

Список літератури

1. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року. **Стогній Б.С., Кириленко О.В., Праховник А.В., Денисюк С.П., Негодуйко В.О., Пертко П.П., Блінов І.В.** – К.: Вид. Ін-ту електродинаміки НАН України, 2011. – 275 с.
2. *World Energy Outlook –2019*, OECD/IEA, Paris.
3. **С.М. Бойко** Теоретичні засади формування електроенергетичних систем з джерелами розосередженої генерації гірничорудних підприємств. Монографія / Бойко С.М., під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, ПП Щербатих О.В. 2020. – 263с.
4. Ю.Г. Вілкул, Л.А. Азарян, В.А. Колосов, Ф.І. Караманиць та А.С. Ватарєв Сучасний стан залізорудної галузі, прогноз розвитку та пропозиції, *Якість сировини*. Сборник наукових трудов, т.1, , 2017 – с. 9-24.
5. **Сінчук О.М., Сінчук І.О., Бойко С.М., Караманиць Ф. І., Ялова О.М., Пархоменко Р.О.** Відновлювані джерела електричної енергії в структурах систем електропостачання залізорудних підприємств. (Аналіз, перспективи, проекти): монографія. Кривий Ріг: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2017. 152 с.
6. **Сінчук О.М.** Кривбас на межі тисячоліть: шляхи відродження. / **О.М. Сінчук, А.Г. Багал** – К.: АДЕФ-Україна, 1997. – 31 с.
7. Електрифікація гірничого виробництва: Підручники для ВНЗ: у 2-х т. – Вид. 2-ге перероб. то допов./ За редакцією **Л.О. Пучкова і Г.Г. Півняка**. – Д.: Нац. гірн. університет, 2010, т. 1. – 503 с.
8. **Сінчук О.Н.** Оценка потенциала и тактика повышения электроэнергоэффективности подземных железорудных производств / **Сінчук О.Н., Сінчук І.О., Гузов Э.С., Баулина М.А., Ялова А.Н.** // Технологический аудит и резервы производства. – Харьков: ЧП «Технологический центр». – 2014. – с.34 – 39.
9. **Сінчук І.О.** Методологічні засади оцінювання електроенергоєфективності залізорудних підприємств – монографія / **Л.О. Сінчук** – Кременчук, ПП Щербатих О.В. 2019. – 284с.
10. **Buchholz V., Styczynski Z.** Smart Grids Fundamentals and Technologies in Electricity Networks, Springer 2014. 396 p.

Рукопис подано до редакції 15.04.2020

УДК 621.929.6:622.781

В. Й. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., С.В. ШВЕД,

І. В. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, кандидати техн. наук, доценти

Криворізький металургійний інститут НМетАУ,

М. І. ШЕПЕЛЕНКО, аспірант, Криворізький національний університет

ФУНКЦІОНУВАННЯ РОБОЧОГО ОРГАНУ ЗМІШУВАЧА ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ РУСІ ШАРУ МАТЕРІАЛУ НА КОНВЕЄРІ

Мета. Обсяги вантажних перевезень шихтових матеріалів в гірничо-металургійному комплексі визначаються в мільйони тон щороку. Це обумовлено використанням даних матеріалів в гірничо-рудній агломераційній і коксохімічній промисловості. При довгих перевезеннях компоненти таких матеріалів (вугілля, руди, рудні концентрати, флюси), що мають певну природну вологу, в зимовий період змерзаються та окрім цього передрібноються та сегрегують, це призводить до погіршення розвантажувальних робіт, що знижує якість підготовки металургійної шихти та як наслідок зростає собівартість готової металургійної продукції та виникають додаткові витрати на їх підготовку. Таким чином використання для шихтових матеріалів передусім додаткове розпушення та їх перемішування, переважно для цього використовують змішувачі безперервної дії, які встановлюються над конвеєрною стрічкою. Саме вдосконалення змішувачів, як базисного обладнання для підготовки компонентів шихти, є перспективним шляхом в питаннях підвищення ефективності агломераційного і коксохімічного виробництва. Метою даної роботи стало визначення раціональних кінематичних параметрів і геометричних параметрів робочого органу змішувача встановленого над конвеєрною стрічкою, що сприяє підвищенню якості підготовки шихтових матеріалів в гірничо-металургійній галузі.

Методи. У науковій праці розглянуті: методи аналітичного дослідження функціонування робочого органу змішувача при горизонтальному русі шару матеріалу на конвеєрі; методи руху частини матеріалу на лопатці змішувача горизонтально-направленою дією.

Наукова новизна полягає у встановленні нових закономірностей, що описують вплив конструктивних і режимних параметрів робочого органу змішувача на шар (та відповідно на частину) матеріалу, яка рухається на конвеєрній стрічці.

Практична значимість. Результати цієї роботи мають практичне значення, так як одержані в ній залежності дають змогу обрати раціональні кінематичні параметри робочого органу змішувача безперервної дії та підвищити якість підготовки шихтових матеріалів перед їх подальшим використанням.

Результати. Робота супроводжується математичними рівняннями, з допомогою якої є можливість встановлення раціональних параметрів основних елементів роторного змішувача безперервної дії, що встановлюється безпосередньо над конвеєрною стрічкою, що стануть основою для проектування прототипу лопатки роторного змішувача, що в свою чергу є перспективним засобом збільшення ефективності існуючої конструктивної схеми.

Ключові слова: змішувач, матеріал, лопатка, технічний об'єкт, шихта.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Для отримання металів та сплавів необхідного хімічного складу і механічної міцності, застосовують різні види необхідної сировини. Таку сировину, перед операціями спікання і плавки, називають шихтовим матеріалом.

Останнім часом з погіршенням стану сировинної бази металургійного комплексу України велику увагу варто приділяти змішувальному та іншого виду обладнання здатного, для існуючих технологічних схем, тим самим підвищити якість підготовки шихтових матеріалів перед спіканням та плавкою. Операція змішування матеріалів є однією з основних видів підготовки сировини до їх подальшого використання і отримання якісного промпродукту. Широке розповсюдження мають змішувачі безперервної дії, це обумовлено рядом переваг: висока продуктивність; можливість впровадження в існуючу технологічну схему, без значних капітальних вкладень. Одним з таких змішувачів в ряді технологічних схем металургійного виробництва може бути використаний змішувач безперервної дії з еластичними тросовим елементом, конструкція якого досить добре описана в роботі [3]. Однак удосконалення змішувача, виконаного за такою конструктивною схемою, стримується відсутністю теоретичних досліджень, спрямованих на вивчення руху матеріалу на лопатці змішувача горизонтально-направленого дії встановленого, безпосередньо над конвеєрною стрічкою, яка транспортує матеріал. Тому вивчення руху матеріалу з лопатками високопродуктивного змішувача, що взаємодіє з шаром рухомої сировини на конвеєрній стрічці, є актуальним та своєчасним завданням.

Аналіз досліджень і публікацій. Як згадувалось вище якісне змішування компонентів шихтових матеріалів є невід'ємною складовою при виготовленні агломерату та окатишів.

Аналіз робіт [1-3] пов'язаних з розробкою і вдосконаленням різного типу змішувачів безперервної дії при підготовці сипучих матеріалів до подальшого їх використання показує, що таке обладнання повинно відповідати сучасним тенденціям розвитку даного роду техніки, а саме для металургійних процесів, мати високу продуктивність і водночас – ступінь змішування сировини при незначних експлуатаційних і капітальних витратах.

Питання розробки та вдосконалення змішувачів безперервної дії зустрічається в роботах Д.В. Пополова, І.В. Засельського, Ю.І. Витетньова [3], О.Д. Учителя [4,5], Є.О. Шмельцер, В.П. Лялюка, В.П. Соколової, І.О. Ляхової, Д.О. Кассим, М.В. Кормер [6], М.Ю. Таршис, А.Б. Капранова [7], М.В. Волкова, А.І. Зайцева [8], В.Н. Іванця, Д.М. Бородуліна, А.А. Андрюшкова [9-11], А.Б. Шушпаннікова, С.В. Злобина, С.Ю. Рокосова [12] та ін.

Постановка завдання. Як згадувалось вище, відома конструкція роторного, горизонтально-направленої дії змішувача з еластичним тросовим елементом [3], не має чіткого математичного опису будови профілю лопатки та подальшого руху, на її поверхні, матеріалу. Саме це твердження свідчить про необхідність проведення додаткових досліджень та визначення раціональних параметрів устаткування для змішування сировини.

Викладення матеріалу та результати. Для більшої наочності розглянемо запропоновану конструкцію роторного змішувача. Даний вид змішувача представлено на рис. 1, для наочності виконаний розріз передньої частини роторного змішувача. Принцип роботи такого змішувача з його конструктивними особливостями досить добре описаний в ряді робіт [3-5]. Однак не в одній з них не наведено аналіз руху матеріалу на лопатки змішувача, що дозволило б мати кращі уявлення про його роботу, а відповідно і використання в тих чи інших технологічних лініях при підготовці сировини металургійного виробництва.

Роторний змішувач встановлюється безпосередньо над рамою стрічкового конвеєра. Він складається з зварної рами 1, секцій 2. У підшипникової опорі 3 кожної секції встановлено два ротора. Привід роторів з гнучкими тросовими елементами 4 здійснюється від електродвигунів 5 за допомогою клинопасової передачі 6. З протилежного боку за допомогою клинопасової передачі 7 наводяться в рух лопатеві ротори 8. Для ущільнення секції застосовується гума 9 і 10. На вході і виході зі змішувача на торцевих стінках встановлена ущільнююча гумова завіса. Підтримка і регуляція зазору між стрічкою та роторами здійснюється регулюючими гвинтами 11. Бічні стінки секції закриті огороженнями 12 і 13 з метою запобігання отримання травми від обертових частин [3].

Рис.1. Принципова схема секції роторного змішувача з гнучким тросовим елементом

Принцип роботи роторного змішувача з гнучким тросовим ротором наступний: сипучий матеріал, рухається на стрічці конвеєра, надходить в зону змішування (яка розташована між стрічкою конвеєра і робочими елементами ротора), де потрапляє під вплив комплексного силового впливу. Ротор з гнучкими тросовими елементами 4 в кожній секції 2, розташований першим у напрямку переміщення стрічки конвеєра і приводиться в рух електродвигуном 5. Обертаючись ротор 4 своїми гнучкими елементами, які розташовані в шаховому порядку для повного перекриття зони змішування, виконує комплексний вплив на матеріал, одночасно розпушуючи і перемішуючи його. Рухаючись далі, матеріал потрапляє під дію лопатевого ротора 8, який виконує вже більш інтенсивне змішування розпушеного матеріалу. Зазор між робочими елементами роторів 4, 8 і стрічкою конвеєра підтримується завдяки регульовальним гвинтів 11. Даний зазор забезпечує зменшення зносу стрічки конвеєра від дії абразивного тертя матеріалу по стрічці, тим самим, підвищуючи термін її служби.

Розглянемо рух матеріальної частки по шорсткій поверхні обертової лопатки змішувача.

Будемо вважати, що при виході лопатки з масиву сипучого матеріалу, який рухається по конвеєрній стрічці, вона в результаті його екскавація захоплює за собою деяку його порцію. Розглянемо можливість процесу звільнення лопатки від матеріалу, що знаходиться на ній, в процесі обертового руху ротора. Прийmemo допущення, що прослизання між стрічкою конвеєра та лопаткою ротора відсутня. Тоді умовна кутова швидкість обертання ротора ω_p з лопатками буде перебувати в кінематичному співвідношенні, відповідно до лінійної швидкості V_d стрічки конвеєра

$$V_d = R \cdot \omega_p,$$

де R – радіус лопатки ротора.

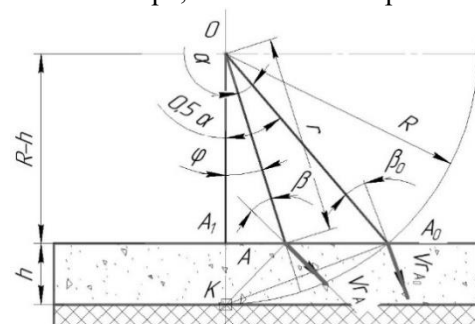
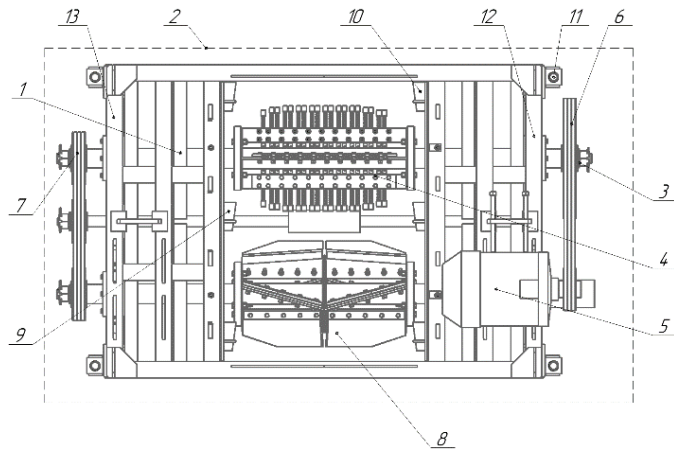
Рухаючись разом зі стрічкою матеріал змушує забезпечений лопатками ротор здійснювати обертання, а, отже, кожна лопатка ротора проходить кілька стадій взаємодії з матеріалом: впровадження лопатки в шар матеріалу; досягнення максимального її заглиблення в шар; захоплення і вертикальний винос (екскавація) порції сипкого продукту з його масиву назовні; викид захопленого сипкого продукту з поверхні лопаті в напрямку руху стрічки конвеєра.

Весь процес впровадження лопаток в шар насипного продукту повинен бути налаштований на мінімізацію втрат енергії. У зв'язку з цим висуваємо робочу гіпотезу для визначення профілю лопатей за умови голономного зв'язку ротора зі стрічкою конвеєра, як показано на рис.2.

Рис.2. До поясненням гіпотези формування лопаток

Для виконання умови гіпотези профіль лопатки в діаметральній площині ротора повинен бути криволінійним, а дотична до профілю лопатки в діаметральній площині ротора повинна мати певний кут β по відношенню до радіуса OA положення точки контакту A . При цьому профіль лопатки буде відповідати траєкторії відносного руху точки A по поверхні діаметральній площині ротора, а впровадження лопатки відбуватиметься строго по вектору відносної швидкості точки A .

Для дослідження руху матеріальної точки введемо дві системи координат. Одну абсолютно нерухому xOy , пов'язану з горизонтом, а другу рухому (відносну), пов'язану з дотичною до профілю лопатки. Дотична вісь нахилена під кутом θ до радіусу-вектору положення точки.



Площина обертання лопатки розташована вертикально а, отже, дія сили тяжіння на частку у відносній системі відліку буде лінійно залежати від кута її повороту φ , від кута нахилу θ дотичній до її профілю, а також від часу з урахуванням спрямованості. Ця залежність може бути представлена наступним чином

$$\begin{cases} G_n = -mg \cdot \cos(\varphi + \theta) \\ G_\tau = -mg \cdot \sin(\varphi + \theta) \end{cases} \quad (1)$$

Зауважимо, що при рівномірному обертанні ротора його поточний кут повороту легко уявити, як функцію часу

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_e \cdot t \quad (2)$$

А кут нахилу дотичної є функція положення точки

$$\theta = \arctg\left(\frac{dy_L}{dx_L}\right) \quad (3)$$

де $\frac{dy_L}{dx_L}$ - похідна профільної функції лопатки, яка відповідно до рішення диференціального рівняння (на основі рис. 3, прийнята умова формування профілю лопаті в діаметричній площині ротора), отримуємо профільну функція лопаті такої форми

$$y(x) = x \cdot \frac{\sqrt{x^2 - (R-h)^2}}{2 \cdot (R-h)} - \frac{R-h}{2} \cdot \ln\left[\frac{x + \sqrt{x^2 - (R-h)^2}}{R-h}\right]$$

або в результаті чого ми отримуємо такий вираз для визначення кута θ

$$\frac{dy_L}{dx_L} = \frac{\sqrt{x^2 - (R-h)^2}}{R-h} \quad (4)$$

Враховуючи, що при цьому вибір довідкових систем $x=\rho$, ми отримуємо

$$\theta = \arctg\left(\frac{\sqrt{\rho^2 - (R-h)^2}}{R-h}\right) \quad (5)$$

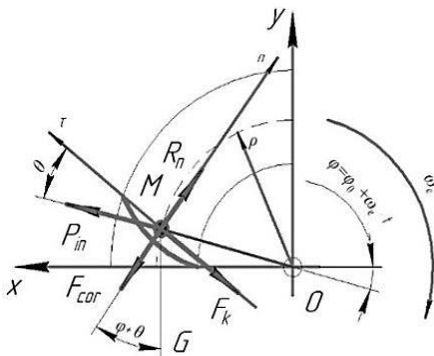


Рис.3. Система сил, прикладених до матеріальної точки на лопатці ротора, здійснюючи рівномірне обертання у вертикальній площині

Крім сили тяжіння у відносній системі відліку на частку діють: сила інерції в переносному її русі P_{in} ; сила інерції від прискорення Коріоліса F_{cor} (вектор прискорення Коріоліса спрямований відповідно до правила Жуковського); дві сили від накладених зв'язків - R_n (реакція по безумовному односторонньому кінематичному зв'язку) і F_k (реакція внаслідок кулонівського тертя).

Сила інерції в переносному русі є функцією відносного положення частинки

$$|P_{in}| = m \cdot |a_{en}| = m\omega_e^2 \cdot \rho \quad (6)$$

Сила інерції від дії прискорення Коріоліса є функцією її відносної швидкості, і по модулю приймає значення

$$|F_{cor}| = 2m\omega_e \cdot \dot{\rho} \quad (7)$$

Силою опору руху частки в повітрі нехтуємо.

Сила кулонівського тертя частинки з коефіцієнтом тертя ковзання k об поверхню лопатки залежить від сили притиснення, величина якої в точності відповідає реакції опори R_n по безумовній кінематичного зв'язку. Баланс сил при відносній рівновазі частинки відповідно до схеми дії сил в нормальному до поверхні лопатки напрямку набуде вигляду

$$R_n - F_{cor} - G \cdot \cos(\varphi + \theta) = 0 \quad (8)$$

Звідки обчислюємо модуль сили тертя

$$|F_k| = k \cdot F_{cor} + k \cdot G_n = k \cdot m \cdot 2\omega_e \cdot \dot{\rho} + k \cdot mg \cdot \cos \left[\omega_e t + \varphi_0 + \arctg \left(\frac{\sqrt{\rho^2 - (R-h)^2}}{R-h} \right) \right]. \quad (9)$$

На підставі основного рівняння динаміки для відносного руху матеріальної точки відповідно до спрямованістю дії сил, що подані на схемі (рис. 3), маємо

$$m \cdot \ddot{\rho} = P_{in} - F_k - mg \sin \left[\omega_e t + \varphi_0 + \arctg \left(\frac{\sqrt{\rho^2 - (R-h)^2}}{R-h} \right) \right]. \quad (10)$$

Або після підстановки вхідних величин

$$m \cdot \ddot{\rho} = m\omega_e^2 \cdot \rho - k \cdot m \cdot 2\omega_e \cdot \dot{\rho} - k \cdot mg \cdot \cos \left[\omega_e t + \varphi_0 + \arctg \left(\frac{\sqrt{\rho^2 - (R-h)^2}}{R-h} \right) \right] - mg \sin \left[\omega_e t + \varphi_0 + \arctg \left(\frac{\sqrt{\rho^2 - (R-h)^2}}{R-h} \right) \right]. \quad (11)$$

де ρ - координата відносного положення частинки (її поточний радіус положення); R - максимальний радіус ротора, або відстань між віссю ротора і поверхнею стрічки конвеєра; h - висота шару сипучого продукту на стрічці конвеєра; ω_e - кутова швидкість обертання ротора з лопатками; V - швидкість руху конвеєра з матеріалом на ньому; k - коефіцієнт тертя ковзання частинки об поверхню лопатки; m - маса частинки; g - прискорення вільного падіння.

Таким чином, диференціальне рівняння процесу ковзання частинки по криволінійній поверхні лопатки в деякому секторі кутів повороту лопатки сформульовано. Подальше рішення отриманого рівняння дозволяє проаналізувати функціонування робочого органу змішувача при горизонтальному русі шару матеріалу на конвеєрній стрічці та визначити його раціональні кінетичні і геометричні параметри, які сприяють підвищенню якості шихтових матеріалів перед подальшим їх використанням.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі представлена розроблена математична модель, яка дозволяє проаналізувати рух матеріалу на лопатці змішувача безперервної горизонтально-направленою дії і вибрати раціональні конструктивні параметри виходячи з необхідних технологічних умов і завдань. Встановлено, що ефективна екскавация матеріалу і його перемішування істотно залежить від геометричних розмірів ротора змішувача, швидкості транспортування матеріалу, висоти шару сировини на конвеєрній стрічці, а також фізико-механічних властивостей матеріалу. Подальші дослідження потребують встановити зв'язок між раціональними конструктивними параметрами змішувача та якістю змішування шихтових матеріалів.

Список літератури

1. Грищенко С. Г. Проблемные вопросы развития горно-металлургического комплекса Украины / С. Г. Грищенко, А. Ф. Гринев, Л. Г. Тубольцев // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* - 2017. - № 1. - С. 2-6. - Библиогр.: 11 назв. - рус.;
2. Лялюк В. П. Качество кокса и оптимизация состава угольной шихты / В. П. Лялюк, Д. А. Кассим, И. А. Ляхова, В. П. Соколова // *Гірничий вісник.* - 2013. - Вип. 96. - С. 136-140. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2013_96_37
3. Пополов Д. В. Перспективы направления усовершенствования конструкций роторных смесителей непрерывного действия / Д. В. Пополов, И. В. Засельский, Ю.И. Витетньов // *Международный журнал Acta Universitatis Pontica Euxinus, Специальный выпуск, Дніпрпетровськ-Варна.*: 2015, Т2. – С.136-138
4. Uchitel A. D. Determination of technological and power parameters mixer homogenizator / A. D. Uchitel, D. V. Popolov, I. V. Zasliski // *Metallurgical and Mining Industry.* – 2016 – №1 – p. 158-162
5. Учитель О. Д. Удосконалення технології та обладнання агломераційного виробництва: монографія // О. Д. Учитель, В. Й. Засельський, Д. В. Пополов, І. В. Засельський // *Кривий Ріг: вид-во Р.А. Козлов, 2018.*-184с.
6. Шмельцер Е. О. О влиянии качества подготовки угольных шихт на прочность и грансостав кокса [Электронный ресурс] / Е. О. Шмельцер, В. П. Лялюк, В. П. Соколова, И. А. Ляхова, Д. А. Кассим, М. В. Кормер // *Гірничий вісник.* - 2015. - Вип. 99. - С. 128-133. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2015_99_31
7. Tarshis M. Yu. The modeling of a grain materials mixing process in the circulating type devices / М. Yu. Tarshis, Korolev, А. В. Kapranova // *Межвузовский сборник научных трудов, 2016. Ярославский государственный технический университет.* – Ярославль. 2016. – С.242-250

8. Волков М. В. Исследование смесителя сыпучих материалов открытого типа с рабочими лопастями / М. В. Волков, М. Ю. Гаршис, А. И. Зайцев // Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2013. - Т. 56, вып. 11. - С.117-119
9. Бородулин Д. М. Разработка и математическое моделирование непрерывно действующих смесительных агрегатов центробежного типа для переработки сыпучих материалов. Обобщение теорий и анализ: монография / Д. М. Бородулин // Кемерово, 2013 – 207 с.
10. Бородулин, Д.М. Развитие смесительного оборудования центробежного типа для получения сухих и увлажненных комбинированных продуктов: монография / Д.М. Бородулин, В.Н. Иванец. – Кемерово, 2012. – 178 с.
11. Иванец В. Н. Тенденции развития смесительного оборудования непрерывного действия центробежного типа / В. Н. Иванец, Д. М. Бородулин, А. А. Андриюшков // Техника и технология пищевых производств, (1 (20)), 2011, с 71-74.
12. А. Б. Шушпанников Особенности конструкций подъемных винтовых вибрационных смесителей непрерывного действия / А. Б. Шушпанников, Д. М. Бородулин, С. В. Злобин, С. Ю. Рокосов // Техника и технология пищевых производств, (2 (29)), 2013, с. 102-106.

Рукопис подано до редакції 21.02.2020

УДК 621.926.9

Д.Ю. КРАВЦОВА, канд. фіз.-мат. наук, ст. викл.; С.В. РЕБРОВА, асистент
Криворізький національний університет

С.С. ДУБРОВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Економіко-технологічний інститут ім. Роберта Ельворті, м. Кропивницький

МЕТОДИКА ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА СТІЙКІСТЬ АБРАЗИВНОМУ ЗНОШУВАННЮ

Мета. Метою дослідження є розробка ефективної методики та експериментального обладнання для випробовування нових матеріалів, у тому числі полімерних композиційних, на стійкість абразивному зношуванню.

Методи дослідження. Розглянуто кілька відомих методів дослідження абразивного зношування і розроблено на їх основі експериментальне обладнання для вивчення нових матеріалів, змодельоване необхідне абразивне середовище, яке максимально наближене до умов експлуатації. Описано принцип роботи обладнання, що розроблене авторами за стандартом ASTM. Обладнання засноване на моделюванні процесу зносу поверхні випробовуваного зразка матеріалу, що контактує під навантаженням із поверхнею фрикційного колеса, яке обертається, із додаванням частинок абразивної маси в зону контакту.

Наукова новизна. Конструкція обладнання дозволяє досліднику регулювати величину навантаження, швидкість обертання колеса, подачу кількості частинок абразивної маси, змінювати хімічний склад абразивних часток. Є можливість встановлення додаткових датчиків. Все це робить його універсальним для випробувань будь-яких матеріалів та імітації будь-яких умов експлуатації на різних виробництвах. Конструкція обладнання включає у себе прозорий захисний корпус, витяжку продуктів зношування та пилу.

Практична значимість. Таким чином, обладнання відповідає нормам наукового експерименту та безпечно для дослідника. Наведено переваги використання такого методу дослідження матеріалів на стійкість абразивному зношуванню і методику розрахунку продукту зношування.

Результати. Доведено актуальність дослідження фізико-механічних та експлуатаційних властивостей нових матеріалів для деталей машин, які працюють у екстремальних умовах гірничо-збагачувального виробництва. Розроблене експериментальне обладнання з метою подальших досліджень нових полімерних композиційних матеріалів. У зв'язку з масовою пропозицією нових матеріалів їх лабораторне дослідження необхідне для скорочення фінансових витрат та робочого часу підприємств. Налаштування розробленого експериментального обладнання може імітувати будь-які експлуатаційні умови.

Ключові слова: нові матеріали, полімерні композиційні матеріали, абразивне зношування, зношування деталей машин, експериментальне обладнання, експлуатаційні умови.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-50-55

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Питання підвищення зносостійкості деталей машин від абразивного зносу залишається дуже актуальним на протязі багатьох десятиліть, не зважаючи на те, що йому приділяється велика увага провідних науковців світу. Екстремальні умови експлуатації, особливо, у гірничо-видобувній та збагачувальній галузі призводять до частих відмов та простоїв обладнання. Це пояснюється особливістю технологічних процесів виробництва, а саме з впливом великої маси абразивної си-