

УДК 621.929.6:622.781

DOI: 10.18372/0370-2197.2(87).14730

В. Й. ЗАСЕЛЬСЬКИЙ, Д. В. ПОПОЛОВ, С. В. ШВЕД, М. І. ШЕПЕЛЕНКО

*Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України, Кривий Ріг, Україна***АНАЛІЗ РОБОТИ ЕКСЦЕНТРИЧНОЇ ОПОРИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРУ**

В металургійних процесах, важливе місце займає вібраційна обробка сировини. Її вплив на різних етапах підготовки шихтових матеріалів в зрештою сприяє збільшенню якості металургійної продукції. Тому робота, направлена на втілення можливості додаткового впливу вібрації на процеси підготовки шихти безпосередньо при її транспортуванні є актуальною. Дослідження стосуються аналізу роботи ексцентричного опорного валку стрічкового конвеєру, як додаткового вібраційного збудника.

Ключові слова: ексцентрична опора, валок, швидкість конвеєра, математична модель, вібраційний вплив.

Вступ та постановка проблем досліджень. Ефективність металургійних процесів у значній мірі залежить від якості підготовки сировини. Внаслідок того, що металургійні процеси являють собою фізико-хімічні перетворення, для їх протікання потрібно підготувати певним чином суміші речовин. Зазвичай, це сухі суміші у стані сипучих середовищ, причому такі суміші носять одну й ту ж спеціальну назву у всіх технологіях – шихта. Якість металургійної шихти визначається такими її показниками як однорідність по розміру та хімічному складу [1; 2].

Підготовка складових шихти традиційно включає в себе сортування по розмірним класам, яке проводиться на спеціальних вібраційних грохотах та дозуючих пристроях. Після з'єднання складових, шихта ще не може бути використана, оскільки повинна пройти підготовку змішуванням, тим самим забезпечуючи однорідність суміші. Для металургійної галузі використовуються змішувачі безперервної дії, конструкція котрих може бути різноманітною. В деяких технологічних лініях встановлюються горизонтальні роторні змішувачі безпосередньо над транспортуючими конвеєрами металургійної шихти. Недоліком такої схеми є те, що лопатки змішувача які підбирають матеріал на стрічці конвеєра не в змозі достатись до найнижчого прошарку частинок, окрім цього є достатньо великий внутрішній опір матеріалу на його переміщення і екскавацію, що веде до збільшення енерговитрат [3].

На кафедрі інжинірингу з галузевого машинобудування Криворізького металургійного інституту виникла ідея об'єднати транспортуючу функцію стрічкового конвеєра з активуючою дією ексцентричного віброзбуджувача, який буде підкидати матеріал в зоні роботи змішувача.

Сам пристрій дуже узуальний – це ексцентрично встановлений один, чи кілька опорних валків під стрічкою конвеєру. Очевидно, що величина ексцентриситету котрих не може бути безмежно великою. Це є результатом балансу моментів сили тертя зі сторони стрічки з однієї сторони, та сили тяжіння валку і сили, що притискує стрічку до валку – з іншої сторони. Так саме, яким же може бути ексцентриситет валку та пов'язана з ним амплітуда нормальних до напрямку руху коливань стрічки конвеєра? Для відповіді на це питання у представленій роботі розглянуто характер руху опорного ексцентричного валку під стрічкою конвеєру на протязі повного його повороту при умові зчеплення тіл в контактї, тобто при ро-

боті валку без ковзання та окрім цього на основі аналізу отриманої математичної моделі визначено межі технологічної працездатності вібраційного пристрою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз робіт пов'язаний з роботою та вдосконаленням різного роду змішувачів постійні дії при підготовці сипучих матеріалів до процесів спікання та плавки [5,6] показує, що таке обладнання повинно відповідати сучасним тенденціям розвитку техніки даної галузі, а саме для металургічних процесів, що мають високу продуктивність та одночасно – ступінь змішування сировини при незначних експлуатаційних та капітальних витрат. Одним з таких змішувачів у ряді технологічних схем металургійного виробництва може бути використаний змішувач безперервної дії з еластичними тросовими елементами, конструкція якого досить добре описана в роботах Бородуліна Б.М. та Учителя О.Д., Засельського І.В., Вітітньова Ю.І. [7,8]. Відсутність в даних роботах методики розрахунку ексцентричної валкової опори стрічкового конвеєра транспортуючого сипкий матеріал, яке може впливати на якість підготовки суміші є підставою для подальшого дослідження запропонованого пристрою.

Метою досліджень є обґрунтування величини ексцентриситету, який може бути використано для валкової опори стрічкового конвеєру без втрати її працездатності, як функції фізичних параметрів взаємодії стрічки та валку.

Методика проведення експерименту. Найбільш ефективні та економічні методи створення вібрації мають механічну основу. Перший з них – за допомогою відцентрової сили ексцентрично встановленої маси, що обертається навколо осі, закріпленої на поверхні тіла, до якого треба застосувати вібраційну дію. Другий спосіб – за допомогою важільного механізму, який відтворює зворотно-поступальний чи зворотно-обертальний рух робочого органу.

Особливістю першого виду вібраційного збудження є необхідність закріплення віброуючого тіла на м'яких пружних опорах. Такі опори не впливають на характер коливань, але потребують прискіпливої уваги, щодо збереження своєї цілісності і м'якості. Тим не менш, інерційне віброзбудження дуже часто застосовується завдяки цінності своєї особливості, а саме, завдяки можливості встановлення кількох таких збудників на тілі, що піддається вібрації. Вібрація кожного зі збудників поєднується одна з одною і тому дуже складним чином впливає на поведінку тіла.

Віброзбудження за допомогою ексцентрикових збудників (другий вид) за допомогою одного чи двох кривошипів, шарнірно пов'язаних з тілом, відтворює гармонійні коливання його точок. Таким чином, тіло приймає вібраційний рух, як ланка механізму. Але в цьому випадку, по-перше, рух тіла приймає доволі прості форми, а по-друге, і це дуже важливо – вібрація може бути створена тільки одним ексцентриком. Остання особливість призводить до того, що вібрація тіла являється дуже збідненою. Така вібрація теж може бути використана у різних технологіях, але у набагато меншому обсязі, ніж при використанні інерційних збудників.

Результати досліджень та їх обговорення. Запропонований до аналізу вібраційний збудник конвеєрної стрічки відноситься до ексцентрикового типу. Стрічка конвеєру, разом з вантажем на ній прокочується зі швидкістю \bar{V} по опорному валку, розташованому під нею з можливістю вільного обертання навколо нерухомої осі O . Якщо вісь обертання валку зміщена на деяку відстань r від його осі симетрії O_1 , то виникає періодичне зміщення точки A контакту валку зі стрі-

чкою як в подовжньому напрямку по вісі x , так і в нормальному до контакту напрямку осі y . Саме нормальні зміщення стрічки, які відбуваються з частотою обертів валку, відтворюють її вібрацію та вантажу на ній. Конструктивна схема такого вузла наведена на рис. 1 та працює наступним чином.

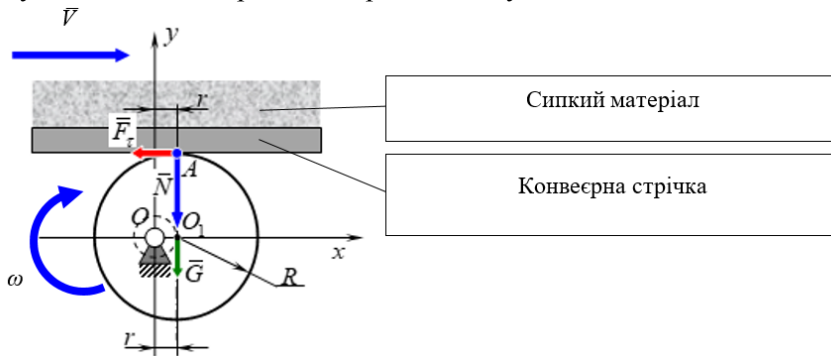


Рис. 1. Конструктивна та розрахункова схема силових факторів, що діють на валок при статичній рівновазі

Завдяки ексцентричному обертанню валку виникає корисний ефект вібрації. Чим більшим буде ексцентриситет r валку, тим з більшою амплітудою відбувається вібрація стрічки з вантажем, а чим скоріше рухатиметься стрічка конвеєру \bar{V} , тим з більшою частотою буде відбуватися вібрація.

При цьому постає задача: визначення амплітуди миттєвих коливань за умови відсутності ковзання та не відривності взаємодіючих тіл. Для вирішення даної задачі потрібно проаналізувати динаміку обертального руху ексцентричного валку.

Гранична статична обертальна рівновага валку. Повинні виконуватись такі умови при зупинці конвеєра: якщо в ньому маються ексцентричні опорні валки, то вони не повинні мимовільно прокручуватись під діючими на них навантаженнями, тобто їх рівновага повинна бути сталою; у іншому випадку сили тертя зі сторони конвеєру не зможуть заставити валки обертатися навколо своєї осі без ковзання. Для визначення особливостей статичної рівноваги валку розглянемо силові фактори, див. рис. 1, що на нього діють при досягненні статичної рівноваги. Причому, обираємо положення, з найбільшим обертальним моментом від зовнішніх сил.

Введемо нерухомі координатні вісі O_x та O_y , пов'язані з поздовжнім та поперечним напрямками відносно стрічки з початком на осі O обертання валку. При статичній рівновазі на валок діють наступні сили: $\bar{G} = mg$ – сила тяжіння від маси валку m , в точці O_1 ; \bar{N} – сила тяжіння, що діє на одиничний валок зі сторони навантаженої стрічки; \bar{F}_τ – сила тертя, що діє зі сторони навантаженої стрічки на валок.

Також, якщо конвеєр має розрахункову продуктивність по вазі насипного продукту – Q при швидкості його стрічки V і довжині робочої гілки L , то при кількості n опорних валків завантаженість одного валку складає собою:

$$N = \frac{Q \cdot L}{n \cdot V}. \quad (1)$$

Сила тертя спокою (при умові, якщо ковзання відсутнє) між стрічкою та валком по модулю не може бути більше, ніж значення, що відповідає закону тертя Кулона. Тобто при коефіцієнті тертя спокою k , маємо:

$$|F_{\tau \max}| = k \cdot N = k \frac{Q \cdot L}{n \cdot V}. \quad (2)$$

Спрямованість сили тертя компенсує дії моменту сил тяжіння валку та стрі-

чки з вантажем, тоді, алгебраїчне значення сили тертя вираховується з рівняння рівноваги моментів відносно осі O обертання валку $\sum M_O=0$.

Звідки послідовно одержуємо:

$$F_r \cdot R - (G + N) \cdot r = 0, \quad (3)$$

$$F_r = (G + N) \cdot \frac{r}{R}. \quad (4)$$

Умова при якій ковзання відсутнє, в парі тертя стрічка-валок формуються на основі співставлення (2) та (4):

$$k \frac{Q \cdot L}{n \cdot V} > (G + N) \cdot \frac{r}{R}. \quad (5)$$

Звідки після послідовного його рішення одержуємо наступне конструктивне співвідношення:

$$\frac{R}{r} > \frac{n \cdot Vmg}{k \cdot Q \cdot L} + \frac{1}{k}, \quad (6)$$

Але дуже зручно знаходити не абсолютну величину ексцентриситету r , а його відносну, безрозмірну величину, приймаючи значення $\varepsilon=R/r>1$.

Тоді (6) переписється у вигляді:

$$\varepsilon > \frac{n \cdot Vmg}{k \cdot Q \cdot L} + \frac{1}{k}. \quad (7)$$

Таким чином, одержано співвідношення граничних конструктивних розмірів ексцентричного валку при його статичній рівновазі.

Однак, нормальний стан стрічки конвеєру пов'язаний з її рухом. Так як при наявності незмінної швидкості стрічки, що відрізняється від нуля, точка A контакту валку з нею переміщується по гармонійному закону та можна припустити, що сили інерції валку будуть значним чином впливати на умови зчеплення. Тому окремо слід розглянути динамічний стан пари тертя валок-стрічка:

$$k \frac{Q \cdot L}{n \cdot V} > \left(mg + \frac{Q \cdot L}{n \cdot V} \right) \cdot \frac{r}{R}, \quad (8)$$

$$\frac{R}{r} > \frac{\left(m \cdot g + \frac{Q \cdot L}{n \cdot V} \right) \cdot \frac{r}{R}}{kQL} = \frac{mg \cdot n \cdot V + Q \cdot L}{kQL} = \frac{mg \cdot n \cdot V}{kQL} + \frac{1}{k}. \quad (9)$$

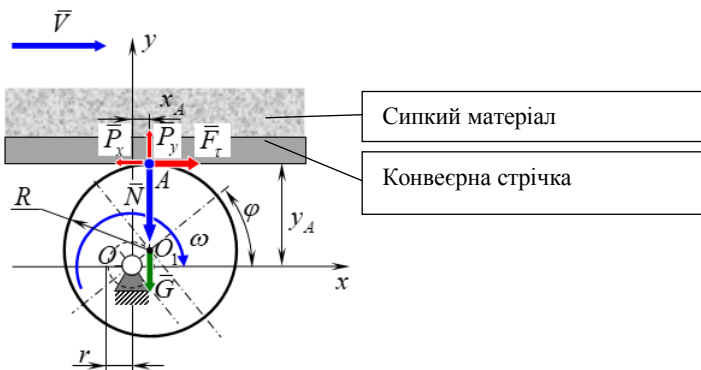


Рис. 2. Розрахункова схема силових факторів, що діють на валок

Умови зчеплення при рівномірному русі стрічки валку. Розглянемо силові фактори (рис. 2), що діють на валок при його повороті при рівномірному обертанні на довільний кут φ . І в цьому разі введемо нерухомі координатні вісі O_x та

O_y , пов'язані з поздовжнім та поперечним напрямками відносно стрічки з початком на осі O обертання валку. Якщо ексцентриситет валку має величину r , а радіус циліндричної поверхні валку R , то точка контакту A його циліндричної поверхні з навантаженою стрічкою у введеної системі осей буде мати координати:

$$\begin{cases} x_A = r \cdot \cos \varphi \\ y_A = R + r \cdot \sin \varphi \end{cases} \quad (10)$$

За урахуванням кута φ маємо закон зміни координат точки A (контакту двох тіл):

$$\begin{cases} x_A = r \cdot \cos(\omega \cdot t) \\ y_A = R + r \cdot \sin(\omega \cdot t) \end{cases} \quad (11)$$

Причому, координата y_A відповідальна за нормальне переміщення навантаженої стрічки, тобто, за її вібрацію.

З рис.2 видно, що координати вздовж осі O_x для точок A (точки контакту) і O_1 (центра мас валку) рівня між собою $x_a = x_{O1}$.

Тоді з курсу теоретичної механіки [9] та на основі (9) можна визначити швидкість та прискорення точки A вздовж осі O_x наступним чином:

$$|V_{O,x}| = r \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t), \quad (12)$$

$$|a_{O,x}| = r \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t), \quad (13)$$

а її прискорення вздовж осі O_y буде виглядати, як:

$$|a_{O,y}| = r \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (14)$$

Визначимо взаємозв'язок між шляхами рухомих поверхонь в їх контакті A , при відсутності ковзання:

$$s = -\varphi R, \quad (15)$$

де S – шлях, що проходить стрічка за деякий довільний період часу Δt , м; φ – кут, що утворює вісь валку за такий же термін Δt , рад.

Залежність (15) також визначає наявність зв'язку між лінійною швидкістю стрічки V та кутовою швидкістю валку ω в їх алгебраїчному значенні:

$$\frac{s}{\Delta t} = -\frac{\varphi}{\Delta t} R, \text{ або } V = -\omega R. \quad (16)$$

Від'ємний знак означає, що позитивна лінійна швидкість стрічки викликає від'ємне обертання валку, тобто, при якому кут повороту зменшується.

При рівномірному русі стрічки на валок діють наступні сили: \vec{G} – сила тяжіння, валку; \vec{N} – сила тяжіння, що діє на одиничний валок зі сторони навантаженої стрічки; \vec{F}_τ – сила тертя, що діє зі сторони навантаженої стрічки на валок; \vec{P}_x – сила інерції, що діє на валок внаслідок прискорення його центру мас при русі вздовж осі O_x (стрічка з вантажем у цьому напрямку рухається рівномірно); \vec{P}_y – сила інерції, що діє на стрічку і її вантаж внаслідок прискорення разом з валком при русі вздовж осі O_y (саме в цьому напрямі стрічка з вантажем то збільшує, то зменшує своє притискання до валку внаслідок своєї інертності).

Сила інерції валку вздовж осі O_x відповідає другому закону Ньютона. І за урахуванням (14), маємо її абсолютну величину за видом:

$$|P_x| = m \cdot |a_{O,x}| = m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t). \quad (17)$$

Напрямок сили інерції протилежний напрямку прискорення центра мас валку. Цю обставину віддзеркалено на розрахунковій схемі (рис. 2).

Сила інерції \bar{P}_y по модулю може бути вирахована за (14) для прискорення в відповідному напрямі стрічки з вантажем:

$$|P_y| = \frac{N}{g} \cdot |a_{O,y}| = \frac{Q \cdot L}{gn \cdot V} \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t). \quad (18)$$

Спрямованість сили тертя при рівномірному русі стрічки, а значить, і при рівномірному обертанню валку, відповідає наступній умові: вона компенсує як дію сили інерції, так і сили від дії моменту сил тяжіння валку і його вантажу. Тобто алгебраїчна величина сили тертя вираховується з рівняння рівноваги моментів відносно осі O обертання валку, тоді одержуємо:

$$(P_x - F_\tau) \cdot y_A - (G + N - P_y) \cdot x_A = 0, \quad (19)$$

звідки:

$$F_\tau = P_x - (G + N - P_y) \cdot \frac{x_A}{y_A}. \quad (20)$$

Як видно з (17), знак сили тертя залежить від знаку координати x_A (координата y_A завжди позитивна). При $|\varphi| > \frac{\pi}{2}$ направленість сили тертя позитивна, а при $|\varphi| < \frac{\pi}{2}$ – негативна.

Умова коли ковзання відсутнє в парі тертя стрічка-валок формуються на основі співставлення (17) та (20) при тому, що $r \cdot \omega^2 < g$, чи $V < R \sqrt{\frac{g}{r}}$ (для безвідривного руху стрічки):

$$\begin{cases} k \frac{Q \cdot L}{n \cdot V} > P_x - (G + N - P_y) \cdot \frac{x_A}{y_A} \\ V < R \sqrt{\frac{g}{r}} \end{cases}. \quad (21)$$

Після підстановки величин та вирішуючи (21) використовують відносну безрозмірну величину ексцентриситету, обираємо остаточно наступні нерівності:

$$\begin{cases} k \frac{QL}{nV} > m \frac{V^2}{\varepsilon \cdot R} \cdot \cos\left(\frac{V}{R}t\right) - \left\{ mg + \frac{QL}{nV} \left[1 - \frac{V^2}{g\varepsilon R} \cdot \sin\left(\frac{V}{R}t\right) \right] \right\} \cdot \frac{\cos\left(\frac{V}{R}t\right)}{\varepsilon - \sin\left(\frac{V}{R}t\right)} \\ V < R \sqrt{\frac{g}{r}} \end{cases}. \quad (22)$$

З нерівності, що утворилася, визначаємо відносну величину ексцентриситету при наданих інших параметрах.

Отримані значення можемо використати, щоб визначити максимально допустиму амплітуду та частоту вібрації при використанні ексцентрикового валку заданого розміру. Так, амплітуда коливань A буде дорівнювати абсолютній величині r ексцентриситету, тобто якщо $\varepsilon = R/r$, то:

$$A = \frac{R}{\varepsilon}, \text{ м} \quad (23)$$

А за урахуванням (16) отримуємо частоту коливань:

$$\nu = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{V}{2\pi R}, \text{ Гц} \quad (24)$$

Таким чином, коливання з параметрами по (23) та (24) при відсутності ков-

зання в контактi валок-стрічка, виникають з подвійною умовою. Одна з цих умов стосується відсутності ковзання, а друга – безвіддривності взаємодіючих тіл – опорного валку і стрічки конвеєру. Остання умова гарантує, що між взаємодіючими тілами не виникатиме ударів, які неодмінно негативно впливатимуть як на сипкий вантаж конвеєру, так і на ексцентричний валок зі стрічкою.

Висновки:

1. Вперше одержані залежності та розглянуто рух конвеєрної стрічки з матеріалом за умови використання ексцентричної валкової опори та їх зчеплення при відсутності ковзання і безвіддривності взаємодіючих тіл;
2. Встановлено, що безвіддривність взаємодіючих тіл забезпечується коли амплітудне значення дорівнює величині ексцентриситету валку, а частота його коливань виникає з подвійною умовою;
3. Застосування розробленої математичної моделі і програмного продукту до неї, дозволить спроектувати ефективний засіб вібраційного впливу на технологічну схему конвеєр-змішувач при підготовці металургійної шихти до плавки та спікання.

Список літератури

1. Грищенко С. Г. Проблемные вопросы развития горно-металлургического комплекса Украины / С. Г. Грищенко, А. Ф. Гринев, Л. Г. Тубольцев // *Металлург. и горно-руд. 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. Uchitel A. D. Determination of technological and power parameters mixer homogenizator / A. D. Uchitel, D. V. Popolov, I. V. Zasel'skiy // *Metallurgical and Mining Industry*. - 2016 – №1 – p. 158-162
4. Учитель О.Д., Засельський В.Й., Пополов Д.В., Засельський І.В. Удосконалення технології та обладнання агломераційного виробництва: монографія.- Кривий Ріг: вид-во Р.А. Козлов, 2018.-184с.
5. 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
6. The modeling of a grain materials mixing process in the circulating type devices / Tarshis M. Yu., Korolev, Kapranova A. V. // *Межвузовский сборник научных трудов*, 2016. Ярославский государственный технический университет. – Ярославль. 2016. – С.242-250
7. Перспективы направления усовершенствования конструкций роторных смесителей непрерывного действия / Д. В. Пополов, Засельский И. В., Витетньов Ю.И. // *Международный журнал Acta Universitatis Pontica Euxinus*, Спеціальний випуск, Дніпрпетровськ-Варна.: 2015, Т2. – С.136-138
8. 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.
9. Теоретична механіка. В.І. Векерик, Д.І. Ільчишина, та ін.: [навч. пос.] / В.І. Векерик, Д.І. Ільчишина, К.Г. Левчук, І.В. Циділо, Л.М. Шальда. – Івано-Франківськ: Факел. – 2006. – 459 с.

Стаття надійшла до редакції 23.03.2020.

V. I. ZASELSKIY, D. V. POPOLOV, S. V. SHVED, M. I. SHEPELENKO

ANALYSIS OF THE WORKING OF THE ECCENTRIC SUPPORT FOR THE CONVEYOR BELT

To obtain metals and alloys of the required chemical composition and mechanical strength, apply various types of necessary raw materials. Such mixed raw materials, before operations sintering and smelting are called charge materials. Recently, with a deterioration the raw material base of the metallurgical complex of Ukraine, much attention should be paid mixing and other type of equipment capable of existing technological schemes, to improve the quality of preparation of charge materials before sintering and smelting. Implementation the concept of the fourth digital revolution precisely at the mixing stage is promising solution, since such a process is one of the main in technological schemes metallurgical production. In addition, the purpose of consideration and implementation of such methods is the creation of production with the least number of errors that would ensure the necessary product quality adapted to the needs of consumers.

In this paper, we consider methods for analytical construction of the profile of rotor blades mixer, as well as mathematical modeling of their work on moving and mixing bulk material on a conveyor to increase process efficiency mixing raw materials and optimizing its operating costs. In this regard, the aim of this work was to determine rational parameters and geometric characteristics of the profile of the rotor mixer blades contributing to improving the quality of mixing the metallurgical charge transported on a conveyor belt. In metallurgical processes, the vibration processing of raw materials occupies an important place. Its impact on various areas of preparation of charge materials ultimately contributes to the improvement of the quality of metallurgical products. Therefore, the work aimed at realizing the possibility of additional influence on the processes of preparation of the charge directly during its transportation is relevant. The work deals with the analysis of the work of an eccentric roller conveyor belt, as an additional vibrating pathogen.

Keywords: eccentric support, roll, conveyor speed, mathematical model, vibrational influence.

References

1. Grishhenko S. G. Problemnye voprosy razvitiya gorno-metallurgicheskogo kompleksa Ukrainy / S. G. Grishhenko, A. F. Grinev, L. G. Tubol'cev // Metallurg. i gornorud. prom-st'. - 2017. - № 1. - S. 2-6. - Bibliogr.: 11 nazv. - rus.;
2. Ljaljuk V. P. Kachestvo koksa i optimizacija sostava ugol'noj shihty / V. P. Lja-ljuk, D. A. Kassim, I. A. Ljahova, V. P. Sokolova // Girnichij visnik. - 2013. - Vip. 96. - S. 136-140. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2013_96_37
3. Uchitel A. D. Determination of technological and power parameters mixer homogenizator / A. D. Uchitel, D. V. Popolov, I. V. Zasel'skiy // Metallurgical and Mining Industry. - 2016 - №1 - p. 158-162
4. Uchytel O.D., Zasel'skiy V.I., Popolov D.V., Zasel'skiy I.V. Udoshkonalennia tekhnolohii ta obladnannia ahlomeratsiinoho vyrobnytstva: monohrafiia.- Kryvyi Rih: vyd-vo R.A. Kozlov, 2018.-184s.
5. Shmel'cer E. O. O vlianii kachestva podgotovki ugol'nyh shiht na prochnost' i gransostav koksa [Elektronnij resurs] / E. O. Shmel'cer, V. P. Ljaljuk, V. P. Sokolova, I. A. Ljahova, D. A. Kassim, M. V. Kormer // Girnichij visnik. - 2015. - Vip. 99. - S. 128-133. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/girvi_2015_99_31
6. The modeling of a grain materials mixing process in the circulating type devices / Tarshis M. Yu., Korolev, Kapranova A. B. // Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov, 2016. Jaroslavskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. - Jaroslavl'. 2016. - S.242-250
7. Perspektivy napravlenija usovershenstvovaniija konstrukcij rotornyh smesitelej nepreryvnogo dejstvija / D. V. Popolov, Zasel'skiy I. V., Vitetn'ov Ju.I. // Me-zhdunarodnyj

zhurnal Acta Universitatis Pontica Euxinus, Special'nij vipusk, Dniprpet-rov's'k-Varna.: 2015, T2. – S.136-138

8. Borodulin D. M. Razrabotka i matematicheskoe modelirovanie nepreryvno dejstvujushhikh smesitel'nyh agregatov centrobezhnogo tipa dlja pererabotki sypuchih materialov. Obobshhenie teorij i analiz: monografija / D. M. Borodulin. – Kemerovo, 2013 – 207 s.

9. Teoretychna mekhanika. V.I. Vekeryk, D.I. Ilchyshyna, ta in.: [navch. pos.] / V.I. Vekeryk, D.I. Ilchyshyna, K.H. Levchuk, I.V. Tsydilo, L.M. Shalda. – Ivano-Frankivsk: Fabel. – 2006. – 459 s.

В. Й. ЗАСЕЛЬСКИЙ, Д. В. ПОПОЛОВ, С. В. ШВЕД, М. И. ШЕПЕЛЕНКО

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭКСЦЕНТРИЧНОЙ ОПОРЫ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

В металлургических процессах, важное место занимает вибрационная обработка сырья. Ее влияние на разных участках подготовки шихтовых материалов в конечном случае способствует увеличению качества металлургической продукции. Поэтому работа, направленная на воплощение возможности дополнительного влияния на процессы подготовки шихты непосредственно при ее транспортировке, является актуальной. Работа касается анализа работы эксцентричного опорного валку ленточного конвейера, как дополнительного вибрационного возбудителя.

Ключевые слова: эксцентричная опора, валок, скорость конвейера, математическая модель, вибрационное воздействие.

Засельский Владимир Йосипович – директор, д-р. техн. наук, проф., Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України, вул. Степана Тільги, 5, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50006, тел. (056)-470-13-07, E-mail: zaselskiy52@gmail.com.

Пополов Дмитро Володимирович – завідувач кафедри інжинірингу з галузевого машинобудування, канд. техн. наук, доц., Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України, вул. Степана Тільги, 5, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50006, тел. (056)-470-13-07, E-mail: Dmitrypopolov@gmail.com

Швед Сергій Віталійович – доцент кафедри інжинірингу з галузевого машинобудування, канд. техн. наук, доц., Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України, вул. Степана Тільги, 5, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50006, тел. (056)-470-13-07, E-mail: svshved59@gmail.com

Шепеленко Марія Іванівна – асистент кафедри інжинірингу з галузевого машинобудування, Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України, вул. Степана Тільги, 5, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл., 50006, тел. (056)-470-13-07; +380986028188, аспірант кафедри гірничих машин та обладнання, Криворізький національний університет, E-mail: shepelm2011@gmail.com.