

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ В ЕНЕРГЕТИЦІ ENERGY TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

УДК 622.673.1

С.В. Зайченко, д-р техн. наук., доц. ORCID 0000-0002-8446-5408
Н.А. Шевчук, канд. техн. наук, доц. ORCID 0000-0003-0355-9793
В.В. Вапнічна, канд. техн. наук, доц. ORCID 0000-0003-3938-4358
В. Диновська, студентка; ORCID 0000-0002-5678-6386
А.В. Квіщук, студент. ORCID 0000-0002-4889-1186

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ГІРНИЧОТРАНСПОРТНИХ КОМПЛЕКСІВ

У статті представлено новий підхід зменшення втрат цінного компоненту при збагаченні паливно-енергетичних корисних копалин шляхом використання модернізованого скребкового конвеєру. Для удосконалення технології збагачення паливно-енергетичних корисних копалин запропоновано модернізувати конструкцію скребкового конвеєра шляхом зміни кута скребка до напрямку руху гірничої маси. Отримані закономірності, які описують умови розділення компонентів, дозволять створити методику розрахунку геометричних параметрів скребкового конвеєру для збагачення вугілля за тертям.

Запропонована модернізація дає можливість поєднати в одному пристрої два технологічних процеси: збагачення та транспортування.

Ключові слова: скребковий конвеєр, скребок, жолоб, коефіцієнт тертя, кут нахилу скребка.

1. Вступ. В останні роки спостерігається тенденція зниження якості видобутого вугілля за рахунок збільшення зольності і ступеня подрібнення гірничої маси, тому реалізація ефективних методів сухого збагачення дрібних класів вугілля в умовах шахт є особливо актуальною [1-2]. Вугілля є одним із найважливіших видів паливно-енергетичної сировини. Частка вугілля у світовому енергетичному балансі складає близько 25%. Для потреб економіки Україна щорічно використовує близько 100 млн т вугілля, з яких майже 80 млн т видобувається вітчизняними підприємствами Донецького, Дніпровського і Львівсько-Волинського вугільних басейнів.

Вуглезбагачення – крупна підгалузь вугільної промисловості. Зі зростанням видобутку безперервно збільшується абсолютна маса вугілля, що направляється на збагачення, сортування і брикетування. Процеси збагачення вугілля полягають у розділенні гірничої маси на основі відмінностей у властивостях її складових (густини, змочуваності, крупності, твердості та ін.) Збагачення – це ряд послідовних дій, за допомогою яких відбувається відділення корисних компонентів від домішок [3-5].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Серед методів сухого збагачення гірничої маси, яка складається з компонентів, що мають різні коефіцієнти тертя, слід відзначити методи сухого збагачення за тертям. Для реалізації даного методу розділення гірничої маси запропоновано використати скребковий конвеєр, скребки якого поставлені під кутом, наближеним до кута тертя цінного компоненту до напрямку руху гірничої маси, скребки розділяють куски гірничої маси по довжині конвеєру і відділяють цінний компонент від породи по ширині конвеєра за рахунок різниці коефіцієнтів тертя породи і цінного компоненту по поверхні скребка. Модернізація даного елемента гірничотранспортного комплексу полягає в тому, щоб зменшити енергетичні і матеріальні втрати цінного компоненту при збагаченні шляхом використання скребкового конвеєру.

Процес збагачення паливно-енергетичних корисних копалин полягає в наступному (рис. 1). Гірничу масу подають в завантажувальний бункер 1, з якого вона поступає по шматкам (за допомогою шнекового живильника) на риштак скребкового конвеєра 3 між скребками 2. Скребок розташований під кутом α , який наближений до кута тертя цінного матеріалу (вугілля) по скребку 2. Внаслідок перевищення сил реакції $fmg \cdot \sin \alpha$ від взаємодії шматків цінного компоненту 4 і шматків породи 5 з скребком 3 над силами тертя $fmg \cdot \cos \alpha \cdot f$, за умови $f \leq \tan \alpha$, відбувається рух кусків з меншим значенням коефіцієнта тертя f відносно скребків 3. Розділені по ширині риштака шматки породи 5 і цінного компоненту 4 при розвантаженні потрапляють в розвантажувальні бункери цінного компоненту і породи.

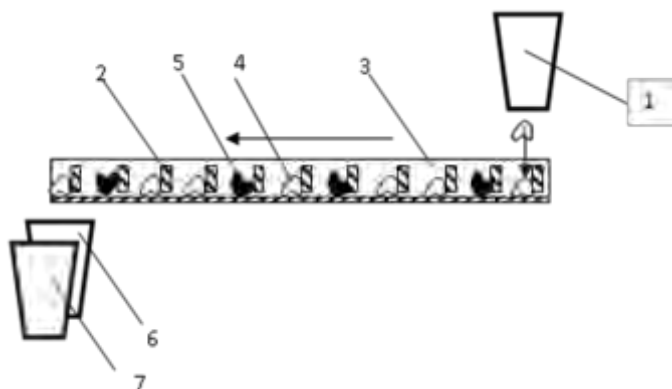


Рисунок 1 – Схема способу збагачення паливно-енергетичних корисних копалин:

1 – завантажувальний бункер гірничої маси; 2 - скребок; 3 – решітка скребкового конвеєра; 4 - куски цінного компоненту; 5 – куски породи; 6, 7 – розвантажувальні бункери цінного компоненту і породи.

Для створення методики розрахунку, яка дозволяє визначити геометричні параметри системи збагачення паливно-енергетичних корисних копалин необхідно розглянути механіку контактної взаємодії середовища і робочих органів (скребок) [6-8]. Існуючі закономірності механіки контактної взаємодії потребують уточнень, що враховують особливості процесів, які виникають при збагаченні паливно-енергетичних корисних копалин за тертям.

3. Формулювання мети роботи

Проведені дослідження ставили за мету встановлення закономірностей, які описують умови розділення компонентів, що дозволяють створити методику розрахунку геометричних параметрів процесу для збагачення паливно-енергетичних корисних копалин за тертям.

4. Виклад основного матеріалу

Розглянемо контактну взаємодію гірничої маси з робочими органами модернізованого скребкового конвеєра. Під дією скребка, цінний матеріал рухається по жолобу за допомогою скребка (рис. 2).

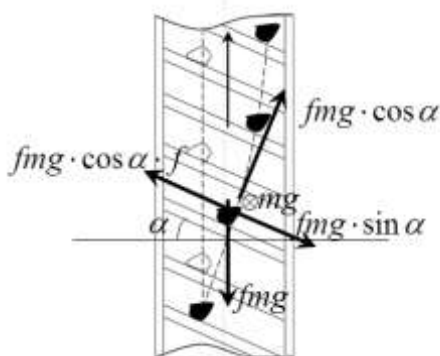


Рисунок 2 – Схема дії сил

Шматок під дією сили ваги $F = mg$ діє на жолоб, що в свою чергу викликає нормальну і дотичну складову реакцію (силу тертя). Опір, який виникає внаслідок переміщення даного тіла по поверхні іншого, під дією зовнішніх сил, спричиняє виникнення сили тертя. В даному випадку скребок розташований під кутом нахилу α , який наближений до кута тертя цінного матеріалу по скребку, що призводить до складного руху матеріалу і виникнення пари сил тертя: сила тертя відносно скребка $F_{mp.скр.} = mgf \cos \alpha$ та сила тертя відносно жолоба $F_{mp.ж.} = mgf$. При взаємодії скребка зі шматком матеріалу також виникає нормальна складова реакції $N = fmg \cos \alpha$. Оскільки, діє декілька сил, то результуюча сила – рівнодійна сила – знаходиться за правилом додавання векторів. Для двох сил це – правило паралелограма $R = F_{mp.ж.} + N$. Модуль рівнодійної сили знаходиться за теоремою косинусів:

$$R = \sqrt{F_{\text{тр.ж.}}^2 + N^2 - 2F_{\text{тр.ж.}} N \cos \alpha} = \sqrt{(mgf)^2 + (fmg \cos \alpha)^2 - 2mgf \cdot fmg \cos \alpha \cos \alpha} \quad (1)$$

Для забезпечення процесу розділення двох компонентів рівнодійна сила повинна перевищувати сили тертя:

$$F_{\text{тр.ж.}} \leq R \quad (2)$$

Використав рівняння (1) для нерівності (2) отримаємо умову процесу збагачення за тертям:

$$\alpha \geq \arctgf \quad (3)$$

З рис. 3 видно, як змінюється кут повороту скребка α від коефіцієнту тертя f . На рисунку відділено три області, які характеризують процес збагачення за тертям при різному куту нахилу скребка: у першій – відсутність відносного переміщення цінного компоненту і породи, у другій – буде відбуватись тільки рух цінного компоненту, оскільки $f_a < f_i$, у третій – відбуватиметься рух як цінного компоненту, так і породи.

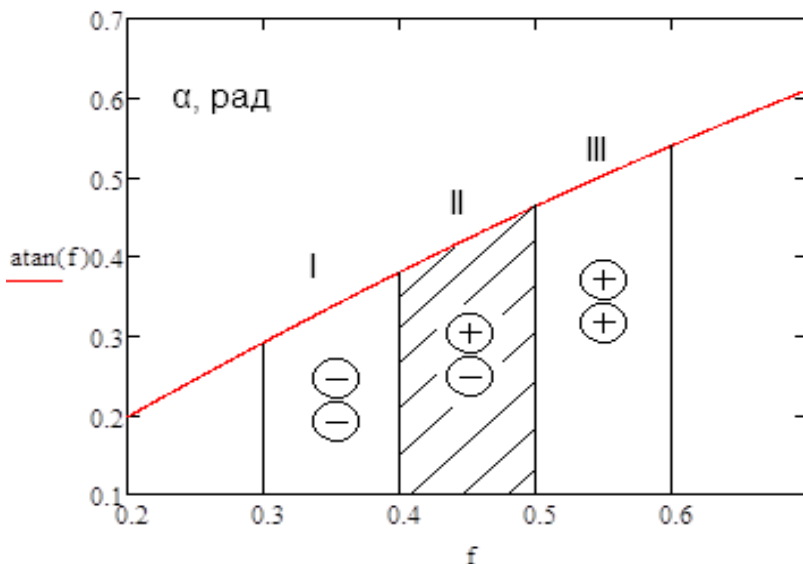


Рисунок 3 – Графік руху цінного компоненту та породи.

Авторами було проведено експериментальні дослідження для збагачення цінного компонента (кам'яного вугілля) за допомогою скребкового конвеєра. Нижче схематично зображена схема експериментальної установки (рис. 4), яка працює наступним чином. Персональний комп'ютер 1 подає сигнал до мікроконтролера 2 - ArduinoNanoAtmega328, який у свою чергу відправляє його до драйвера 3 ТВ6560, що забезпечують живлення та керування шаговим двигунам 4-17HS8401. Осі шагових двигунів обертаються в одну сторону, при чому відбувається рух зубчастого ремня 5, що у свою чергу забезпечує рух штока 7, який закріплений в підшипниках 6. До кінця штока за допомогою шайб 9 прикріплений скребок 10, під відповідним кутом α . Скребок рухається по металевій пластині, на якій є два експериментальних шматка: вугілля 13 та породи 12. При русі штока відбувається рух цінного компонента і породи. Внаслідок різниці коефіцієнтів тертя цінного компонента менше і породи $f_a < f_i$ спостерігається рух цінного компонента відносно скребка.

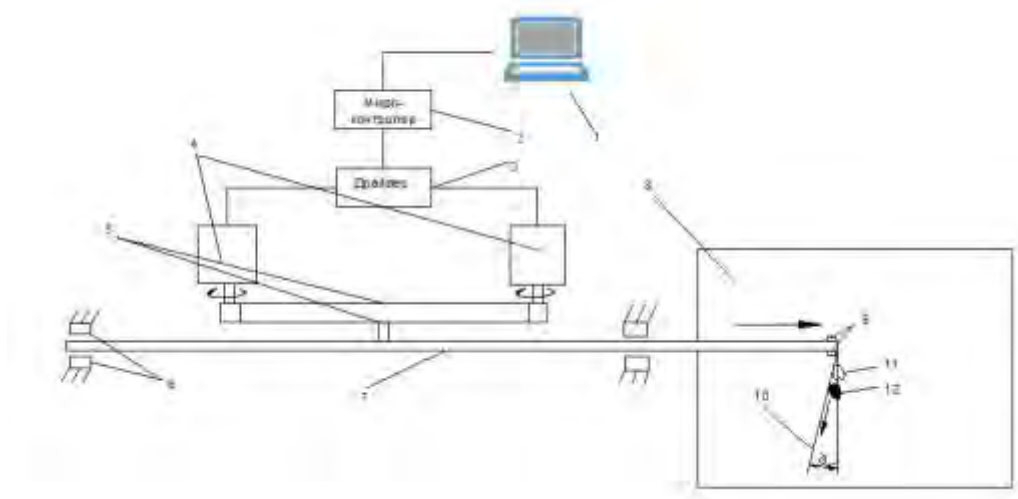


Рисунок 4 – Схема експериментальної установки



Рисунок 5 – Зображення експериментальної установки збагачення

На рис. 6 зображений рух цінного компонента та породи, відносно скребка, який повернутий під кутом α . Можливо відзначити, що шматок вугілля поступово зсувається на периферію металевій пластини, при чому шматок породи не змінює свого положення відносно скребка.



Рисунок 6 – Зображення результату експерименту

Висновки

Було розроблено новий спосіб збагачення паливно-енергетичних корисних копалин шляхом модернізації елементів гірничотранспортних комплексів, який порівняно з традиційним (вологим) забезпечує зменшення втрат енергії і матеріалів. Модернізація конструкції скребкового конвеєра з метою збагачення вугілля можлива шляхом зміни кута скребка до напрямку руху гірничої маси.

Встановлено умову процесу збагачення за тертям. Так для сталого процесу збагачення за тертям кут нахилу скребка повинен знаходитись між значеннями кутів тертя цінного компоненту і породи.

Проведенні експериментальні дослідження підтвердили можливість процесу сухого розділення двох компонентів за тертям шляхом дії нахиленого під кутом тертя скребком конвеєра. Різниця між теоретичними і експериментальними значеннями склала 5-7 %, що підтверджує правомірність отриманих теоретичних закономірностей.

Список використаної літератури

1. Зайченко С.В. Моделирование избирательного дробления по трению / С.В. Зайченко, А.Н. Соколовский // Научный вестник московского государственного горного университета. – 2013. – Вып. 8. – С. 88-90.
2. Зайченко С.В. Обогащение горной массы по прочности / С.В. Зайченко, А.С. Коцур // Научный вестник московского государственного горного университета. – 2013. - Вып. 9. – С. 53-56.
3. Смирнов В.О. Переработка і якість корисних копалин / В.О. Смирнов, В.С. Білецький. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. – 324 с.
4. Збагачення вугілля [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Збагачення_вугілля.
5. Що таке збагачення вугілля і як воно робиться [Електронний ресурс] – Режим доступу : polynet.com.ua/shho-take-zbagachennya-vugillya-i-yak-vono-robitya.html.
6. Зайченко С.В. Контактна взаємодія робочих органів безвібраційних бетоноформуєчих агрегатів при виробництві пустотних панелей : дис... канд. техн. наук: 05.05.02 /; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. - К., 2001.
7. Зайченко С.В. Наукові основи формування геотехнічних властивостей приконтурного шару і обробки тунелів роликівим ущільненням : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.15.09 /; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". - Київ, 2014. - 36 с.
8. Шевчук С.П. Аналитическое исследование процесса мехатронной вибрационной системы резания горной породы плоскими резаками шнекового бура / С.П. Шевчук, С.В. Зайченко // Научный вестник НГУ – 2016. - Вып. 3. – С. 29-34.

S. Zaychenko, Dr. Sc. Sciences., Assoc. Prof., **ORCID** 0000-0002-8446-5408

N. Shevchuk, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., **ORCID** 0000-0003-0355-9793

V. Vapnichna, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., **ORCID** 0000-0003-3938-4358

O. Dynovska, student; **ORCID** 0000-0002-5678-6386

A. Kvishchuk, student. **ORCID** 0000-0002-4889-1186

S. Zaychenko, N. Shevchuk, V. Vapnichna, O. Dynovska, A. Kvishchuk

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF BENEFICIATION OF ENERGY MINERALS

MODERNIZING ELEMENTS OF THE TRANSPORT COMPLEX

The paper presents a new approach to reduction of losses of valuable component in the enrichment by use of scraper conveyor. With the aim of modernising the design of the scraper conveyor by changing the angle of the scraper to the direction of movement of the rock mass.

The dependence patterns in the movement of material allows to verify the correctness of this upgrade, which is also confirmed by experiment.

The proposed upgrade provides the opportunity to combine in one device two options: enrichment and transport.

Keywords: scraper conveyor, scraper, gutter, strength ratio, the angle of inclination of the scraper.

References

1. Zaichenko S. Simulation of selective crushing Friction / SV Zaichenko, AN Sokolovsky // Scientific Bulletin of the Moscow State Mining University. - 2013. - Vip. 8. - P. 88-90.
2. Zaichenko S. Enrichment of the rock mass strength / SV Zaichenko, AS Kocur // Scientific Bulletin of the Moscow State Mining University. - 2013. - Vip. 9. - P. 53-56.
3. Smirnov VO Pererobka i yakist korisnih Kopalyn / VO Smirnov, VS Biletsky. - Donetsk: Shidny vidavnychy Dim, 2005. - 324 p.
4. Coal [electronic resource]. - 2015. - Access: https://uk.wikipedia.org/wiki/Збагачення_вугілля.
5. What is the enrichment and how it is [electronic resource] - Access: polynet.com.ua/shho-take-zbagachennya-vugillya-i-yak-vono-robitya.html.
6. Zaichenko S. Contact interaction of working bodies bezvibratsiynyh betonofarmuyuchykh units in the production of hollow panels: Thesis ... candidate. Sc. Sciences: 05.05.02 /; Kyiv National University of Construction and Architecture. - K., 2001.
7. Zaichenko S. The scientific basis for the formation of geotechnical properties marginal layer processing and tunnels roller compaction: Author. Dis. ... Dr. Sc. Sciences: 05.15.09 /; Nat. Sc. University of Ukraine "Kyiv. Polytechn. Inst." - Kyiv, 2014. - 36 p.
8. Shevchuk SP Analytical study of the process of mechatronic vibration rock cutting system cutters flat auger / SP Shevchuk SV Zaichenko // Scientific Bulletin of National Mining University – 2016 – Vip. 3. – P. 29 – 34.

УДК 622.673.1

С.В. Зайченко, д-р техн. наук., доц. ORCID 0000-0002-8446-5408
Н.А. Шевчук, канд. техн. наук, доц. ORCID 0000-0003-0355-9793
В.В. Вапничная, канд. техн. наук, доц. ORCID 0000-0003-3938-4358
А.В. Диновская, студентка; ORCID 0000-0002-5678-6386
А.В. Квищук, студент. ORCID 0000-0002-4889-1186

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ ТОПЛИВО-
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПУТЁМ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ
ГОРНОТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

В статье представлен новый подход уменьшения потерь ценного компонента при обогащении топливо-энергетических полезных ископаемых путем использования модернизированного скребкового конвейера. Для усовершенствования технологии обогащения топливо-энергетических полезных ископаемых предложено модернизировать конструкцию скребкового конвейера путем изменения угла скребка к направлению движения горной массы.

Полученные зависимости, которые описывают условия деления компонентов позволяют создать методику расчёта геометрических параметров скребкового конвейера для обогащения угля трением.

Предложена модернизация дает возможность совместить в одном устройстве два технологических процесса: обогащение и транспортировку.

Ключевые слова: скребковый конвейер, скребок, желоб, коэффициент прочности, угол наклона скребка.

Надійшла 13.12.2016

Received 13.12.2016