тонких гумових шарах ВПНЗ, що деформуються, виникають зони з високим рівнем напружень всебічного стиску, що викликає слабку об'ємну стисливість гуми. Внаслідок цього гума у ВПНЗ виявляє фізично нелінійні пружні властивості.

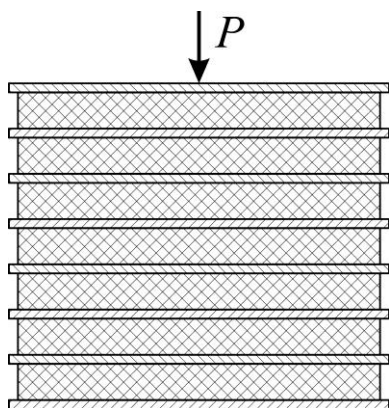


Рис. 1.

Розглянемо осьовий стиск ВПНЗ силою P , прикладеною до торця віброізолятора. Користуючись алгоритмом, представленим у роботі [1], припустимо, що осьові переміщення не залежать від радіусу і є лише функцією координати z : $u_z = f(z)$.

Дотримуючись [2], прийнемо модель ізотропного фізично нелінійного середовища, пружний потенціал якого має вигляд:

$$W = \frac{K}{k} \left\{ e + \frac{1}{k-1} \left[(1+e)^{1-k} - 1 \right] \right\} + \frac{3}{2} G e_i^2 \left\{ 1 + \frac{\mu_0}{\mu} \left\{ e + \frac{1}{\mu-1} \left[(1+e)^{1-\mu} - 1 \right] \right\} \right\},$$

де e – відносне об'ємне розширення; e_i – інтенсивність деформацій; K – модуль об'ємного розширення матеріалу ВПНЗ при малих деформаціях; G – модуль зсуву гуми при малих деформаціях; μ_0 , μ , k – постійні, що характеризують властивості фізично нелінійного матеріалу поряд з K і G [3].

Записуючи умову мінімуму повної енергії системи, для визначення $f(z)$ отримуємо диференціальне рівняння третього порядку. Далі обчислюємо просідання віброізолятора, а потім його вертикальну жорсткість.

Порівнюючи результати розрахунку з експериментом, приходимо до висновку, що при $R/h \leq 10$ можна використовувати спрощену формулу без урахування стисливості гуми, але для більш тонких шарів гуми необхідно враховувати стисливість.

Література.

1. Дырда В.И. Решение задачи о сжатии вязкоупругого цилиндра методом Ритца / В.И. Дырда, А.В. Гончаренко, Л.В. Жарко // Геотехническая механика. – 2010. – Вып. 86. – С. 113-124.
2. Дымников С.И. Нелинейная постановка задач расчета тонкослойных резинометаллических элементов / С.И. Дымников // Вопросы динамики и прочности. – 1982. – Вып. 40. – С. 34-41.
3. Экспериментальное исследование констант упругости резин 2959 и 51-1673 / М.А. Лейканд, Э.Э. Лавендел, Б.М. Горелик [и др.] // Всесоюзная научно-техническая конференция по методам расчетов изделий из высокоэластичных материалов. – Рига, 1980. – С. 54-55.

СИНТЕЗ ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНІ, ЩО ПРОСІВАЄ

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

Аналіз технічних рішень по зневодненню продуктів збагачення на вібраційних грохотах і області їх використання показав, що для подальшого підвищення ефективності зневоднення і розділення за крупністю необхідно інтенсифікувати розпушення сировини і режим поверхні, що просіває, шляхом повідомлення їй додаткових прискорень без додаткового підведення потужності [1, 2]. Представляється перспективним віброударний вплив безпосередньо по поверхні, що просіває, або через проміжний елемент. Для більшої ефективності запропоновано поверхню збуджувати «подвійними» ударами [3, 4]. Спочатку наноситься перший удар, який сприяє відриву сировини від поверхні, що просіває, і її розпушення, потім на етапі польоту наноситься другий удар, який повідомляє додаткове прискорення поверхні (важливо відзначити, що при нанесенні другого удару сировина, що переробляється, не перешкоджає видаленню частинок і рідини). Це забезпечує руйнування водної плівки в чарунках поверхні, обумовленої поверхневим натягом та в'язкістю рідини, і капілярно-стиківих містків між частинками, що буде сприяти очищенню від застряглих в чарунках частинок, вільному проходженню тонких твердих частинок крізь поверхню разом з рідиною й забезпечувати високу ефективність відділення тонких частинок і зневоднення.

Незважаючи на конструктивну простоту такого грохоту, реалізація віброударного режиму можлива тільки за певних поєднань конструктивних і динамічних параметрів. Експериментальне визначення параметрів надзвичайно трудомістке. З огляду на сучасний стан обчислювальної техніки, доцільно застосування чисельних експериментів [2-4], однак, для цього необхідна розробка математичної моделі, яка описує рух поверхні, що просіває, при ударному збудженні.

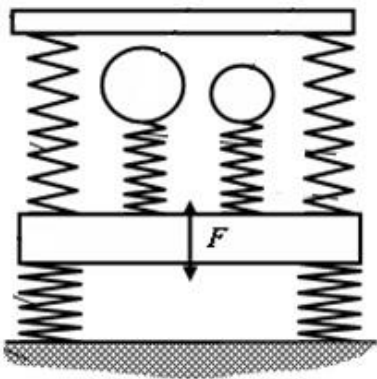


Рис. 1.

Розрахункова схема віброударного грохоту представлена на рис. 1. Під дією сили F короб робить коливання, які передаються поверхні, що просіває, і ударникам. Останні взаємодіють з поверхнею, що просіває, повідомляючи їй додаткові імпульси. Вплив сировини, що переробляється, моделюється приєднаною масою, яка додається до маси поверхні, що просіває.

Математична модель [3, 4] дозволяє шляхом чисельних експериментів визначати раціональні конструктивні і режимні параметри при яких

досягаються необхідні технологічні показники зневоднення й розділення за крупністю та забезпечується енерго- і ресурсозбереження. На її основі розроблено програму для ПК «Грохот з ударниками», яка дозволила шляхом численних експериментів розрахувати параметри грохоту.

Експериментальна перевірка ефективності зневоднення за допомогою віброударного впливу проводилися на моделі віброударного грохоту. В якості поверхні, що просіває, використовувалися сталеві сітки з квадратними отворами 0,63, 0,2 і 0,1 мм. Дослідження виконано на гранітному відсіві крупністю + 0,4-1 мм; + 0-0,4 мм і + 0-10 мм з вмістом 11,8% класу 0,05 мм і вугільних шламах з розміром часток + 0-10 мм і вмістом класу 0-0,05 до 15%.

Встановлено, що використання віброударного впливу з «подвійними ударами» на поверхню, що просіває, дозволяє збільшити видалення класу -0,1 мм в мінусовий продукт до 75-80%, а вологість матеріалу плюсового продукту знижувати до 6-8%.

На основі створеної математичної моделі розроблено алгоритми розрахунку, приклади та «Методику обґрунтування й розрахунку режимних та конструктивних параметрів віброударного грохоту і технологічних показників процесу поділу за крупністю й зневоднення при переробці техногенної сировини», що дозволяє досягти потрібних технологічних показників процесу зневоднення і розділення за крупністю при переробці техногенної сировини. Методику впроваджено в ТОВ «Любимовський гранітний кар'єр». З її допомогою для модернізованого за рекомендованою схемою грохота ГІЛ-42 (з позиції раціонального узгодження сегрегації, просіювання тонких частинок і видалення вологи за рахунок зміни параметрів грохоту) визначено раціональні конструктивні (параметри ударників, кут нахилу) та режимні (амплітуда і частота) параметри. Порівняно з грохотом з базовими параметрами ефективність розділення зросла на 23,47% (Акт промислових випробувань).

Також розроблено і впроваджено в практику наукових досліджень, проектно-конструкторських робіт, гірничопереробних підприємств і навчального процесу комплект методик по розрахунку параметрів процесу зневоднення й розділення за крупністю техногенної сировини гранулометричного складу, який змінюється, створено і запатентовано нові способи зневоднення та розділення за крупністю різної сировини.

Література.

1. Шиманский Ю.А. Динамический расчет судовых конструкций. Судпромгиз. Л., 1963. 444 с.
2. Кобринский А.Е. Виброударные системы / Кобринский А.Е., Кобринский А.А. – М.: Наука. 1973. – 591с.
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.

ОБҐРУНТОВУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРУБЧАСТИХ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ГЛИБОКИХ КАР'ЄРАХ

К.т.н. Жигула Т.І., магістр Міщенко Т.Ф.

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

Особливістю траси конвеєрного транспорту глибоких кар'єрів при їх доробці є значний кут підйому, який змінюється продовж траси, внаслідок чого виникає втрата стійкості вантажу на стрічці та його просип. Трубчасті стрічкові конвеєри (ТСК) мають суттєву перевагу при створенні конвеєрних ліній глибоких кар'єрів, як такі, що забезпечують герметичність переміщення вантажу. Існують різні конструкції з'єднання стрічки в трубу: клинові, типу застібки «молнія», магнітні, за допомогою роликів. Найбільш перспективною для застосування на глибоких кар'єрах є схема, коли трубчаста стрічка рухається всередині роликоопора става, кожна роликоопора є правильним багатокутником (шестикутником), утвореним підтримуючими роликами.

Робота ТСК може супроводжуватися явищем скручування стрічки. При значному повороті стрічки можливе розходження її бортів і виникнення пиління і просипу вантажу.

Стрічка піддається дії крутильних моментів, які виникають внаслідок перекосу підтримуючих роликів, що обумовлено викривленням траси конвеєра або зміною кута його нахилу до горизонту. Ці явища характерні для конвеєрів, що працюють на глибоких кар'єрах при їх доробці.

Запобігти небажаним явищам при роботі трубчастого конвеєра (розбіжності бортів стрічки та просипу вантажу) можна за допомогою правильного вибору основних його параметрів. Це, в першу чергу, геометричні розміри та фізичні властивості стрічки, її ширина, товщина, жорсткість перетину при крученні, а також параметри става конвеєра, кут нахилу і радіус повороту траси, відстань між роликоопорами.

На основі математичної моделі кручення стрічки трубчастого конвеєра [1] отримано формулу кута закрутки в залежності від основних параметрів конвеєра, це дало змогу отримати аналітичну залежність для розрахунку максимальної відстані між роликоопорами, при якій не відбудеться розходження бортів стрічки в разі перекосу центрального ролика роликоопори.

Література.

1. T. Zhyhula. Torsion of an unevenly loaded tubular belt on a straight route of a belt tubular conveyor. E3S Web of Conferences, International Conference Essays of Mining Science and Practice, 109 (2019). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900114>

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМ ЗРІЗІВ, УТВОРЮВАНИХ ПРИ РОБОТІ ПЛАНЕТАРНО-ТОРОВИХ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ПОРОДОРУЙНУВАЛЬНИХ МАШИН

Доцент Довгаль Д.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Для руйнування гірничих порід і розробки корисних копалин з високою продуктивністю, мінімальною витратою енергії та інструмента створюються машини й установки з виконавчими органами різного принципу дії. Одними з найбільш перспективних виконавчих органів, використовуваних на породоруйнувальних машинах є, планетарні виконавчі органи з перехресними осями обертання, або, так називані планетарно-торові, схема якого наведена на рис.1.

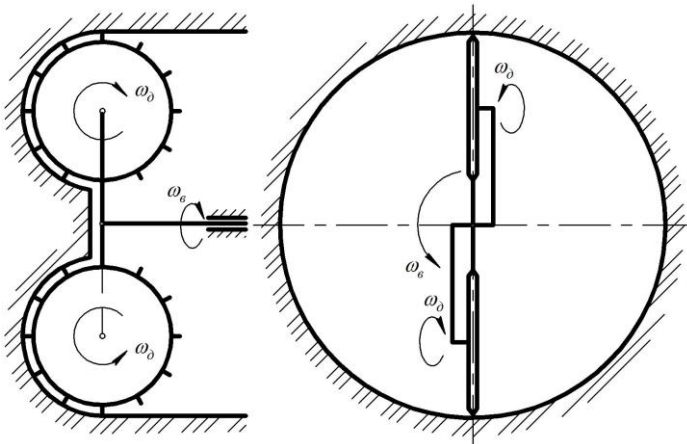


Рис. 1

Загальновідомо, що планетарні виконавчі органи дозволяють руйнувати гірничий масив зрізами різних форм. Однак питання визначення раціональних форм зрізів зазначених виконавчих органів дотепер практично не вирішені.

Для моделювання форм і оптимізації геометричних параметрів зрізів, необхідно, насамперед одержати їхній аналітичний опис.

Різцевий інструмент планетарно-торових виконавчих органів, описує у своєму русі складні просторові криві [2]:

$$\begin{aligned} x &= r \cos(\varphi i) \cos(\varphi - \alpha) + R \cos \varphi; \\ y &= r \cos(\varphi i) \sin(\varphi - \alpha) + R \sin \varphi; \\ z &= \frac{h}{2\pi} \varphi \pm r \sin(\varphi i), \end{aligned} \quad (1)$$

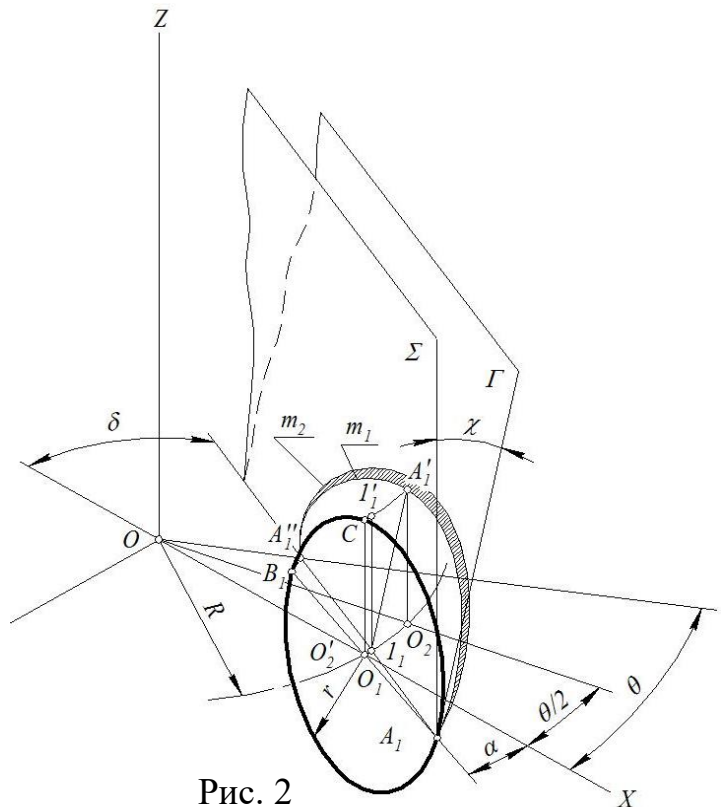


Рис. 2

де R – радіус водила виконавчого органу; r – радіус фрезеруючого диска; φ – кут повороту водила від початкового положення; i – передаточне число планетарно-торової передачі.

тарного механізму (відношення кутової швидкості диска ω_d до кутової швидкості водила ω_e) ; α – кут між вертикальною площиною та площиною обертання фрезеруючого диску; h – величина подачі виконавчого органу на забій.

На робочих ділянках траєкторії, різцевий інструмент врізається в породний масив, утворюючи зрізи складної геометричної форми, що залежить від конструктивних і кінематичних параметрів виконавчого органу. Схема утворення зрізу одиничним різцем у загальному випадку наведена на рис. 2. Отже, зріз можна розглядати, як область між нарисовими дугами m_1 і m_2 . Згідно рис. 2 та на основі рівнянь (1) визначені рівняння нарисової дуги m_1 :

$$\begin{aligned} x'' &= R \left[\cos(\varphi + \delta) - \cos\left(\frac{\pi}{2i} + \delta\right) \right] + r \cos(\varphi i) \cos(\varphi - \alpha + \delta); \\ y'' &= [R(\sin(\varphi + \delta) - \sin \delta) + r \cos(\varphi i) \sin(\varphi - \alpha + \delta)] \cos \chi - \left(\frac{h}{2\pi} \varphi + r \sin(\varphi i) \right) \sin \chi; \\ z'' &= [R(\sin(\varphi + \delta) - \sin \delta) + r \cos(\varphi i) \sin(\varphi - \alpha + \delta)] \sin \chi + \left(\frac{h}{2\pi} \varphi + r \sin(\varphi i) \right) \cos \chi, \end{aligned} \quad (2)$$

Рівняння дуги m_2 відрізняється від рівнянь дуги m_1 лише початковим значенням кута повороту водила φ , тобто, для отримання нарисової дуги зрізу m_2 , у рівняння (2), замість φ слід підставити $(2\pi + \varphi)$.

Для здійснення моделювання форм зрізів за рівняннями (2) були визначені значення кутів δ та χ :

$$\begin{aligned} \delta &= \arcsin \left\{ \sin \left[\frac{\pi}{i} + \arcsin \left(\frac{r \sin \alpha}{\sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos \alpha}} \right) \right] \sqrt{R^2 + r^2 - 2Rr \cos \alpha} : \right. \\ &: \left. \sqrt{2 \left[R^2 + r^2 - \sqrt{R^4 + r^4 - 2R^2 r^2 \cos 2\alpha} \cos \left(\frac{\pi}{i} + \arcsin \left(\frac{r \sin \alpha}{\sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos \alpha}} \right) \right) \right]} \right\} - \arcsin \left(\frac{R \sin \alpha}{\sqrt{R^2 + r^2 + 2Rr \cos \alpha}} \right) + \alpha, \\ \chi &= \arctg \left\{ \frac{2R}{r} \times \sin \left[\frac{\theta}{4} - \frac{1}{2} \arcsin \left[\frac{\sin \delta \left(\left(R + \frac{r \sin(\delta - \alpha)}{\sin \delta} \right) \cos \delta - \sqrt{R^2 - \left(R + \frac{r \sin(\delta - \alpha)}{\sin \delta} \right)^2 \sin^2 \delta} \right)}{R} \right] \right] \right\}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\chi = \arctg \left\{ \frac{2R}{r} \times \sin \left[\frac{\theta}{4} - \frac{1}{2} \arcsin \left[\frac{\sin \delta \left(\left(R + \frac{r \sin(\delta - \alpha)}{\sin \delta} \right) \cos \delta - \sqrt{R^2 - \left(R + \frac{r \sin(\delta - \alpha)}{\sin \delta} \right)^2 \sin^2 \delta} \right)}{R} \right] \right] \right\}, \quad (4)$$

Таким чином, рівняння (2) та залежності (3) й (4), що виражають співвідношення між кутами δ і χ та параметрами виконавчого органу дають змогу моделювати та досліджувати форми зрізів, утворюваний різцевим інструментом при різних значеннях конструктивних та кінематичних параметрів планетарно-торових виконавчих органів породоруйнівальних машин.

Література.

1. Довгаль Д. О. Геометричне моделювання процесу руйнування гірничого масиву планетарно-торовими виконавчими органами гірничих машин: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.01.01/ДонНТУ. – Донецьк, 2012. – 19 с.
2. Довгаль Д. О. Узагальнена геометрична модель бурового виконавчого органу гірничо-прохідницьких машин. Прогресивні технології і системи машинобудування: міжн. зб. Наук. праць. Донецьк, 2014. Вип. 1(47). С. 118-127.

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ЗАСОБОМ. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

Доцент Крівда В.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Штучний інтелект (ШІ) – це область інформатики, в якій ефективно моделюються інтелектуальні процеси мозку, на відміну від психології, нейрофізіології та біохімії, метою яких є вивчення мозку як такого, а також процесів, що відбуваються в ньому.

Потреба в існуючих системах ШІ та розробці нових визначається наступним:

1. Вимоги до роботи ЕОМ п'ятого (поточного) і наступних поколінь: зручність використання ЕОМ за рахунок реалізації голосової системи введення / виведення інформації; діалогова обробка інформації з використанням природних мов; можливість навчання, асоціативних побудов і логічних висновків; створення програмних засобів шляхом автоматизації синтезу програм за специфікаціями вихідних вимог природними мовами; висока адаптивність до застосувань і надійність в експлуатації; тощо.

2. Високий рівень автоматизації сучасного виробництва при великій кількості різних типів обладнання, нечіткість, неповнота і невизначеність великих обсягів оперативної інформації та інші фактори, що характеризують складні системи.

3. Обмеженість людських ресурсів або автономна робота обладнання.

4. Вирішення складних завдань, де традиційні методи неефективні або їх використання взагалі неможливо (прогностичні завдання, розпізнавання і персоналізація і т. д.).

5. Сучасні наукові дослідження в таких сферах, як когнітивна психологія, програмування емоцій, рефлексивне програмування та ін.

З 2-тисячних років відбувся якісний прорив у машинному навчанні, який став Великим вибухом для штучного інтелекту. І сьогодні багатонейронні мережі допомагають нам фільтрувати і знаходити інформацію в інтернеті, обробляти фотографії, перекладати тексти. Однією з областей, де ШІ відкриває нові захоплюючі можливості, є автотранспорт.

Як штучні нейронні мережі змінять майбутнє вашого автомобіля?

Тема безпілотних апаратів надактуальна, і навколо них піднявся не менший ажітаж, ніж в ХІХ - початку ХХ століття – навколо «безкіннних возів». Спільнота сподівається на появу автомобіля, що здатний самостійно пересуватися у транспортному потоці. Але є і побоювання, що збільшиться кількість нещасних випадків, в тому числі і смертельних.

Безпілотні апарати активно розробляються впродовж останнього десятиліття, а подекуди навіть використовуються в тестовому режимі. До їх створення приєдналися гіганти автомобілебудування: BMW, Nissan, Honda, General Motors, Volkswagen, Audi, BMW і Volvo - і нові гравці на авторинку: Google, Tesla і безліч більш дрібних компаній. До масових продажів безпілотних автомобілів справа поки не дійшла. Автопілоти досягають прогресу, але вони все

ще прагнуть досконалості. Тож, принаймні в найближчі п'ять-десять років штучний інтелект навряд чи зможе замінити, або хоча б потіснити досвідченого водія.

Технічна реалізація «штучного водія» - не єдине завдання. Нейронним мережам в автомобілі доведеться подбати не тільки про дотримання швидкісного режиму, відключення на потрібних перехрестях і успішне паркування [1].

Безпека водіння

Вже сьогодні розумна електроніка здатна прокласти маршрут з урахуванням автозаторів і погодних умов, а також запропонувати альтернативні способи дістатися з точки А в точку Б. Навігатор покаже дорогу на дисплеї і підкаже голосом, де зробити поворот або знизити швидкість. Завдяки навігаційним програмам паперові атласи доріг і величезні карти міст стають рідкістю. Навігатор зручний у використанні, а також він допомагає зробити поїздку безпечною. Адже водієві не потрібно відволікатися, щоб перевірити карту незнайомого міста, або шукати на перехрестях знаки з назвами вулиць, щоб переконатися, що він не пропустив потрібний поворот.

За статистикою, понад 50% аварій на дорогах трапляється через те, що водій був неуважний або відволікався. Нейронні мережі автомобіля позбавлять водія необхідності виконувати дії, які відривають його від керування автомобілем. Наприклад, вони зможуть допомогти керувати маршрутом поїздки за допомогою голосової команди.

Але аварії трапляються навіть тоді, коли водій уважний і дотримується правил – на дорогах занадто багато факторів, що провокують аварійну ситуацію. В таких умовах зайва пара очей - або відеокамери - не завадять. Нейронна мережа, яка обробляє інформацію з камер автомобіля, зможе попереджати водія про пішоходів або інших автомобілях, що знаходяться в небезпечній близькості [1-3]. Цілком можливо, що в майбутньому нейронні мережі багатьох автомобілів і камери дорожнього руху зможуть обмінюватися даними через інтернет, і тоді ми отримаємо попередження про неадекватного водія задовго до того, як він з'явиться у безпосередній близькості.

Деякі виробники вже намагаються розробити ШІ, який працює із зображенням камери, спрямованої на водія. Така нейронна мережа буде знати власника в обличчя і не дозволить незнайомій людині сісти за кермо. Крім того, по міміці нейронна мережа зможе визначити, що людина втомила або ось-ось дрімає - і вчасно подасть сигнал. А якщо аварії не уникнути, то по положенню голови розрахує, які подушки безпеки потрібно вмикнути – це допоможе уникнути травм.

Ще одна область застосування нейронних мереж в автомобілі – контроль над внутрішніми системами.

ШІ, підключений до датчиків і систем автомобіля, може виявити потенційні несправності задовго до того, як вони стануть реальними проблемами. Адже набагато дешевше пройти технічне обслуговування, ніж ремонтувати або замінювати деталі. Нейронна мережа зможе складати графіки профілактики, підказувати адресу найближчої автомайстерні і стежити за технічним обслуговуванням [3-5]. Журнали моніторингу всіх систем



Рисунок 1 – Водіння III

допоможуть механікам зрозуміти, що і з якої причини вийшло з ладу або знаходиться на межі виходу з ладу, а автовиробникам буде надано можливість підвищити якість комплектуючих і запчастин.

Майбутнє стає реальністю сьогодення. Нікого не здивуєш розумним навігатором, який прокладає найзручніший маршрут. Через кілька років легкові автомобілі на основі штучного інтелекту, безпілотні вантажівки, автобуси та таксі стануть звичним явищем, а наші подорожі будуть безпечнішими, легшими та комфортнішими, ніж будь-коли раніше.

В автомобілебудуванні сьогодні створено всі передумови для якісного прориву в області застосування штучного інтелекту. Йдеться про інтелектуальні системи допомоги на дорозі, або ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Наприклад, в Ізраїлі компанія Mobileye розробила програмно-апаратний комплекс. Його завдання - розпізнавати потенційно небезпечні ситуації на дорозі, попереджати про них водія і стежити за збереженням безпечної дистанції. Також і вітчизняний ринок є конкурентноспроможним. Українська компанія Luxoft випустила когнітивну технологію Automotive, яка багато в чому випереджає досягнення Mobileye. Безпосередньо в Києві українські програмісти розробляють найновітніші технології під загальною назвою Connected Mobility. Дана технологія відповідає за створення і реалізацію алгоритмів безпечного пересування, в тому числі і в екстремальних ситуаціях. Технології ADAS - це майбутнє автомобільної промисловості [4-6].

Звичайно, в розвитку штучного інтелекту є не тільки незаперечні переваги і переваги, але і серйозні ризики. У березні в США сталася смертельна аварія - водій автомобіля Tesla Model X, за кермом якого в момент трагедії перебував автопілот. Примітно, що саме глава Tesla Ілон Маск назвав штучний інтелект "найбільшим ризиком, з яким ми стикаємося, як цивілізація". Проте, головна небезпека – не збої, які неминучі в будь-якій техніці, а питання управління штучним інтелектом. Однак, у людей завжди є можливість керування, так звана «червона кнопка» – можливість відключення живлення штучного інтелекту.

Література.

1. Штучний інтелект. Теорія і застій. - Луганськ: Від-во СНУ ім. З. Даль, 2006. – 242 с.
2. Шодрон Л., Мейл Н. 1-й Одерський логічний формальний аналіз концепцій: від логічного програмування до теорії/ Зв'язування електронних артикулів в комп'ютерних та інформаційних науках. Том 3. 1998. Ні. 13. <http://www.ep. Liu.se/ea/cis/1998/013/>
3. <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3606901-honda-rozroblae-tehnologiu-avtonomnogo-keruvanna-avtomobilem-zi-stucnim-intelektom.html>
4. Ganter, B. Algorithmen zur formalen Begriffsanalyse. В: Гантер Б. & Вілле Р. & Вольф К.Е. (ред.). Beitrage zur Begriffsanalyse. Mannheim/Wien/ Zurich, BIWissenschaftsverlag. – 1987. - P. 241-254.
5. <https://www.philips.ua/c-e/au/car-lights/automotive-articles/technology/artificial-intelligence-the-augmented-motorist.html>
6. <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/09/26/652001/>

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРОХОТУ ГІ 0,6

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

Грохот ГІ 0,6 (рисунок) – це пристрій для розділення сипкого матеріалу за крупністю. Процес класифікації зернистих матеріалів в даній конструкції відбувається при похилому розташуванні сита та вібрації з круговими коливаннями які утворюються одним вібраційним приводом.

Перевагами грохоту типу ГІ (грохот інерційний) є висока ефективність класифікації й продуктивність при відносно простій конструкції. В грохоті може бути реалізований широкий спектр параметрів частоти коливань та амплітуди, відповідно до параметрів вібраційного приводу. Так як сито на грохоті ГІ 0,6 розташоване під кутом від 10 до 20 градусів то звичайної кругової вібрації буде достатньо для збудження руху матеріалу по ситі. Принцип дії грохотів типу ГІ полягає у похилому напрямку дії рушійної сили викликаній обертанням дебалансів вібраційного приводу. Кріплення та розташування валів дебалансів спонукає зернистий матеріал рухатися в потрібному напрямку невеликими перескоками.

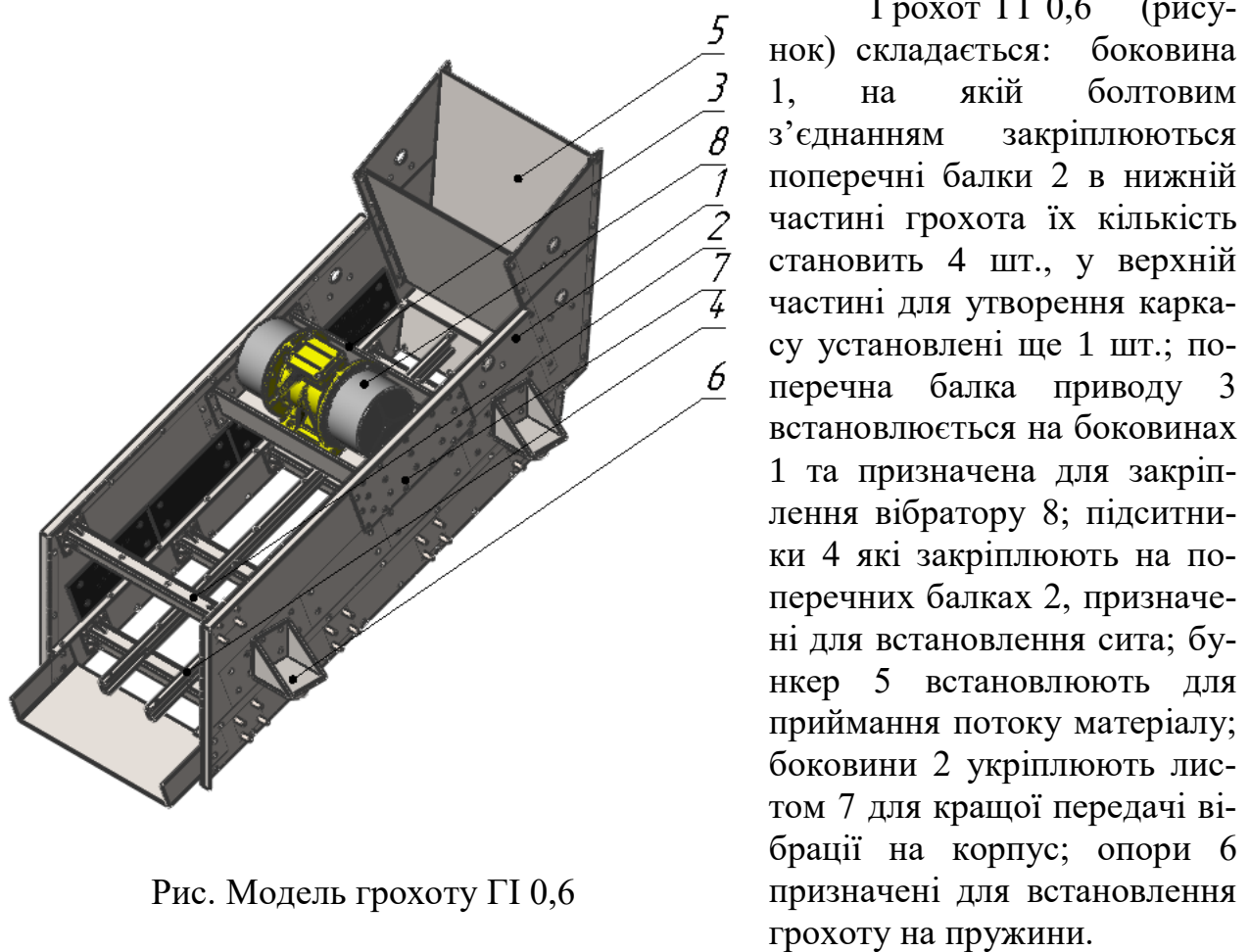


Рис. Модель грохоту ГІ 0,6

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані технологічні та конструктивні параметри грохоту, обґрунтовані параметри приводу.

ДО ПИТАННЯ ТЕПЛОВОГО РОЗШИРЕННЯ ВІБРОТРАНСПОРТЕРА СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Професор Франчук В.П., доцент Федоскін В.О., асистент Єрісов М.М.
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
Хаддад Дж.С.

Аль-Балка Прикладний університет, м. Амман, Йорданія

Сушіння матеріалів використовується практично у всіх галузях промисловості, існує значна кількість типів сушильних установок з горизонтально розташованою сушильною камерою [1], в якій здійснюється подача теплоносія до потоку матеріалу, що рухається.

У НТУ «Дніпровська політехніка» створено установку з вібротранспортером горизонтального типу та робочою поверхнею, виконаною у вигляді жалюзі [2].

Вібротранспортер (рис.1) включає опорну раму 1, пружні елементи 2, раму 3, що коливається, робочу камеру 4, вібророзбудник 5.

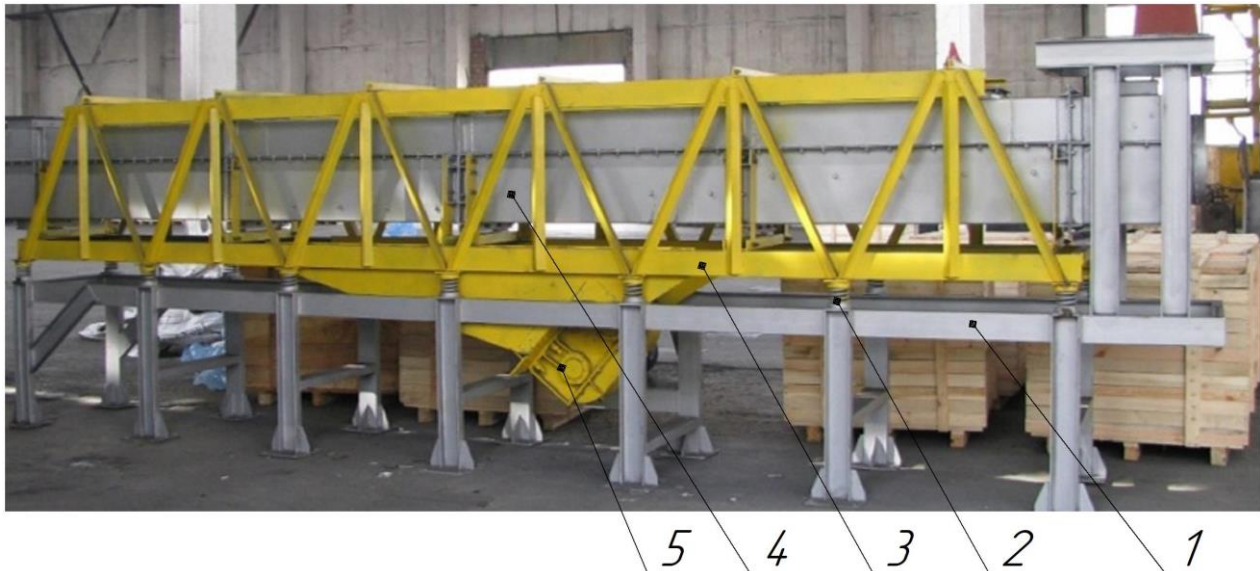


Рис. 1

Протяжність вібротранспортера може досягати більше 10м, температура теплоносія перевищувати 500°C . Експлуатація транспортера завдовжки 6м і температурою теплоносія більше 400°C показала наявність суттєвого зміщення 6 завантажувального і розвантажувального 7 патрубків, що призводить до неспіввісності елементів стикового вузла, яке може досягати десятки міліметрів. Крім цього з'являється відносне зміщення точок кріплення компенсаційних ресор 8, що призводить до їх згинання і відповідно згинання і можливого руйнування робочої камери.

Ці недоліки були усунуті в модернізованому експериментальному зразку віброконвєсера, конструктивна схема якого представлена на рис.2.

Віброосушарка складається з ряду модулів 1, встановлених на єдину несучу раму 6, і жорстко пов'язаних між собою. Кожен модуль має дві робочі камери 2,

3, з'єднані рухомо між собою з можливістю взаємного позовжнього переміщення.

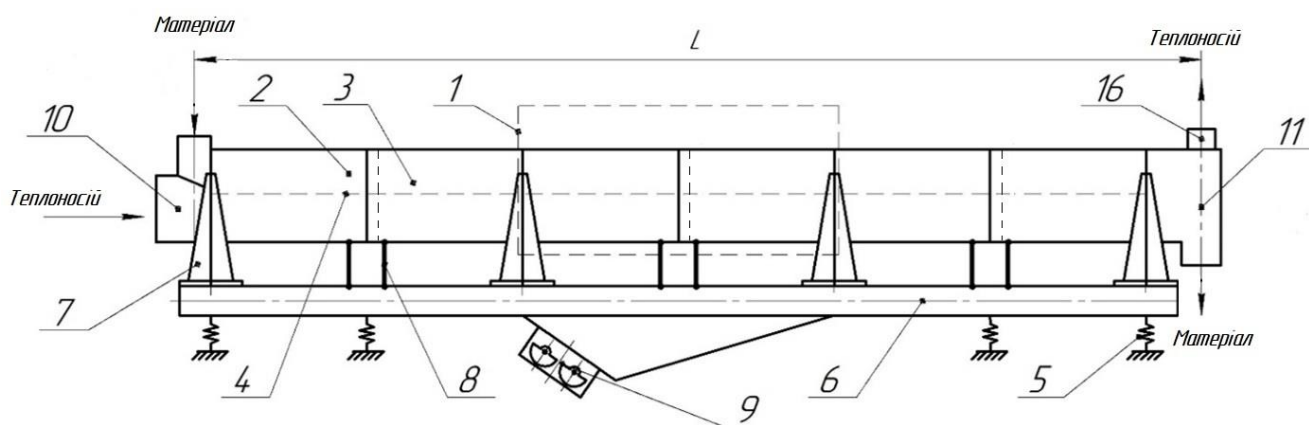


Рис. 2

По краях робочі камери жорстко закріплені на несучій рамі 6 за допомогою кронштейнів 7, а в середній частині компенсуючими ресорами 8. На крайніх кронштейнах жорстко закріплені завантажувальний 10 і розвантажувальний 11 стикувальні вузли. Вібрація передається на робочу камеру 6 за допомогою вібробудника 9. При такому конструктивному виконанні модуля 1 робочі камери 2; 3, розширюючись під впливом температури, мають зустрічне зміщення входячи один в одного, що зберігає незмінну відстань між кронштейнами 7. Це дозволяє також зберігати (при температурному розширенні) незмінну відстань (L) між віссю завантажувального 10 і розвантажувального 11 вузлів, навіть при необмеженій кількості модулів. Перебуваючи на близькій відстані від кріплення робочих коробів до кронштейнів 7, ресори 8 деформуються на незначну величину. Випробування модернізованого експериментального зразка вібротранспортера показали: температура теплоносія не призводить до зміщення з'єднувальних вузлів вібраційної сушарки, відносно зміщення робочих камер не змінює режим транспортування та сушіння матеріалу, можливе створення вібротранспортера необмеженої довжини.

Література.

- 1 Гончаревич И.Ф., Фролов К.В. Теория вибрационной техники и технологии.-М.: Наука, 1981.-320 с.
2. Патент на винахід 69063С2 Україна, МПК F26В 17/10, F26В 17/26 Вібраційна сушарка/ В.О. Федоскін, В.П.Франчук, В.В. Плахотнік, В.Г. Кузнецов, Д.С. Хаддад; опубл.15.12.2006, Бюл. № 12.

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО КЕРУВАННЯ СТАНОМ ГЕОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ШАХТНОГО ПІДЙОМУ

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

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

Функціонування систем шахтного підйому тривалий час в складних умовах при наявності факторів невизначеності характеризується відповідними видами ризиків. До технологічної групи належать фактори, які є зовнішніми по відношенню до стовбура і його обладнання. Ці фактори визначають ступінь ризику втрати стійкості колостовбурного масиву при його тривалій експлуатації. До технічної групи належать внутрішні ризикутворюючі фактори по відношенню до стовбура і його обладнання. До еволюційної групи факторів насамперед відноситься водоприток в стовбурі, який є гірничо-геологічними зовнішнім ризикутворюючим фактором [1, 2].

Геометрична аномалія армування по глибині стовбура утворюється в силу змін геометричних параметрах профілів провідників, по яких рухаються підйомні посудини. Кінематична аномалія обумовлена наслідками «ривків» підйомної посудини на робочій швидкості, особливо при спрацьовуванні запобіжного гальма, при яких виникають сильні горизонтальні удари посудини по провідникам. Фізико-механічна аномалія викликана зниженням залишкової міцності елементів армування - провідників і розпорів. Динамічна аномалія навантаження армування по глибині стовбура характеризується контактними навантаженнями на провідники і динамічними запасами міцності провідників і розстрілів. Результатом суперпозиції геометричній і динамічній аномалій є аномалія розподілу залишкових запасів міцності провідників і розстрілів по глибині стовбура під дією фактичних експлуатаційних навантажень при конкретній швидкості та завантаженні підйомної посудини (міцнісна аномалія). В результаті дії всіх перерахованих факторів виникає деформаційна аномалія армування, яка характеризується наднормативними прогинами її елементів.

За останні роки в багатьох країнах світу головним механізмом вирішення проблем забезпечення професійної та промислової безпеки є система, що побудована на основі оцінки та керування ризиками. В системі шахтного підйому ризик-орієнтований підхід передбачає перехід від реактивного принципу управління до проактивного, тобто від компенсації завданої шкоди до профілактики виробничого травматизму та аварій в шахтних стовбурах при одночасній інтенсифікації функціонування підйому. Потенційні ресурси для реалізації таких цілей: підвищення швидкості підйому для збільшення обсягу видачі на поверхню корисних копалин, зниження зносу обладнання та армування для збільшення терміну їх служби, зниження ризиків аварій для зменшення простоїв та витрат на ремонтні роботи та ліквідацію наслідків аварій. Це забезпечується шляхом реалізації двох напрямів: модернізація вузлів підйомного обладнання, що радикально підвищують експлуатаційні властивості шахтних підйомних установок і розвиток методів і засобів моніторингу та управління експлуатаційним станом діючих систем.

Модернізація підйомних установок шляхом переходу на машини зі здвоєними шківками тертя і гумотросовими головними та врівноважуючими канатами дозволяє підвищити їх вантажопідйомність, надійність, продуктивність та безпеку, знизити енергоємність при експлуатації. Гумовотросові тягові канати за своїми характеристиками і довговічністю значно перевершують сталеві канати, що традиційно застосовуються, і можуть з успіхом замінити їх при реконструкції або створенні нових підйомних установок [3, 4].

Другий напрямок передбачає створення та впровадження систем моніторингу глибоких стволів, що передбачає розробку та застосування комплексу методів, що забезпечують отримання, обробку та аналіз інформації про стан обладнання підйому. Цілі системи моніторингу обладнання шахтного підйому:

- зниження ризиків спонтанного виникнення аварій внаслідок неконтрольованого накопичення деградаційних пошкоджень обладнання в шахтних стовбурах при роботі на проектних швидкостях;
- розробка допустимих рівнів експлуатаційних параметрів систем «посудина-армування», які тривалий час працюють у деформованих стволах з порушеною геометрією;
- суттєве підвищення рівня промислової безпеки експлуатації шахтних підйомних комплексів в складних гірничо-геологічних та гірничотехнічних умовах.

У системі моніторингу та управління ризиками основою є апаратний контроль динамічного стану та параметрів міцності систем «підйомна посудина-армування», який відображає в сукупності стан практично всіх елементів стовбура [1]. Управління ризиками здійснюється через систему розроблених на підставі даних моніторингу рекомендацій щодо проведення організаційних та технічних заходів на підприємстві [5, 6].

Література

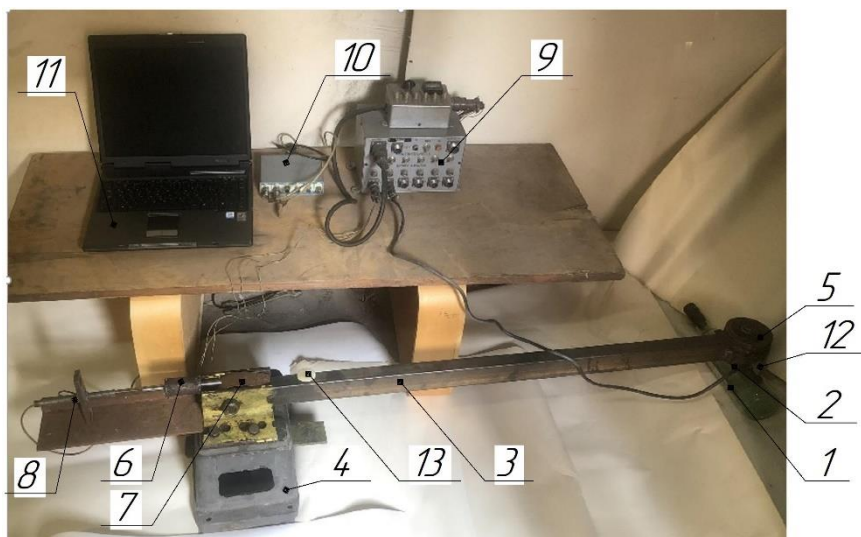
1. Ильин, С.Р. Механика шахтного подъема: моногр. / С.Р. Ильин, И.С. Ильина, В.И. Самуся, В.Е. Кириченко - Д.: Национальный горный университет, 2015. – 302 с.
2. Ильин, С.Р. Рискообразующие процессы при работе шахтных подъемных установок / Ильин С.Р., Радченко В.К., Адорская Л.Г., // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / НАН Украины ИГТМ. – Днепропетровск, 2017. – № 134. – С. 22-33.
3. Ильин, С.Р. Концепция системы мониторинга при эксплуатации глубоких стволов шахт и рудников Украины /С.Р. Ильин, Л.Г. Адорская, В.К. Радченко // Геотехническая механика. Межвед. Сб-к. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепр, 2018. - Вып. 143, - С. 15-22.
4. 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.
5. 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.
6. 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.

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛУ ПРИ УДАРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Доцент Федоскіна О.В., асистент Єрісов М.М.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Принцип дезінтеграції матеріалів за допомогою ударного навантаження закладений в основну конструктивну схему вібраційної шокової дробарки, що представляє в загальному вигляді коливальну систему, в якій шокам рухомо зчленованим з корпусом за допомогою пружних елементів, повідомляються коливання з частотою порядку 16...32 Гц [1]. Високочастотний ударний характер навантаження матеріалу дозволив знизити енергоспоживання та металоємність установки, підвищити рівень дроблення. Однак вибір параметрів навантаження є складним завданням внаслідок великої кількості факторів, що визначають процес дезінтеграції. Незважаючи на ряд теоретичних робіт, є важливим завдання отримання вихідних експериментальних даних на спеціалізованому устаткуванні.



Створений у НТУ «ДП» випробувальний стенд дозволяє проводити ударне навантаження матеріалу різної форми (Рис. 1), від дрібнозернистого до шматкового між двома площинами (1 і 2). Удар забезпечується маятником 3, шарнірно закріпленим в корпусі 4. Величина необхідної

потенційної та кінетичної енергії змінюється за допомогою закріплюваного на вільному кінці маятника вантажу 5. Висота підйому вантажу визначається вимірювальною системою, що містить жорстко пов'язану з віссю підвісу маятника 6 механізм, виконаний у вигляді циліндра, всередині якого розміщені поршень та притискна пружина. Закріплений на поршні шток одним торцем контактує з криволінійною планкою 7, а другим пов'язаний з датчиком переміщення 8 сигнал від якого проходить через вібровимірювальну апаратуру 9, осцилограф 10 і реєструється на екрані ноутбука 11. У стенді використовуються датчик прискорення 12 для дослідження руху маятника у вертикальній площині датчик горизонтального положення маятника 13.

Література.

1. Федоскин В.А. Динамика и разработка методов расчета измельчительных машин виброударного действия: Автореф. дис. канд. техн. наук – Тбилиси, 1982. – 24 с.

КІНЕМАТИКА РУХУ КУЛІ ТА СЕРДЕЧНИКА ПІД ЧАС ПРОНИКНЕННЯ В ПЕРЕШКОДУ

Доцент Федоряченко С.О., студент Гаркавенко Д.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Питання особистої безпеки було, є і залишається актуальним не лише під час військових дій, а й за масових заворушень, здійснення інкасаторської чи охоронної діяльності. Для забезпечення певного рівня захисту використовують куленепробивні жилети виготовлені з різних балістичних матеріалів. Основним показником яких є стійкість захисної структури до впливу засобів ураження [1].

При аналізі взаємодії жорсткого сердечника з перешкодою умови його функціонування розрізняємо за такими основними ознаками:

- маса та форма головної частини сердечника;
- кут та швидкість зустрічі з перешкодою;
- співвідношення властивостей міцності сердечника і перешкоди;
- співвідношення товщин перешкоди та діаметра сердечника;
- вид контурного закріплення плити перешкоди.

Інтегральний величиною, що враховує масу сердечника і форму його головної частини, може бути аналог балістичного коефіцієнта:

$$C_c = \frac{i_c \cdot d_c^2}{q_c},$$

де i_c , d_c , m_c – відповідно коефіцієнт форми, діаметр та маса сердечника.

З аналізу умов гідродинамічної подібності випливає, що коефіцієнт форми сердечника i_c також залежить від безрозмірних геометричних: відносної висоти головної частини h_{1c}/d_c та відносного радіусу кривизни R_c/d_c або головної частини сердечника β_c , тобто:

$$i_c = f\left(\frac{h_{1c}}{d_{1c}}, \frac{R_{1c}}{d_{1c}}, \beta_c\right).$$

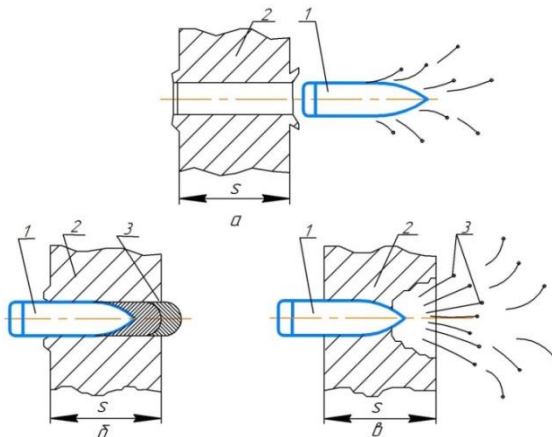


Рисунок 1 – Кінематика пробиття броні: а) прокол, б) вибивання «пробки», в) з утворенням тильного сколу; 1– куля; 2 – броня; 3 – уламки.

В даній роботі було визначено, що на першій стадії швидкість руху сердечника залишається приблизно відповідною до швидкості зустрічі з

перешкодою, у момент проникнення сердечника в перешкоду відбувається монотонне зниження швидкості [2].

Дослідження процесу проникнення в сталеву перешкоду виконувалось в програмному забезпеченні Ansys Mechanical – інженерний інструмент для вирішення широкого спектру задач механіки деформованого тіла з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, пластичності та контактної взаємодії.

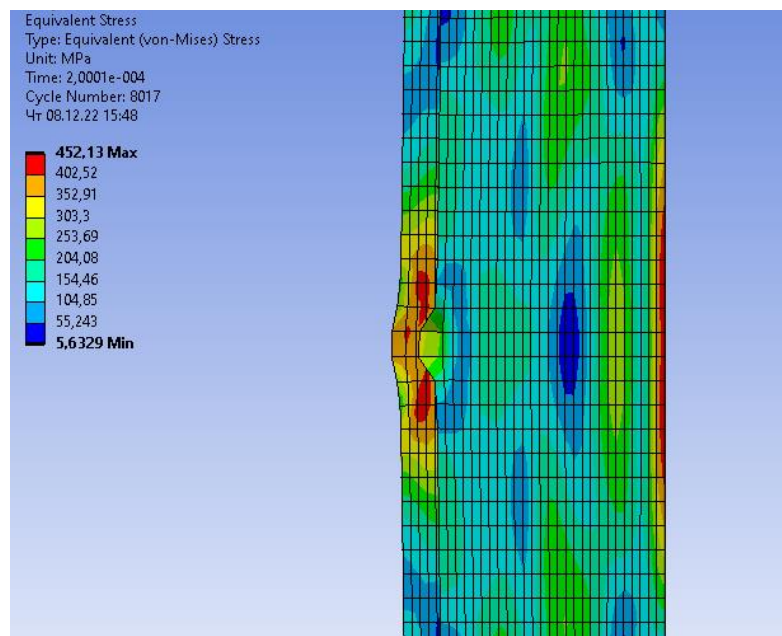


Рисунок 2 – Результат моделювання процесу проникнення сердечника в перешкоду

Висновки. Виконуючи розрахунок механічної деформації сталевій плиті, в програмному забезпеченні Ansys Mechanical, під впливом проникнення кулі методом скінченних елементів, було визначено, що деформація плити знаходиться в межах допустимих значень (до 2,5 мм) для збереження життя людини.

Для отримання необхідного рівня механічних властивостей даних марок сталей необхідно, головним чином, виконати термічну обробку для зміни її мікроструктури.

Література.

1. Засоби індивідуального захисту. Посилання на джерело: <https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2020/07/16/662983/>
2. Балістика кулі, характеристика та траєкторія польоту. Посилання на джерело: <https://maroder.com.ua/obzor/klass-zashhityi-bronezhileta-standartyi-gost-i-nato/#:~:text=3%2D%D0%B9.,%D0%BF%D1%83%D0%BB%D0%B8%20%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%20730%20%D0%BC%2F%D1%81>

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ДВОЩОКОВОЇ ДРОБАРНОЇ МАШИНИ

Доцент Мацюк І.М.

НТУ «Дніпровська політехніка»

У статті розглянуто результати дослідження застосування механізмів високих класів у важко навантажених щокочувальних дробарках.

Одним з важливих параметрів цих дробарних машин є кут захоплення матеріалу. Кут захоплення – найбільший кут між щочками, що забезпечує нормальне дроблення і виключає можливість виштовхування куска матеріалу із завантажувального отвору дробарки [1].

В роботі [2] виконано теоретичне дослідження щочкової дробарки (рис. 1) на основі важільного механізму четвертого класу. Метою дослідження був пошук геометричних параметрів механізму дробарки, що забезпечують зміну кута захвату в потрібних межах.

Щочки (рис.1, а) дробарки 3 і 4 рухаються при обертанні приводного кривошипа 1. Щочки і дві трьохпарні ланки 2 і 5 утворюють замкнений чотириланковий контур CDFE, в якому і відбувається дроблення матеріалу 6. Кривошип надає руху ланці 2 і цим забезпечує складний рух щок. Ланки важільного механізму дробарки представили у вигляді відповідних векторів. Векторна інтерпретація ланок механізму дробарки показана на рис. 1, б.

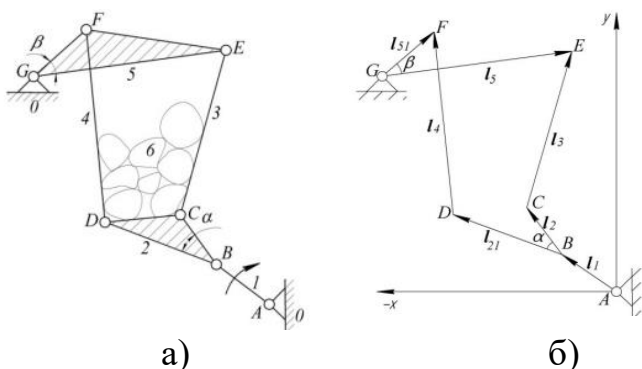


Рис. 1.

На основі системи векторних рівнянь замкненості контурів механізму були отримані відповідні залежності кутів повороту ланок.

Відомо, що для більшості матеріалів при дробленні коефіцієнти тертя знаходяться у діапазоні 0,18-0,24.

Аналіз показав, що кут між ланками змінюється незначно і лежить в межах 22-29°. Але більшість матеріалів для подрібнення мають коефіцієнти тертя, для яких кут захоплення знаходиться у діапазоні 0,18-0,24.

В результаті було отримані геометричні параметри механізму, що забезпечили зміну різниці кутів щок 3 і 4 в межах 18-24°.

Література.

1. Matsyuk, I.N., Shlyahov, E.M., & Yehurnov, O.I. (2019). On applying high-class mechanisms of heavy-loaded machines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 68-73. DOI: 10.29202/nvngu/2019-3/6.
2. Matsyuk, I.N., Shlyahov, E.M., & Yehurnov, O.I. (2018). Some aspects of synthesis of linkage of complex structures. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 57-63. DOI: 10.29202/nvngu/2018-3/14.
3. Шатов С.В. Про застосування механізмів високих класів у дробарних машинах / С.В. Шатов, І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов // *Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2021 (CITEPTMTI'2021)*. Conference Proceedings. (2021) Ukraine, Dnipro: DUT, 381-387 p.p.

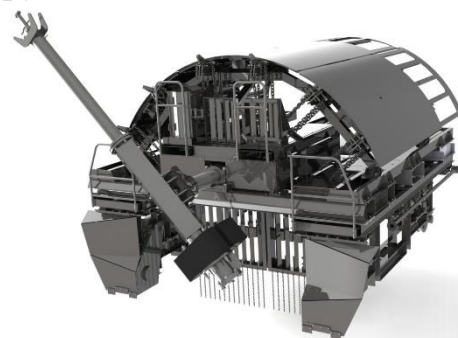
ПРОБЛЕМА РОЗРОБКИ ВІТЧИЗНЯНИХ ТЮБІНГОУКЛАДАЧІВ

Доцент Панченко О.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

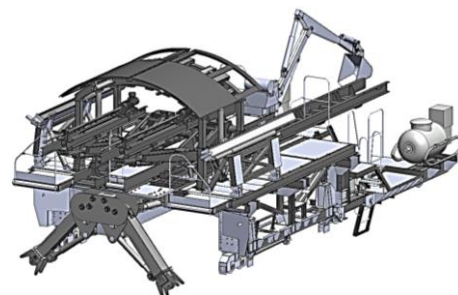
ПАТ «Дніпроважмаш» запропоновано нашому університету обґрунтувати конструкцію та розробити інженерну методику розрахунку параметрів укладачів, призначених для укладання тюбінгів та залізобетонних блоків в умовах проходки гірничих виробок, зокрема для проходки тунелів метрополітену.

Відомо, що при проходці виробок з використанням буровибухового способу застосовують важільні тюбінгоукладачі Бурова машина у вибої рие шпури для закладання вибухівки, яку здійснюють з висувних майданчиків тюбінгоукладача. На час ведення підривних робіт тюбінгоукладач відганяють з вибою, аби захистити обладнання від шматків породи, що розлітаються. Обвалену породу прибирають за допомогою породонавантажувальної машини. Далі починають встановлення у виробленому просторі сегменти чавунних тюбінгів або залізобетонних блоків. Сегменти подають до тюбінгоукладача на візку. Його виконавчий орган опускається до сегмента і з'єднує його захватним пристроєм. Далі кожен сегмент встановлюють по черзі ліворуч і праворуч, починаючи з нижнього лоткового. Аби змонтувати всі елементи конструкції маніпулятор укладача сегментів повинен мати декілька ступенів рухливості, що забезпечує переміщення монтованого елемента в радіальному напрямку поперечного перерізу тунельної виробки, а також у кільцевому і поздовжньому до осі тунелю напрямках. Останнім у просторі тунелю укладають верхній ключовий сегмент з клиноподібними гранями, на який укладач тисне, щоб розширити кільце обробки, після чого за допомогою болтів сегменти з'єднуються один з одним.

Співробітниками кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» виконано аналіз та розроблено кілька конструкцій таких машин. Серед них можна виділити важільні з одним (рис. 1, а) та двома важелями (рис. 1, б), кільцеві на внутрішніх та зовнішніх опорах, касетні, дугові з нерухомою та поворотною дугою, стрілові. Обґрунтовано раціональні параметри прохідницьких комплексів, що дозволяють мінімізувати масу ходової частини; приводу повороту маніпуляторів; напрямних балок, що підтримують елементи обробки при монтажі; пересувній арки; ярусу з висувними майданчиками. Показано також раціональність використання виконавчого органу



а



б

Рис. 1



Рис. 2

укладача з двома маніпуляторами, що забезпечує підвищення його продуктивності у 1,8 рази з розрахунку на один цикл роботи. Для роботи з міцнішими породами розроблено прохідницький агрегат УТМК-1 (рис. 2), в якому на рамі модернізованого тунельного укладача УТМ змонтована стріла з коронкою (ці пристрої також застосовуються в прохідницькому комбайні). Крім того, на стрілі розміщено маніпулятор для укладання тунельного оброблення.

Як показали попередні результати досліджень, механізм маніпулятора укладача марки УТ62, що прийнятий як базова конструкція ПАТ «Дніпроважмаш» і вирізняється найскладнішою конструкцією порівняно з механізмами інших типів тьобінгоукладачів, має підвищену металомісткість і потужність приводів. Це пов'язано з тим, що з одного боку, маса противаги вибрано з міркувань статичної врівноваженості моментів від ваги тьобінгу і ваги противаги. З іншого боку, зварна конструкція важеля, незважаючи на сильно завищену його масу, зроблена не раціональна і в окремих положеннях механізму маніпулятора укладача напруження в деталях перевищують допустимі (рис. 3). Це пов'язано з відсутністю на сьогодні науково обґрунтованої методики визначення раціональних параметрів таких машин. Необхідно зазначити, що розробка такої методики ускладнена тим, що під час роботи напружено-деформований стан деталей і вузлів механізму маніпулятора укладача змінюється в широкому діапазоні [1]. Тому, аналітичні методи, запропоновані в роботі [2 – 3] не дають змоги визначити внутрішні зусилля у вузлах маніпулятора з достатньою точністю. Необхідно використовувати комбінацію сучасних методів комп'ютерного аналізу, що базуються на методі скінченних елементів, що реалізовані в низці обчислювальних комплексах, які дають змогу визначати динамічні та статичні навантаження, що виникають в елементах машин. У зв'язку з цим актуальним є наукове завдання обґрунтувати та верифікувати метод комп'ютерного аналізу напружено-деформованого стану механізму маніпулятора тьобінгоукладача марки УТ62 в процесі роботи.

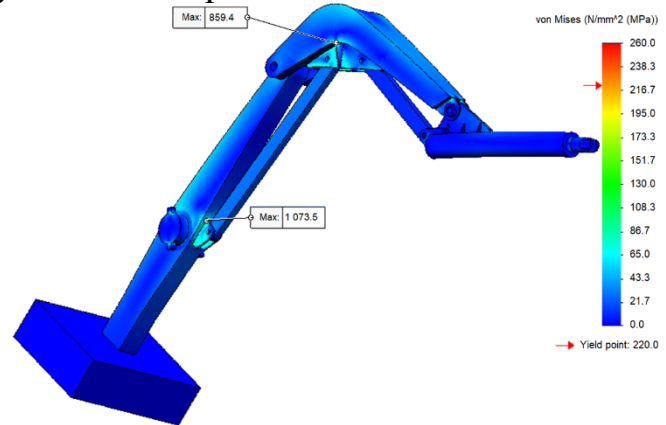


Рис. 3

Література.

1. Zabolotnyi, K., Panchenko, O., Zhupiiiev, O. Modelling of Stress-Strain State of The One Leaver Tunnel Erector. 5 th International Scientific and Technical Internet Conference "Innovative development of resource-saving technologies and sustainable use of natural resources". Book of Abstracts. - Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2022. – P. 230-232.
2. Zabolotny K., Sirchenko A., Zhupiev O. The development of idea of tunnel unit design with the use of morphological analysis. New Developments in Mining Engineering 2015. Teoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. – CRC Press/Balkema, 2015 – P. 205 – 211
3. Zabolotnyi, K., Zhupiiiev, O., Panchenko, O. Substantiation of parameters for the tunnel erector with two manipulators. Advanced Engineering Forum – Switzerland: Trans Tech Publications, 2017. – Vols. 25, 43-53.

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВІДСТАНІ МІЖ ФІЛЬТРОЕЛЕМЕНТОМ ТА КОРПУСОМ ФІЛЬТРУ ВСМОКТУВАЛЬНИХ ЛІНІЙ

Доцент Кухар В.Ю., студент Зіпа К.О.
НТУ «Дніпровська політехніка»

У фільтрах всмоктувальних ліній насосів (надалі – фільтр) метод очищення сітчастого фільтроелементу (далі ФЕ) зворотним потоком води з використанням надлишкового тиску усередині фільтру неможливий через те, що робочий тиск усередині фільтру менший або дорівнює атмосферному. Тому очищення ФЕ у подібних фільтрах виконується за допомогою струминного очищувача, струмені води якого змивають забруднення.

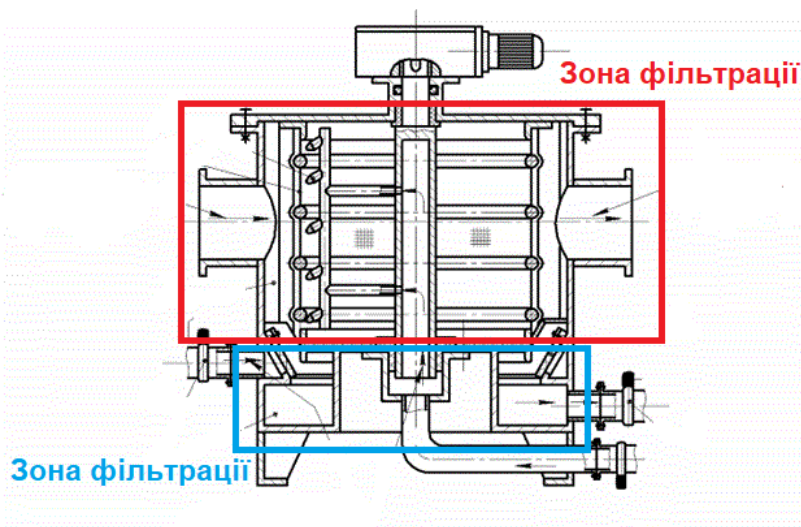


Рис. 1.

Для збору змитих забруднень було запропоноване рішення поділити фільтр на 2 зони – зону фільтрації та зону очистки, які на час промивки фільтру герметизуються одна від одної [1]. На рис. 1 зображена принципова схема такого фільтру.

При проектуванні реальної конструкції фільтру виникли декілька науково-технічних

завдань, одне з яких пов'язане з визначенням раціональної відстані (зазору) між корпусом фільтру та сіткою ФЕ. Значення цієї відстані повинно забезпечувати опускання частинки забруднення з певним розміром від верхньої точки фільтра до початку бункера (висота ФЕ) за час горизонтального руху частинки від вхідного патрубку до сітки ФЕ. Мінімальний розмір частинки забруднення приймається рівним розміру чарунки ФЕ, частинки більшого розміру, які мають більшу гідравлічну крупність, очевидно, гарантовано опустяться до бункера.

При очищення ФЕ змиті струминним очищувачом забруднення знаходяться під одночасним впливом протилежно спрямованих гідродинамічних сил вхідного потоку води у фільтр та струменів води зі струминного очищувача, сили тяжіння та архімедової сили (рис. 2). Для гравітаційного осадження частинки у бункер результуючий силовий вплив на частинку повинен підтримувати її на незначній відстані від ФС. Розгляд цих силових впливів на частинку в залежності від швидкості вхідного потоку води дозволить визначити мінімально допустиму відстань від сітки ФЕ до внутрішньої стінки корпусу фільтру [2].

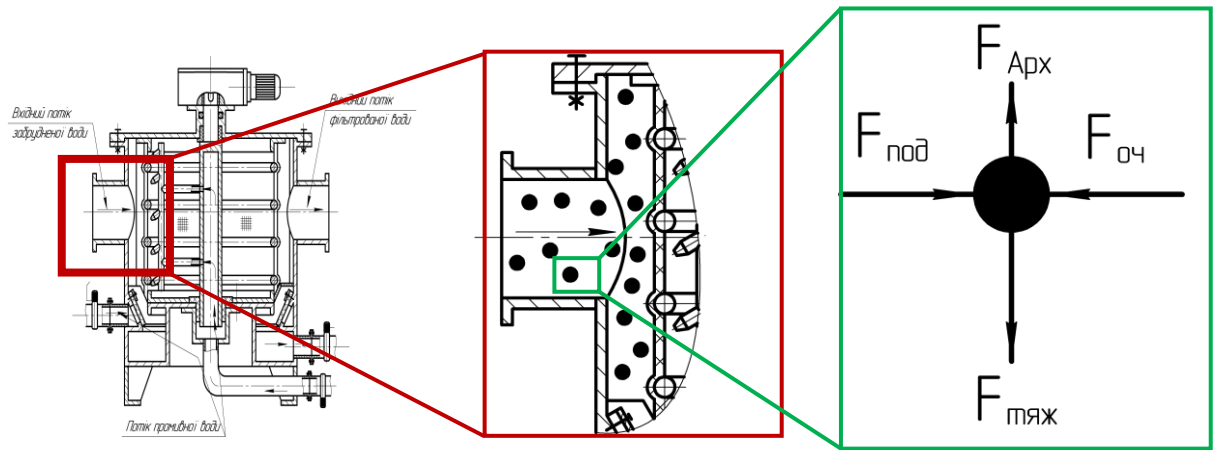


Рис. 2.

Оскільки вертикальні сили не впливають на горизонтальне переміщення, то розглянемо лише горизонтальні сили. Для опускання частинки в бункер під дією гравітації необхідно, щоб результуюча дія всіх горизонтальних сил дорівнювала нулю [3]:

$$F_{очис} + F_{под} = 0 \text{ або після підстановки } Cx * S * \frac{\rho * U^2}{2} = Cx * S * \frac{\rho * V_{под}^2}{2},$$

де Cx – коефіцієнт форми тіла, ρ – густина середовища, кг/м^3 , $V_{под}$ – швидкість потоку, м/с , U – швидкість зануреного потоку очисника, м/с , S – площа поперечного перерізу частинки, м^2 .

Оскільки змінною в цьому рівнянні є лише швидкість потоку, можемо припустити, що шукана відстань це відстань на якій швидкість потоку подачі буде рівнятися швидкості потоку очисника.

Використовуючи зведену формулу швидкості потоку зануреного струменя [4], отримаємо аналітичну залежність для розрахунку відстані між фільтроелементом та корпусом фільтру всмоктувальних ліній:

$$l = \frac{0,48 * U_0 * d * \zeta}{U * a} - 0,145 * d,$$

де a – коефіцієнт турбулентності, d – діаметр чарунки, м , U_0 – осьова швидкість зануреного потоку, м/с , ζ – коефіцієнт опору сітки.

Література.

1. Патент UA 119562 Фільтр всмоктувальних ліній/ В.П.Кузьмінський, Д. В. Кудрявцев, О.В.Овчинникова, В.Ю. Кухар // Реєстр. № а201613228. Дата подання 23.12.2016 Друк. 10.07.2019; Опубліковано 10.07.2019, бюл. № 13.
2. Обґрунтування параметрів фільтрів технічної води для всмоктувальних ліній насосів. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 70): Матеріали міжн. наук. інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна – м. Переворськ, Польща, 22-23 вересня 2022 р.) – Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б. – 191 с.
3. Колчунов В. І. Теоретична та прикладна гідромеханіка: Навч. Посібник. — К.:НАУ, 2004. — 336с.
4. Розробка проекту фільтру технічної води для всмоктувальних ліній. Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали 77-ї студ. наук.-техн. конф. (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – 913 с. стр. 590-592.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГУМОТРОСОВОГО ТЯГОВОГО ОРГАНА ВНАСЛІДОК ЗСУВУ ВІДНОСНО БАРАБАНАУ

Д.т.н., доц. Колосов Д.Л., аспірант Черниш П.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Методика побудована на основі методу лінійної теорії пружності з урахуванням форми гумового прошарку [1-3]. Схема половини повторювальної частини гумової оболонки каната (стрічки) показана на рис. 1.

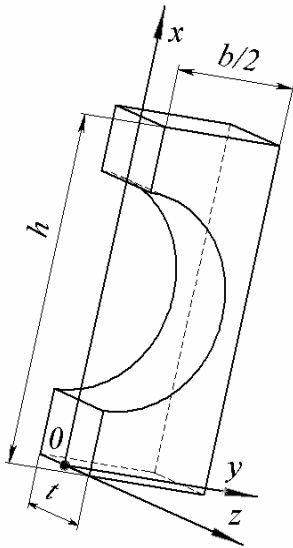


Рис. 1.

В методиці використано метод функції напружень. Функція прийнята у формі, яка враховує показані на рис. 1 особливості форми половини повторювальної частини гумової оболонки каната (стрічки) з тросами діаметром d

$$\varphi = \sum_{n=1}^K \sum_{m=1}^K A_{n,m} \left[ch(C_{n,m}z) + D_{n,m}z sh(C_{n,m}z) \right] \cos(N_n x) \cos(M_m y), \quad (1)$$

$$\text{де } N_n = \frac{(n+1/2)\pi}{h}; \quad M_m = \frac{2(m+1/2)\pi}{b}; \quad C_{n,m} = \pm \sqrt{N_n^2 + M_m^2};$$

$$D_{n,m} = -\frac{1}{\frac{2\mu}{C_{n,m}} + z th(C_{n,m}z)}; \quad K - \text{довільне ціле};$$

$$A_{n,m} = \frac{f(n,m)}{\left[sh\left(C_{n,m} \frac{t}{2}\right) C_{n,m} + D_{n,m} \left(sh\left(C_{n,m} \frac{t}{2}\right) (2\mu - 1) + \frac{t}{2} ch\left(C_{n,m} \frac{t}{2}\right) \right) \right] C_{n,m}};$$

$$f(n,m) = \frac{8 \int_0^h \int_0^{b/2} Z_{z=t/2} \cos(x N_n) \cos(y M_m)}{b h}$$

μ – коефіцієнт Пуассона гуми; $f(n,m) = \frac{8 \int_0^h \int_0^{b/2} Z_{z=t/2} \cos(x N_n) \cos(y M_m)}{b h}$ –

розкладена в ряд Фур'є наступна закономірність розподілу нормальних напружень

$$Z_{z=t/2} = \begin{cases} 1, & \text{коли } y^2 + \left(x - \frac{h}{2}\right)^2 \leq \left(\frac{d}{2}\right)^2 \\ 0, & \text{коли } y^2 + \left(x - \frac{h}{2}\right)^2 > \left(\frac{d}{2}\right)^2 \end{cases}. \quad (2)$$

Прийнятою функцією враховано і характер навантаження. З її використанням визначені наступні показники напружено-деформованого стану половини повторювальної частини гумової оболонки каната (стрічки), розташованої поміж їх суміжними тросами. Переміщення вздовж тросів – осі z

$$u_z = \frac{1}{2G} \sum_{n=0}^K \sum_{m=0}^K A_{n,m} \left(\left[\frac{ch(C_{n,m}z)}{2} + D_{n,m} \left(\frac{ch(C_{n,m}z)}{C_{n,m}} (2\mu - 1) + \frac{z sh(C_{n,m}z)}{2} \right) \right] \times \right. \\ \left. \times C_{n,m}^2 \cos(N_n x) \cos(M_m y) \right), \quad (3)$$

де G – модуль зсуву матеріалу оболонки каната (стрічки).

Напруження в оболонці, у випадку зсуву каната на одиницю, визначаються за виразами

нормальні

$$Z_z = \sum_{n=0}^K \sum_{m=0}^K A_{n,m} \left[sh(C_{n,m}z) + D_{n,m} \left(\frac{sh(C_{n,m}z)(2\mu-1) + z ch(C_{n,m}z)}{C_{n,m}} \right) \right] C_{n,m}^3 \cos(N_n x) \cos(M_m y); \quad (4)$$

дотичні

$$Z_x = \sum_{n=0}^K \sum_{m=0}^K A_{n,m} \left[ch(C_{n,m}z) + D_{n,m} \left(2 \frac{ch(C_{n,m}z)}{C_{n,m}} \mu + z sh(C_{n,m}z) \right) \right] C_{n,m}^2 \sin(N_n x) \cos(M_m y) n. \quad (5)$$

Сила зсуву, передана одиницею довжини дуги контакту каната (стрічки) з барабаном

$$T = 2 \sum_{n=0}^K \sum_{m=0}^K \int_0^{b/2} A_{n,m} \left[ch(C_{n,m}z) + D_{n,m} \left(2 \frac{ch(C_{n,m}z)}{C_{n,m}} \mu + z sh(C_{n,m}z) \right) \right] C_{n,m}^2 \sin(N_n h) \cos(M_m y) n dy. \quad (6)$$

Узагальненою характеристикою розподілу напружень є коефіцієнти концентрації напружень

$$k_\tau = \frac{Z_x}{T}, \quad k_z = \frac{Z_z}{T}. \quad (7)$$

З достатньою для використання точністю можна вважати лінійним розподіл коефіцієнта концентрації напружень від геометричних параметрів гумотросового каната, коли товщина каната перевищує діаметр троса не менш, ніж на 20%. Він становить

$$k_\tau(h, b, d) = 0,324 \frac{h}{d} - 0,945 \frac{b}{d} - 0,003 \frac{b}{d} \cdot \frac{h}{d} + 1,467. \quad (8)$$

Висновки. На основі методу лінійної теорії пружності встановлено показники напружено-деформованого стану половини повторювальної частини гумової оболонки каната (стрічки), розташованої поміж їх суміжними тросами. Їх значення для вибраного перерізу каната (стрічки) мають забезпечити міцність та витривалість еластичного матеріалу оболонки в процесі експлуатації.

Література.

1. Колосов Д.Л. Развитие теории шахтных подъемных установок с головными гумотросовыми канатами / Д.Л. Колосов. – Дис... докт. техн. наук: 05.05.06. – Д.: 2015. – 471 с.
2. Belmas, I., Kogut, P., Kolosov, D., Samusia, V., Onyshchenko, S. Rigidity of elastic shell of rubber-cable belt during displacement of cables relatively to drum // E3S Web of Conf. Volume 109, 2019. International Conference Essays of Mining Science and Practice. Режим доступу: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900005>
3. Design-induced operational changes of stress-strain state in flat rubber-cable tractive element of hoisting and transporting machine / D. L. Kolosov, V. I. Samusia, O. I. Bilous, H. I. Tantsura, S. V. Onyshchenko // Prospects for developing resource-saving technologies in mineral mining and processing : multi-authored monograph. - Petroșani, Romania : UNIVERSITAS Publishing, 2022. - PP. 214-241. DOI: [10.31713/m1108](https://doi.org/10.31713/m1108)

ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ПІДГОТОВКИ У ВІРТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ SOLIDWORKS ПРИ ВИКОНАННІ НАУКОВО–ДОСЛІДНИХ РОБІТ СЛУХАЧІВ МАН УКРАЇНИ

Студентка Захарова Д. Р.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Основна проблема роботи із школярами, полягає у незацікавленості технікою, у зв'язку з цим, швидкій втраті інтересу й концентрації. Це пов'язано з тим, що сучасних дітей цікавлять комп'ютерні технології моделювання, а вивчення технічних об'єктів їх зацікавлює значно менше, тому вирішення даної проблеми є актуальною науковою задачею.

Наша ідея полягає у тому, щоб поєднати, при виконанні науково-дослідних робіт з Малої академії наук (МАН), технічні об'єкти та сучасні технології 3Д-моделювання.

Для цього було розроблено наступний сценарій. Спочатку, під керівництвом школярі вивчали ази створення комп'ютерних моделей у програмному забезпеченні SOLIDWORKS. Потім обирався цікавий технічний об'єкт, методами зворотного інжинірингу визначались його параметри та будувалась комп'ютерна модель (див. рис. 1).

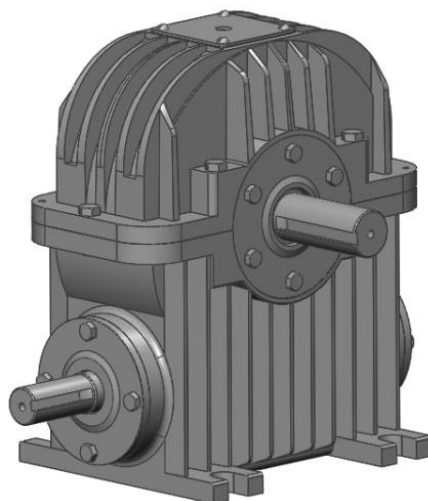


Рис. 1

Враховуючи те, що комплекс SWEE містить програмні доповнення, котрі дозволяють дослідити статичні, кінематичні та динамічні характеристики об'єкту, у тому числі напружено-деформований стан, з його допомогою проводились дослідження – визначалися закономірності між вхідними та вихідними параметрами об'єкту.

Ми назвали такий підхід до організації науково роботи школярами – Концепцією підготовки школярів до виконання науково-дослідних робіт конкурсу-захисту МАН, яка містить у собі вище перераховані етапи. В рамках цього, автором було здійснено наукове керівництво 5 науково-дослідних робіт у відділенні «Технічних наук» конкурсу-захисту МАН 2022 [1-5]. Усі роботи посіли призові місця на Обласному етапі, одна з робіт отримала 3 місце у Всеукраїнському етапі [4].

Під час виконання робіт за цією концепцією, талановита молодь має змогу розвинути ряд навичок, таких як аналіз та збір даних, навички роботи з технічними об'єктами, навички проведення фізичних та комп'ютерних експериментів, навички проведення реінжинірингу технічного об'єкту.

Завдяки цьому проводиться підвищення навичок з наступних дисциплін: креслення – за допомогою вивчення вимог ДСТУ; фізики – з напрямку дослідження дії фізичних сил на технічний об'єкт (див. рис. 2); інформатики – у сфері створення 3Д-моделей [1-2, 4].

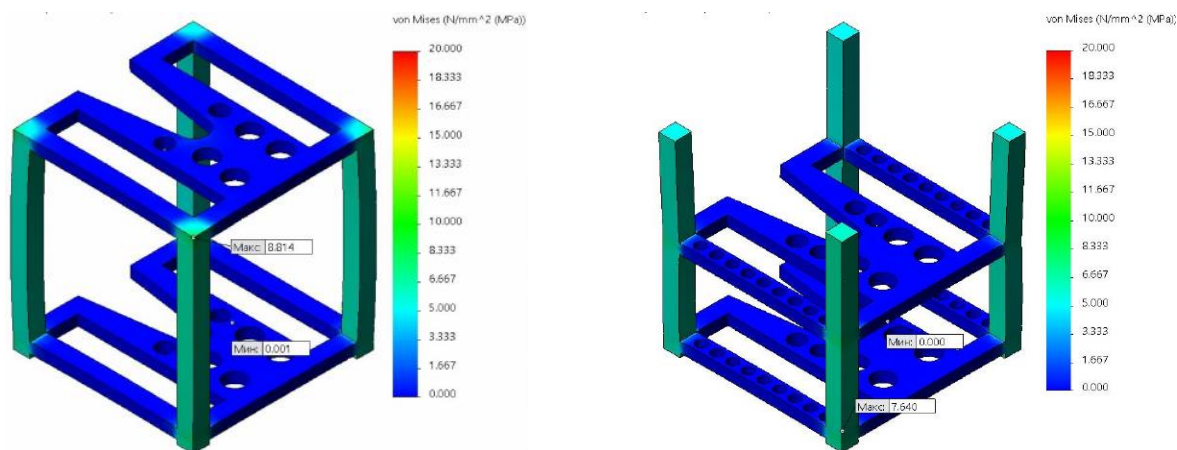


Рис. 2

Як показали результати проведення Обласного етапу конкурсу-захисту МАН, учні виконали гідні науково-дослідні роботи, зайняли призові місця в області та Україні, а найголовніше те, що двоє із них вступили до нашого університету на машинобудівну спеціальність, з дуже високим рейтингом.

Література:

1. Веретільник Д.В. Зворотний інжиніринг свердлильного верстата для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks / Д.В. Веретільник, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 584-586.
2. Зябров А.В. Зворотний інжиніринг гвинтового домкрату для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks / А.В. Зябров, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 593-595.
3. Іващенко Є. О. Розробка розвиваючого завдання з конструювання / Є.О. Іващенко, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 596-598.
4. Кіященко І.Д. Створення лабораторного практикуму «Визначення параметрів черв'ячного редуктора та розробка технічної документації» на основі САПР Solidworks / І.Д. Кіященко, Д.Р. Захарова // Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 599-601.
5. Топчій К.Е. Розробка комп'ютерної моделі рекурсивного лука для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks / К.Е. Топчій, Д.Р. Захарова // Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесять сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – с. 615-617.

ЗВОРОТНИЙ ІНЖИНІРИНГ ВАНТАЖОЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ КЛІЩІВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ НА ОСНОВІ САПР SOLIDWORKS

Учень Ковтун А. С.

КЗ «Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна» КМР

Студентка Захарова Д. Р.

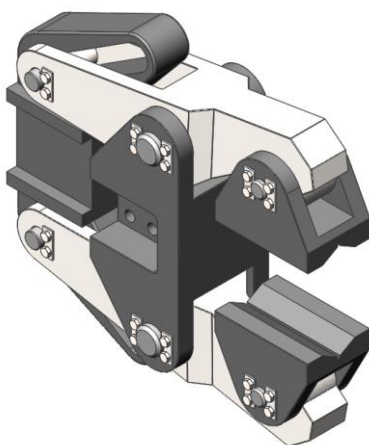
НТУ «Дніпровська політехніка»

З аналізу матеріалів до практичних занять з предметів фізики та інформатики в КЗ «Технічний ліцей імені Анатолія Лигуна» було поставлено актуальну наукову задачу: розробити лабораторний практикум, який має поглиблювати навички учнів з володіння САПР SolidWorks, розширити знання з фізики та оволодіти методом зворотного інжинірингу.

Мета – розробити науково-дослідницьку лабораторну роботу, при виконанні якої учні, в програмному середовищі SolidWorks побудують цифрову 3D-модель механізму, виконають необхідні розрахунки та створять технічну документацію.

Для досягнення мети основна задача роботи має такі етапи: вивчення конструкції вантажозахоплювальних кліщів, їх призначення та принципу роботи; виконання ескізів деталей та вузлів вантажозахоплювальних кліщів, знімання основних розмірів з збирального кресленника; розробка комп'ютерної моделі вантажозахоплювальних кліщів, перевірка її на збирання та наявність конфліктів; проведення комп'ютерного експерименту; розробка технічної документації.

За допомогою програми SolidWorks було створено твердотілу комп'ютерну модель вантажозахоплювальних кліщів, що зображена на рис. 1. Моделювання виконувалося на основі збирального кресленника. Повна кількість деталей 44, з них унікальних – 10, та 109 сполучень.



Общее количество компонентов в Складена	44
деталь:	44
Детали:	44
Уникальные документы детали:	10
Уникальные детали:	10
Узлы сборки:	0
Уникальные узлы сборки:	0
Уникальные документы узлов сборки:	0
Максимальная глубина:	1
Число компонентов верхнего уровня:	44
Решенные компоненты:	44
Решенные документы:	11
Сокращенные компоненты:	0
Погашенные компоненты:	0
Скрытые компоненты:	0
Виртуальные компоненты:	0
Компоненты конверта:	0
Количество тел:	44
Общее количество вычисленных сопряжений:	109
Число сопряжений верхнего уровня:	109
Количество гибких сопряжений узла сборки:	0

Рис. 1

Аналіз конструкції показав, що деталі взаємодіють між собою за допомогою посадок з натягом та із проміжком, деякі з них додатково фіксуються за допомогою заклепок. Це дає змогу забезпечити потрібний рух механізму підймання вантажу та відсутність небажаного ступеню свободи, тобто

відносного переміщення деталей. Даний нюанс було враховано під час побудови тривимірної моделі

Після розробки моделі кліщів було проведено комп'ютерний експеримент, з допомогою якого виведено залежність зміни ширини розкриття губок від зміщення повзуна стосовно крайнього положення зі сталим кроком в 10 мм, що зображена на рис. 2.

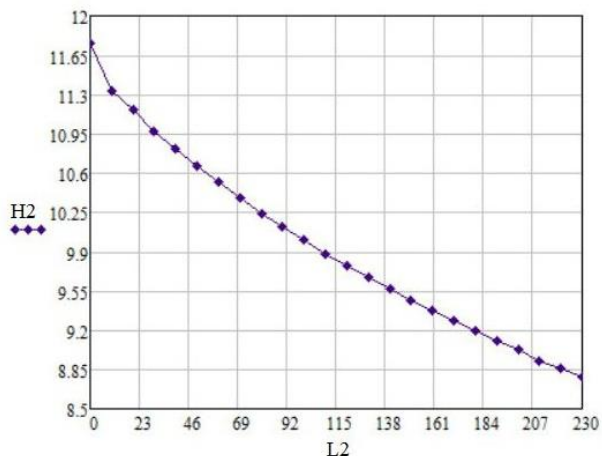


Рис. 2

Графік можна описати ступеневим поліномом:

$$h_2 = 0,0000003l_2^6 - 0,00002l_2^5 + 0,0007l_2^4 - 0,0114l_2^3 + 0,0977l_2^2 - 0,561l_2 + 12,205$$

На основі створеної комп'ютерної моделі була розроблена технічна документація до вантажозахоплювальних кліщів, що зображена на рис. 3.

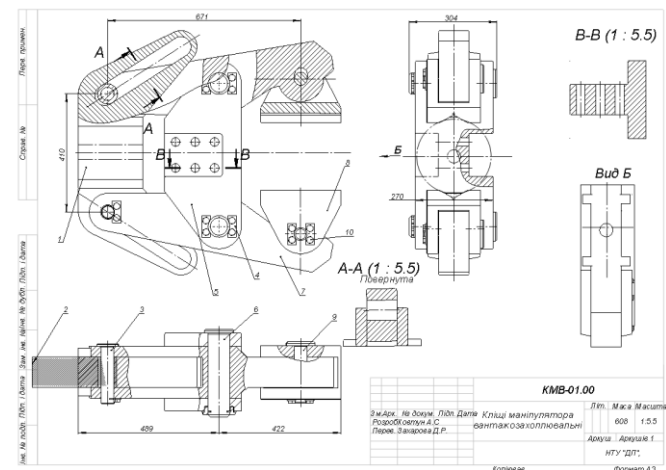


Рис. 3

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати науково-дослідної роботи будуть використані під час розробки курсу лабораторних робіт з фізики, інформатики, технологій для учнів профільних закладів, а також на кафедрі інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» з предметів «Тривимірне комп'ютерне конструювання» та «Основи комп'ютерного інжинірингу».

Література:

1. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. / П.І. Літовченко – Х.: НАНГУ, 2015. – 302 с.
2. SOLIDWORKS 2019 Tutorial. A Step-by-Step Project Based Approach. Utilizing 3D Solid Modeling. David C. Planchard, CSWP,. SOLIDWORKS Accredited Educator.

ЗВОРОТНИЙ ІНЖИНІРИНГ РОМБІЧНОГО ДОМКРАТУ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ НА ОСНОВІ САПР SOLIDWORKS

Учень Малуєв П. А

КЗ «Науковий ліцей імені Анатолія Лигуна» КМР

Студентка Захарова Д. Р.

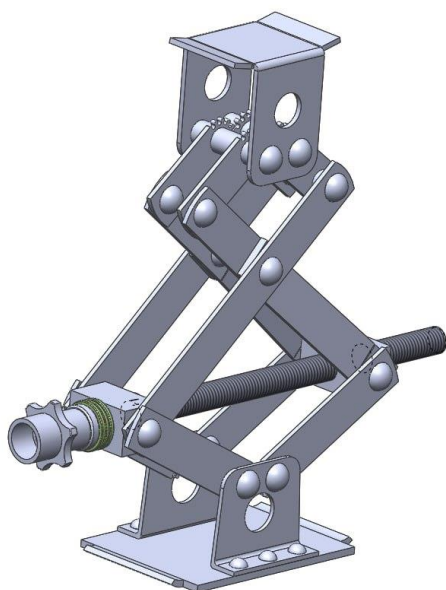
НТУ «Дніпровська політехніка»

З аналізу матеріалів до практичних занять з предметів фізики та інформатики в КЗ «Технічний ліцей імені Анатолія Лигуна» було поставлено актуальну наукову задачу: розробити лабораторний практикум, який має поглиблювати навички учнів з володіння САПР SolidWorks, розширити знання з фізики та оволодіти методом зворотного інжинірингу.

Мета – розробити науково-дослідницьку лабораторну роботу, при виконанні якої учні, визначивши методами зворотного інжинірингу параметри досліджуваного ромбічного домкрата, в програмному середовищі SolidWorks побудують його цифрову 3D-модель, виконають необхідні розрахунки та створять технічну документацію.

Для досягнення мети основна задача роботи має такі етапи: вивчення конструкції ромбічного домкрата, його призначення та принципу роботи; виконання ескізів деталей; розробка комп'ютерної моделі ромбічного домкрата, перевірка її на збирання та наявність конфліктів; проведення комп'ютерного експерименту.

За допомогою програми SolidWorks було створено твердотілу комп'ютерну модель ромбічного домкрата, що зображена на рис. 1. Моделювання виконувалося на основі збирального кресленника. Повна кількість деталей 43, з них унікальних – 30, та 64 сполучень.



	Общее количество компонентов в Сборка1:	43
	Детали:	43
	Уникальные документы детали:	30
	Уникальные детали:	28
	Узлы сборки:	0
	Уникальные узлы сборки:	0
	Уникальные документы узлов сборки:	0
	Максимальная глубина:	1
	Число компонентов верхнего уровня:	43
	Решенные компоненты:	43
	Решенные документы:	29
	Сокращенные компоненты:	0
	Погашенные компоненты:	0
	Скрытые компоненты:	0
	Виртуальные компоненты:	0
	Компоненты конверта:	0
	Количество тел:	44
	Общее количество вычисленных сопряжений:	64
	Число сопряжений верхнего уровня:	64
	Количество гибких сопряжений узла сборки:	0

Рис. 1

Аналіз конструкції показав, що деталі взаємодіють між собою за допомогою посадок з натягом та із проміжком, деякі з них додатково фіксуються

за допомогою заклепок. Це дає змогу забезпечити потрібний рух механізму підймання вантажу та відсутність небажаного ступеню свободи, тобто відносного переміщення деталей. Даний нюанс було враховано під час побудови тривимірної моделі

Після розробки моделі домкрату було проведено комп'ютерний експеримент з визначення залежності між висотою підйому домкрату (H) від кута між середніми стойками, що зображена на рис. 2.

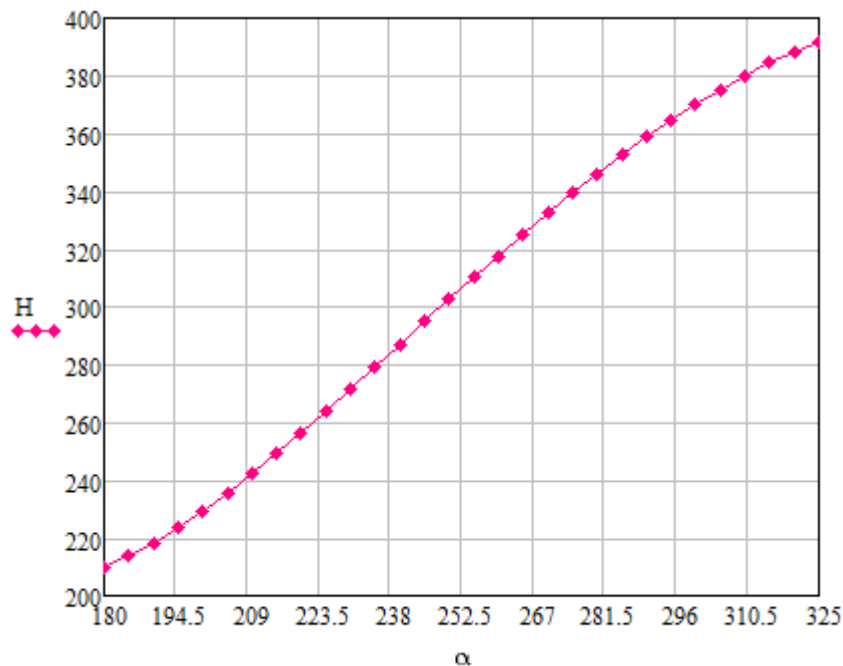


Рис. 2

Графік можна описати ступеневим поліномом:

$$H = 0,0000002\alpha^4 - 0,0002\alpha^3 + 0,105\alpha^2 - 18,78\alpha + 1349,65$$

Завдяки даному лабораторному практикуму можливе вивчення наступних дисциплін: інформатики – з боку створення 3Д моделей, фізики – з боку вивчення фізичних сил, креслення – з боку вивчення вимог ДСТУ.

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати науково-дослідної роботи будуть використані під час розробки курсу лабораторних робіт з фізики, інформатики, технологій для учнів профільних закладів, а також на кафедрі інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» з предметів «Тривимірне комп'ютерне конструювання» та «Основи комп'ютерного інжинірингу».

Література:

1. Літовченко П.І. Деталі машин: навч. посіб. / П.І. Літовченко – Х.: НАНГУ, 2015. – 302 с.
2. Деталі машин : підручник / Мінняло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с.
3. SOLIDWORKS 2019 Tutorial. A Step-by-Step Project Based Approach. Utilizing 3D Solid Modeling. David C. Planchard, CSWP,. SOLIDWORKS Accredited Educator.

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВЕЛИЧИНИ ПІДЙОМУ ГВИНТІВ ДОМКРАТУ НА КОЕФІЦІЄНТ ЗАПАСУ СИЛИ

Студентка Захарова Д.Р., студент Зябров А.В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

Під час написання роботи з конкурсу-захисту МАН [1], було проведено зворотний інжиніринг гвинтового пляшкового домкрату і визначено його основні технічні характеристики. Проте постало питання впливу величини підйому малого та великого гвинта на коефіцієнт запасу сили при згині.

За допомогою програми SolidWorks Simulation було проведено комп'ютерний експеримент з визначення згину домкрату при підйомі малого гвинта, незмінному розміщенні великого гвинта у крайньому нижньому положенні та докладеній силі 2000 Н. Результати, визначені при мінімальній висоті підйому малого гвинта на рис 1 та при максимальній висоті підйому малого гвинта на рис 2

Model name:1
Study name:Buckling 1(По умолчанию)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 30.3
Deformation scale: 7.81098

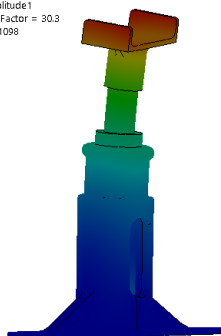


Рис. 1

Model name:1
Study name:Buckling 1(По умолчанию)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 11.928
Deformation scale: 9.48014



Рис. 2

За отриманими значеннями було побудовано графік залежності коефіцієнту запасу сили від висоти підйому малого гвинта, при незмінному розміщенні великого гвинта у крайньому нижньому положенні на рис 3.

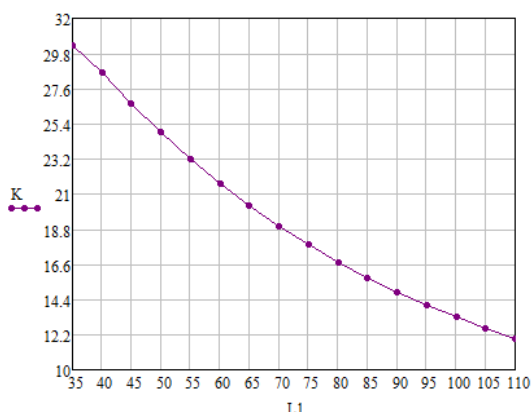


Рис. 3

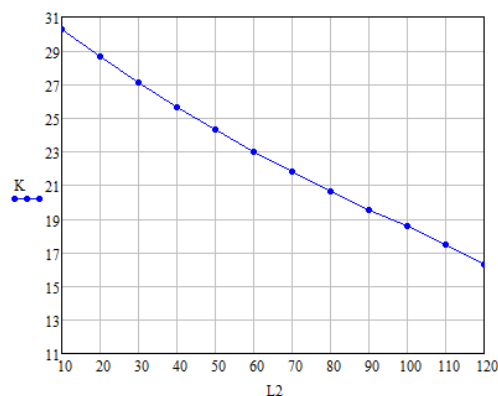


Рис. 4

Графік з рис 3 можна описати ступеневим поліномом:

$$k = -0,0002 \cdot l_1^4 + 0,0043 \cdot l_1^3 + 0,0152 \cdot l_1^2 - 1,9948 \cdot l_1 + 32,364$$

Де k – коефіцієнт запасу сили, l_1 – висота підйому малого гвинта;

Також було проведено комп'ютерний експеримент з визначення стійкості домкрату при підйомі великого гвинта, незмінному розміщенні малого гвинта у крайньому нижньому положенні та докладеній силі 2000 Н. Значення комп'ютерного експерименту при мінімальній висоті підйому великого гвинта на рис 5; результати при максимальній висоті підйому великого гвинта на рис 6.

Model name:1
Study name:Buckling 1(-По умолчанию-)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 30.3
Deformation scale: 7.81098

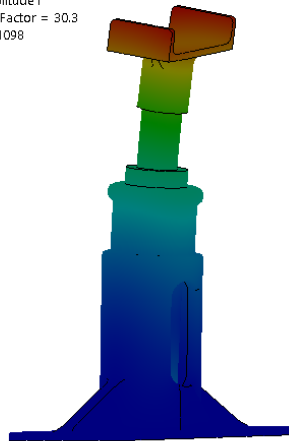


Рис. 5

Model name:1
Study name:Buckling 1(-По умолчанию-)
Plot type: Buckling Amplitude1
Mode Shape : 1 Load Factor = 16.274
Deformation scale: 9.22913

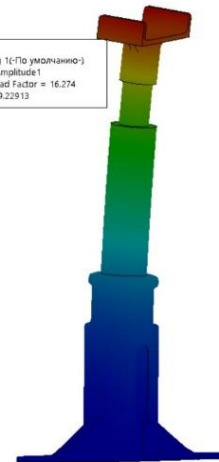


Рис. 6

За отриманими значеннями було побудовано графік залежності коефіцієнт запасу сили від висоти підйому великого гвинта, при незмінному розміщенні малого гвинта у крайньому нижньому положенні, який зображено на рис 4.

Графік з рис 4 можна описати ступеневим поліномом:

$$k = -0,0003 \cdot l_2^4 + 0,006 \cdot l_2^3 + 0,0059 \cdot l_2^2 - 1,6756 \cdot l_2 + 31,959$$

Де k – коефіцієнт запасу сили, l_2 – висота підйому великого гвинта.

Величина достовірності апроксимації в обох випадках дорівнює 1, тобто лінія тренду проходить через усі вихідні експериментальні точки. Тому, помилка апроксимації дорівнює нулю. Отже, оцінка залежності величини підйому малого та великого гвинта на згин на коефіцієнт запасу сили виконана коректно.

В результаті виконаної роботи були отримані залежності коефіцієнту запасу сил від висоти підйому гвинтів, які можна виразити у вигляді ступеневого поліному четвертого ступеня.

Література

1. Зябров А.В. Зворотний інжиніринг гвинтового домкрату для лабораторного практикуму на основі САПР Solidworks /А.В. Зябров, Д.Р. Захарова// Тиждень студентської науки - 2022: Матеріали сімдесят сьомої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 16-20 травня 2022 року). – Д.: НТУ «ДП», 2022 – С. 593-595.

ЗВОРОТНИЙ ІНЖИНІРИНГ СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Студент Веретільник Д. В.
НТУ «Дніпровська політехніка»

На базі кафедри інжинірингу та дизайну НТУ «Дніпровська політехніка» міститься свердлильний верстат НС-12А. Він був наданий мені для дослідження та подальшого створення лабораторного практикуму.

Для досягнення мети було проведено аналіз конструкції свердлильного верстата НС-12А. Далі з отриманих даних було побудовано твердотілу модель свердлильного верстата НС-12А модель побудована із застосування програми «SolidWorks». За допомогою ескізів і знятих розмірів було створено деталі цього механізму, що були зібрані в єдину модель, у якій перевірялась наявність відповідних зазорів між деталями. Усього деталей у збірці – 13, з них 11 унікальних. Кількість спряжень, якій були використані при розробці, – 33 (рис. 1).

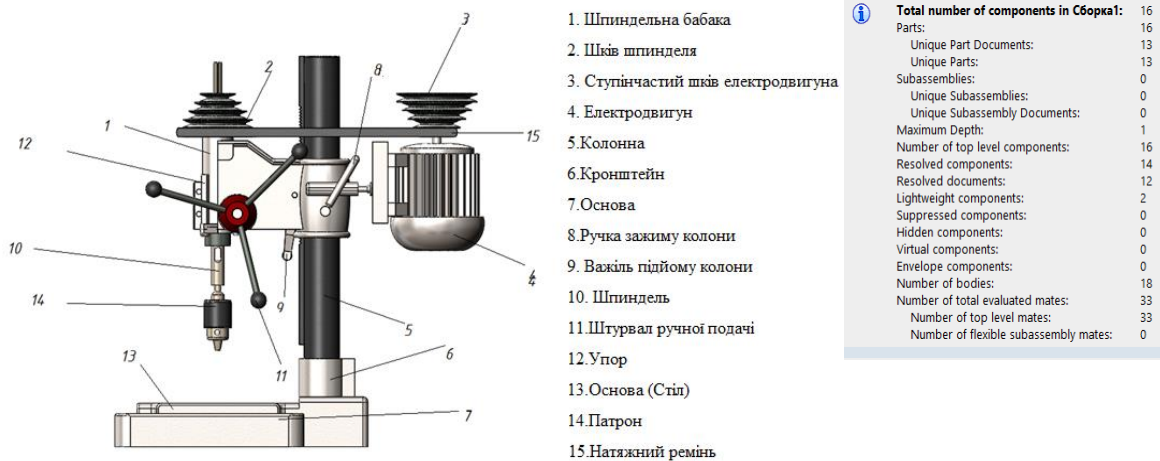


Рис. 1

Потім було проведено дослідження кінематичних характеристик свердлильного верстата НС-12А. Звідки було встановлено, що свердління залежить від переданого числа і зусилля різання, що чим менший діаметр ободка шківів електродвигуна, тим менше відбувається оборотів шківів шпинделя, тому момент на кінцевому шківі залежить від значення переданого числа, що впливає на зусилля різання і проходження свердла в різних матеріалах.

Практичне значення роботи полягає в тому, що результати науково-дослідної роботи будуть використані під час розробки курсу лабораторних робіт в КЗ «Технічний ліцей ім. Анатолія Лигуна» з фізики, інформатики, технологій для учнів профільних закладів, а також на кафедрі інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка» з предметів «Тривимірне комп'ютерне конструювання» та «Основи комп'ютерного інжинірингу».

Література

1. Деталі машин : підручник / Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. – К. : Агроосвіта, 2013. – 448 с.
2. SOLIDWORKS 2019 Tutorial. A Step-by-Step Project Based Approach. Utilizing 3D Solid Modeling. David C. Planchard, CSWP. SOLIDWORKS Accredited Educator.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМБІНОВАНОГО РАМНО-АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ В УМОВАХ ОБВОДНЕНИХ ВМІЩУЮЧИХ ПОРІД

Виноградов Ю.О.

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

Проведення та підтримка гірничих виробок в Україні здійснюється у складних гірничо-геологічних умовах з наявністю великої кількості обводнених порід. В таких умовах приконтурні породи розмокають і втрачають властивості міцності, що значно ускладнює проведення та експлуатацію гірничих виробок, знижує їх стійкість [1]. Велика кількість ускладнень та аварій в гірничих виробках пов'язана з водопритоками при підробці водоносних порід [2]. Наявність води у виробці ускладнює виконання всіх робіт по її проведенню, знижує швидкість гірничопрохідницьких робіт і робить їх дорожчими.

Традиційне для українських шахт рамне кріплення не забезпечує відчутних результатів. Воно не взаємодіє з масивом і ніяк не перешкоджає його руйнуванню, лише підтримує покрівлю. У той час, як анкерне кріплення не тільки тримає породу, але зшиває масив - подібно до арматури в бетонних будівельних конструкціях.

Рамно-анкерне кріплення – це комбінована технологія кріплення, коли склепіння виробки стягують анкерами, а також підпирають потужною металевою рамою. Анкери закріплюються в шпурі за допомогою полімерного закріплювача. Таким чином, анкери формують несну конструкцію, яка надійно утримує породний масив [3]. Укріплені анкером породи в покрівлі та боках виробки не деформуються, не руйнуються і не обсипаються. Сьогодні це найпрогресивніший спосіб кріплення, що забезпечує високу стійкість виробок і максимальну безпеку для шахтарів.

Для дослідження стійкості гірничої виробки з комбінованим рамно-анкерним кріпленням в умовах обводнених вміщуючих порід використовувався метод скінченних елементів [4], який є одним з найбільш поширених чисельних методів. Він дозволяє враховувати форму поперечного перерізу гірничих виробок, складні граничні умови і різноманітні властивості гірських порід.

Для дослідження було розглянуто виробку аркового типу висотою 4 м, яка проводиться на глибині 400 м, в різних гідрогеологічних умовах, і яку закріплено за різними схемами рамно-анкерного кріплення:

В результаті аналізу отриманих даних щодо напружень і водопритоків було розроблено спосіб зниження водопритоку у гірничу виробку із застосуванням комбінованого рамно-анкерного кріплення.

Спосіб полягає у послідовному виконанні наступних операцій.

1. Установка рамного кріплення одразу після виїмки породи в вибої виробки.
2. Закріплення сітки-затягування між новим і попереднім рядами рамного кріплення.
3. Буріння шпурів через чарунки сітки.
4. Установка сталевих анкерів в шпурах з полімерним закріпленням:

- за умов слабо обводнених вміщуючих порід (водоприплив у виробку до $5 \text{ м}^3/\text{год}$) анкери установлюють в площині перетину виробки перпендикулярно поздовжній осі, за простою схемою;

- за умов середньо обводнених порід (водоприплив у виробку $5\text{-}10 \text{ м}^3/\text{год}$) частину анкерів установлюють з нахилом на вибій виробки, за посиленою схемою;

- за умов сильно обводнених порід (водоприплив у виробку більше $10 \text{ м}^3/\text{год}$) частину анкерів установлюють з нахилом на вибій виробки, частину – в протилежний напрямок, за потужною схемою.

Приклад потужної схеми установки анкерів за умов сильно обводнених порід, у виробках із водоприпливом більше $10 \text{ м}^3/\text{год}$ наведено на рис. 1. Потужна схема установки анкерів сприяє більш жорсткому обмеженню зміщень порід у виробку, зберігаючи їх природну монолітність, та забезпечує необхідний рівень проникності порід навколо виробки на період її експлуатації.

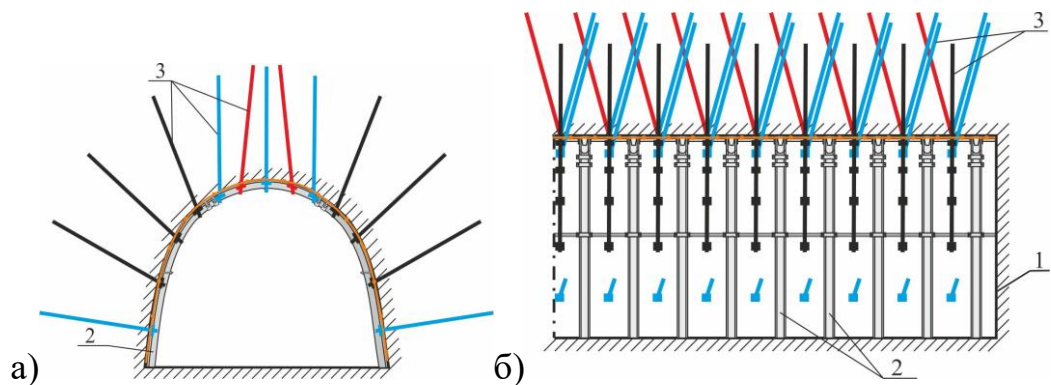


Рис. 1. Приклад потужної схеми анкерного кріплення: 1 – вибій; 2 – рами; 3 – анкери; а) поперечний та б) повздовжній переріз

Висновок. Обґрунтовано застосування рамно-анкерного кріплення як в сприятливих умовах, слабо обводнених вміщуючих порід, у виробках з невеликим водоприпливом, так і за умов сильно обводнених порід, у виробках із водоприпливом більше $10 \text{ м}^3/\text{год}$. Отже рамно-анкерне кріплення можна розглядати як другу лінію захисту, яка повинна застосовуватися за наявності водоносних порід.

Література.

1. Shakoор A., Barefield E.H. Relationship between unconfined compressive strength and degree of saturation for selected sandstones. *Environmental & Engineering Geoscience*. 2009. №15(1). P.29-40.
2. Yuedu Chen, Selvadurai A.P.S., Weiguo Liang. Computational Modelling of Groundwater Inflow During a Longwall Coal Mining Advance: A Case Study from the Shanxi Province, China. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2019. №52. P.917-934.
3. Круковський О.П., Виноградов Ю.О. Розробка способу зниження водоприпливу у гірничу виробку із застосуванням анкерного кріплення / Фізико-технічні проблеми горного виробництва: Сборник научных трудов / ИФГП НАН Украины. – Днепр, 2016. – № 18. – С. 83-90.
13. Zienkiewicz O.C., Taylor R. L., Zhu J. Z. *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*. Butterworth-Heinemann, 2013. 756 p.

РУХ МАТЕРІАЛУ У ВЕРТИКАЛЬНІЙ КАМЕРІ ВІБРАЦІЙНОЇ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ

Доцент Федоскіна О.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

При переробці матеріалів з різними фізико-механічними властивостями, від полімерів до надтвердих, досить високу ефективність ведення технологічного процесу забезпечують вібраційні щоккові дробарки [1].

Для уточнення аналітичних залежностей та подальшого вдосконалення технологічного процесу отримання дрібнозернистих матеріалів, суттєве значення має точне уявлення про характер руху матеріалу в камері дроблення, що базується на експериментальних даних.

Дослідження проводилися на лабораторному зразку вібраційної щоккової дробарки ВЩД-130 (рис.1).

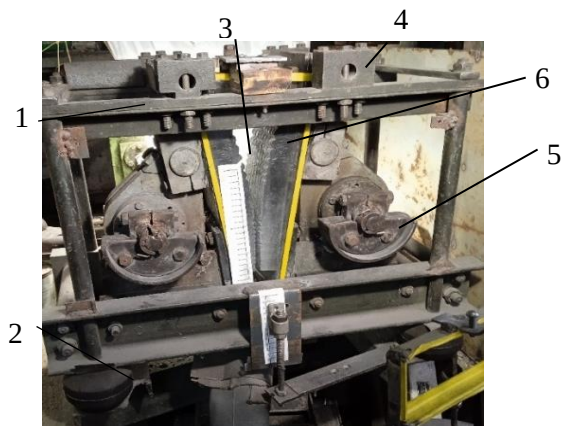


Рис.1

Дробарка включає корпус 1, пружні елементи 2, дроблячі щокви 3, осі підвісу щік 4, вібратор 5 і футерувальні плити 6.

У верхній частині камери дроблення шматковий матеріал руйнується, а сипкий матеріал, вільно проходячи практично всю камеру, безпосередньо надходить на подрібнення.

Рух матеріалу відносно щік та продуктивність у верхній частині камери дроблення відповідає теоретичному обґрунтуванню даного процесу [2].

Однак проведені дослідження показують, що при визначенні продуктивності дробарки при отриманні дрібнозернистого та порошкового продукту необхідні додаткові дослідження щодо розвантаження готового продукту та уточнення його початкової швидкості.

Література.

1. Федоскин В.А. Динамика и разработка методов расчета измельчительных машин виброударного действия: Автореф. дис. канд. техн. наук – Тбилиси, 1982. - 24 с.
2. Лавров Б.П., Кириченко А.И., Туркин В.Я., Аграновская Э.А. Теоретический расчёт производительности ударно-вибрационной щёковой дробилки // Обогащение руд. – 1973. – № 1. – С. 32-34.

ЗМІСТ

Заболотний К.С., Бондаренко А.О. Обговорення освітньо-наукової програми Галузеве машинобудування ступіню вищої освіти доктор філософії	3
Франчук В.П., Бондаренко А.О. Обґрунтування параметрів струминної системи ґрунтозабірного пристрою земснаряду ГПП	6
Франчук В.П., Зіборов К.А. Динаміка пуску односекційного шахтного локомотиву при позацентровому розміщенні зчіпного пристрою	7
Франчук В.П., Анциферов О.В. До питання поділу сипучого матеріалу під дією вібрації	9
Шевченко Г.О., Сухарєв В.В., Jamil Haddad Визначення технологічних характеристик відцентрового дезінтегруючого модуля	12
Круковський О.П., Круковська В.В. Математична модель зв'язаних процесів деформування газоносного породного масиву з гірничою виробкою та камерою-сховищем і фільтрації газу	13
Круковська В.В., Костриця А.О. Моделювання розвантаження газоносних порід навколо очисної виробки з механізованим кріпленням	15
Медведева О.О., Гальченко З.С. Перспективи використання техногенно порушених земель гірничодобувних регіонів	17
Мухачев А.П., Шевченко В.Г., Єлатонцев Д.О. Питання ресурсозбереження та охорони навколишнього середовища у виробництві цирконію ядерної чистоти	19
Ярошевич М.П. Про ефект вібраційного захоплення обертання дебалансного віброзбудника	20

Шевченко Г.О., Чолишкіна В.В., Сухарєв В.В., Лебедь Г.Б., Курілов В.С. Обґрунтування раціональних методів комплексної переробки техногенних відвалів золи виносу теплових електростанцій	22
Зберовський В.В., Власенко В.В., Криворучко О.Н. Напрями вдосконалення технології відпрацювання крутих викидонебезпечних вугільних пластів	24
Ларіонов Г.І., Земляна Ю.В., Хворостян В.О., Головка С.А. До математичного моделювання методом МСЕ задач геотехнічної механіки	26
Маланчук З. Р., Корнієнко В. Я., Васильчук О. Ю. Вібропристрій для видобутку бурштину	28
Швед С.В. Теорія руху частинок по робочим поверхням вібромашин	29
Васильєв Д.Л., Ганкевич В.Ф., Кравець В.І., Лівак О.В. Особливості розвитку тріщин охолодження при формуванні природних геологічних структур стовпчастих окреможестей	34
Ганкевич В. Ф., Пащенко О.А., Кіба В. Я. Свердловинні амортизатори	35
Антончик В.Є., Мінеєв С.П., Ганкевич В.Ф., Пащенко О.А. Спосіб та пристрій буріння міцних гірських порід	37
Бондаренко А.О., Нурманова Асель Нурланівна Обґрунтування параметрів декантатора для переробки шламових відходів каменеобробної промисловості	39
A.Nurmanova Innovation in the mining industry	40
Бондаренко А.О., Литвиненко Б.В. Обґрунтування параметрів лоткового живильника продуктивністю 30 т/год	41
Полушина М.В., Москальова Т.В. Розробка фрикційної муфти шокової дробарки	42
Москальова Т.В., студент Горбатов О.С. Сучасний стан галузі промислових робіт	43

Анциферов О.В. Єгурнов О.І. Застосування енергетичного методу для визначення власної частоти гумових сит	45
Анциферов О.В., студент Загинайко І.О. Енергетичні залежності при роботі вібраційного млина у віброударному режимі	46
Агаєв Р.А., Дудля К.Є., Притула Д.О., Смірнов О.П. Хвильовий спосіб видобутку метану	47
Осінній В.Я. Термічний спосіб створення компенсаційних порожнин при проходці підняттяєвих виробок у міцних рудах	50
Лисиця М.І., Новікова А.В., Заболотна О.Ю., Агальцов Г.М. Обґрунтування параметрів та експериментальні дослідження віброізоляторів високої несучої здатності	51
Лапшин Є.С., Шевченко О.І. Синтез динамічного впливу для очищення поверхні, що просіває	52
Жигула Т.І., магістр Міщенко Т.Ф. Обґрунтування основних параметрів трубчастих стрічкових конвеєрів, що працюють на глибоких кар'єрах	54
Довгаль Д. О. Геометричне моделювання форм зрізів, утворюваних при роботі планетарно-торових виконавчих органів породоруйнувальних машин	55
Кривда В.В. Системи управління транспортним засобом. Штучний інтелект	57
Бондаренко А.О., Черкаський Б.В. Обґрунтування параметрів грохоту ГІ 0,6	60
Франчук В.П., Федоскін В.О., Єрісов М.М., Хаддад Дж.С. До питання теплового розширення вібротранспортера сушильної установки	61
Ільїн С.Р., Адорська Л.Г. Концептуальні основи ризик-орієнтованого керування станом геотехнічної системи шахтного підйому	63

Федоскіна О.В., Єрісов М.М. Стенд для дослідження процесу руйнування матеріалу при ударному навантаженні	65
Федоряченко С.О., студент Гаркавенко Д.В. Кінематика руху кулі та сердечника під час проникнення в перешкоду	66
Мацюк І.М. Оптимізація конструкції механізму двощогової дробарної машини	68
Панченко О.В. Проблема розробки вітчизняних тюбінгоукладачів	69
Кухар В.Ю., студент Зіпа К.О. Обґрунтування та розрахунок відстані між фільтроелементом та корпусом фільтру всмоктувальних ліній	71
Колосов Д.Л., аспірант Черниш П.В. Методика розрахунку напружено-деформованого стану гумотросового тягового органа внаслідок зсуву відносно барабану	73
Студентка Захарова Д.Р. Використання концепції підготовки у віртуальних технологіях SOLIDWORKS при виконанні науково-дослідних робіт слухачів МАН України	75
Учень Ковтун А. С., Студентка Захарова Д.Р. Зворотний інжиніринг вантажозахоплювальних кліщів для лабораторного практикуму на основі САПР SOLIDWORKS	77
Учень Малуєв П.А., Студентка Захарова Д. Р. Зворотний інжиніринг ромбічного домкрату для лабораторного практикуму на основі САПР SOLIDWORKS	79
Студентка Захарова Д.Р., студент Зябров А.В. Визначення впливу величини підйому гвинтів домкрату на коефіцієнт запасу сили	81
Студент Веретільник Д.В. Зворотний інжиніринг свердлильного верстата	83
Виноградов Ю.О. Забезпечення стійкості гірничої виробки за допомогою комбінованого рамно-анкерного кріплення в умовах обводнених вміщуючих порід	84
Федоскіна О.В. Рух матеріалу у вертикальній камері вібраційної щогової дробарки	86