

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ЕНЕРГОЄМНОСТІ КОНВЕЄРА ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ РІЗНИХ ВІДХОДІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Часов Д. П., Бельмас І. В., Вернигора В. Д., Коляда Б. І.

Об'єктом дослідження є процес транспортування відходів механічної обробки від верстату до зони подальшої переробки за допомогою модернізованого шнекового конвеєра. Однією з найбільших проблем транспортування відходів механічної обробки залишається висока собівартість допоміжних процесів, які утворюють кінцеву вартість продукції. Оскільки зменшення собівартості за рахунок виключення із технологічного процесу етапів транспортування та переробки неможливе, то залишається енергетична складова питання. Зменшення затрат енергоресурсів при всіх етапах механічної обробки, транспортуванні та переробки є важливою економічною та екологічною задачею.

У роботі визначається енергоємність конвеєра при транспортуванні стружки, отриманої при торцьовому точінні зубчастого вінця колеса. Також робота присвячена переміщенню шламу, отриманому при плоскому шліфуванні кришки циліндричного редуктора. Досліджувані стружка та шлам перебувають у різних станах: сухому, вологому та непідготовленому.

Проведено аналіз існуючого ефективного обладнання для очистки та переміщення до етапів очистки та переробки мастильно-охолоджуючих рідин, стружки та шламів з урахуванням енергоємності. Проведено порівняльний аналіз споживання електроенергії транспортера з урахування енергозатрат на підготовки транспортованого матеріалу – процес сушки. Наведено рекомендації стосовно випадків використання сушарки для підготування стружки та шламів до процесів переміщення до зон переробки, очищення або утилізації. Визначено ефективні величини енергоємності конвеєра на основі графічних залежностей, виходячи із умов заданої продуктивності.

Показано, що отримання ефективної енергоємності конвеєра досягається за рахунок комбінованого врахування енергозатрат транспортера та обладнання для підготовки стружки та шламу. Це дозволяє заощадити 5–7 % енергозатрат для очікуваної продуктивності від 12,4 г/хв. У підсумку дослідження зроблено висновок, що ефективна енергоємність конвеєра складає 70–90 Вт/хв для заданої продуктивності 10–12 г/хв при транспортуванні вологих шламів та стружки.

**Ключові слова:** мастильно-охолоджувальні рідини, транспортування відходів, переробка стружки, переробка шламу, технології утилізації.

### 1. Вступ

Під час механічної обробки використовуються мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) та миючі розчини. При обробці деталей різанням МОР, що надходить

в зону різання, повинна бути чистою та вільною від стружки, шламів та інших домішок, що знижують охолоджуючий та мастильний ефект. Забруднення в МОР може привести і до ряду інших негативних наслідків. Транспортування відходів механічної обробки відбувається як разом із МОР так і без них. Переміщення МОР, стружки та шламу є складовою собівартості продукції, для зниження якої необхідно використовувати варіативні технології. До таких технологій слід віднести зниження спожитої електроенергії за рахунок доопрацювання процесів переробки – виключення/включення до етапів транспортування сушки стружки та шламів, адже процес висушування стружки та відокремлення МОР від шламів споживає до 40 % енергоємності процесу переробки.

Дослідженню ефективного обладнання для очистки мастильно-охолоджуючих рідин з урахуванням енергоємності існує небагато. Так, робота [1] присвячена відцентровій очистці. Але не в повній мірі досліджено кількісне споживання енергії. Робота [2] присвячена вибору типу очисних та транспортувальних методик під час циркуляційних методів подачі рідин та зовсім відсутній аналіз енергоефективності. Роботи [3, 4] присвячені альтернативним методикам транспортування та регенерації рідин з урахуванням економічної доцільності проекту. Та все ж таки невизначеним залишається ступінь економічної ефективності з боку енергоспоживання у порівнянні з аналогічними методиками. Дослідження [5, 6] присвячені удосконаленню методик транспортування, переробці та знежирення стічних вод. В даних дослідженнях залишається нерозкритою енергетична складова питання. Робота [7] присвячена визначенню продуктивності та енергоспоживанню конвеєра, однак відсутній порівняльний аналіз енергоємності для різних типів матеріалів. Роботи [8, 9] присвячені удосконаленню конструкцій конвеєрів. Але відсутні енергетичні чи економічні розрахунки доцільності проектів. Робота [10] присвячена продуктивності допоміжного обладнання без урахування його енергоємності.

Роботи по вдосконаленню та дослідженню переміщень, переробки та утилізації направлені на збільшення продуктивності, а не на доцільне використання енергоресурсів.

У якості транспортованого матеріалу використовувалася стружка, отримана при торцьовому точінні зубчастого вінця колеса; шлам, отриманий при плоскому шліфуванні кришки циліндричного редуктора. Шлам та стружка відібрані у трьох станах: сухий (попередньо просушення у сушарці), вологий (попереднє проходження через механічні фільтри) та непідготовлений (без жодної підготовки – з відповідної системи верстату). Почергове завантаження різних станів досліджуваних матеріалів супроводжувалося фіксацією спожитої електроенергії за допомогою лічильника, який встановлено між електродвигуном та точкою живлення від мережі. Недоліком такого методу дослідження є похибка обладнання та можливість нерівномірного розподілу вантажу, що вплине на неоднорідність результатів і не покривається помилкою експерименту.

Таким чином, *об'єктом дослідження* є процес транспортування відходів механічної обробки від верстату до зони подальшої переробки за допомогою модернізованого шнекового конвеєра (рис. 1) [11].



**Рис. 1.** Шнековий конвеєр

*Мета дослідження* – визначити ефективну енергоємність конвеєра при транспортуванні відходів механічної обробки.

## **2. Методика проведення дослідження**

Дослідження впливу різних типів транспортованих матеріалів у різних станах на рівень споживання електроенергії виконувалося в інтервалах від 1,4 до 22,5 г/с продуктивності роботи конвеєра при постійній заповнюваності жолоба в 25–30 %.

Для підготовки сухої стружки та шламу використовувалася промислова сушарка потужністю 5 кВт/год.

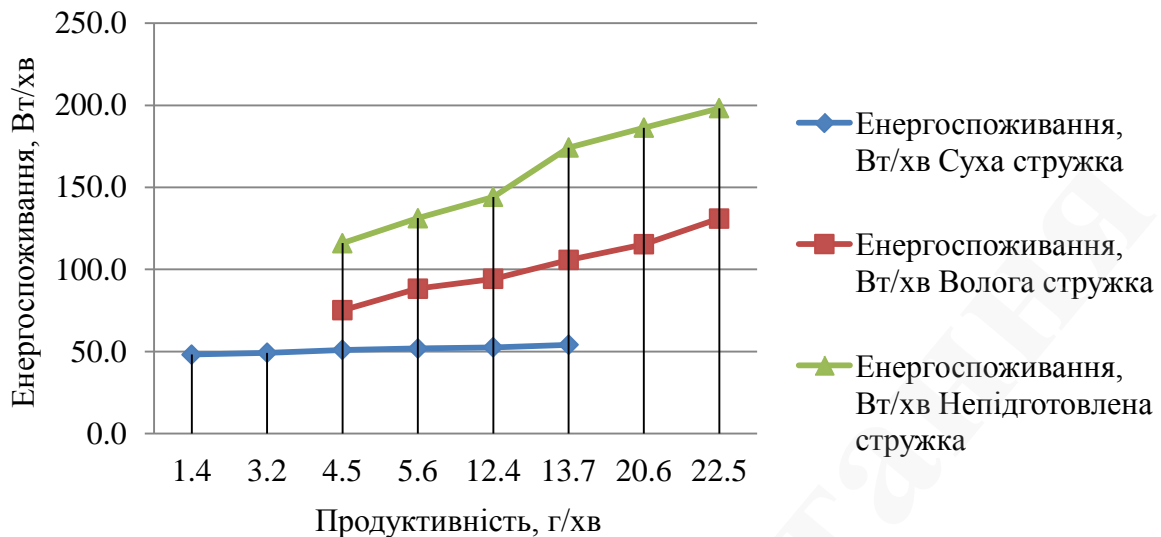
Для отримання вологої стружки та шламу застосовувалися комплексні триступеневі фільтри (перша ступінь затримує частинки розміром більше 0,1 мм, друга ступінь – частинки більше 0,05 мм, відповідно, третя – більше 0,005 мм).

## **3. Результати дослідження та обговорення**

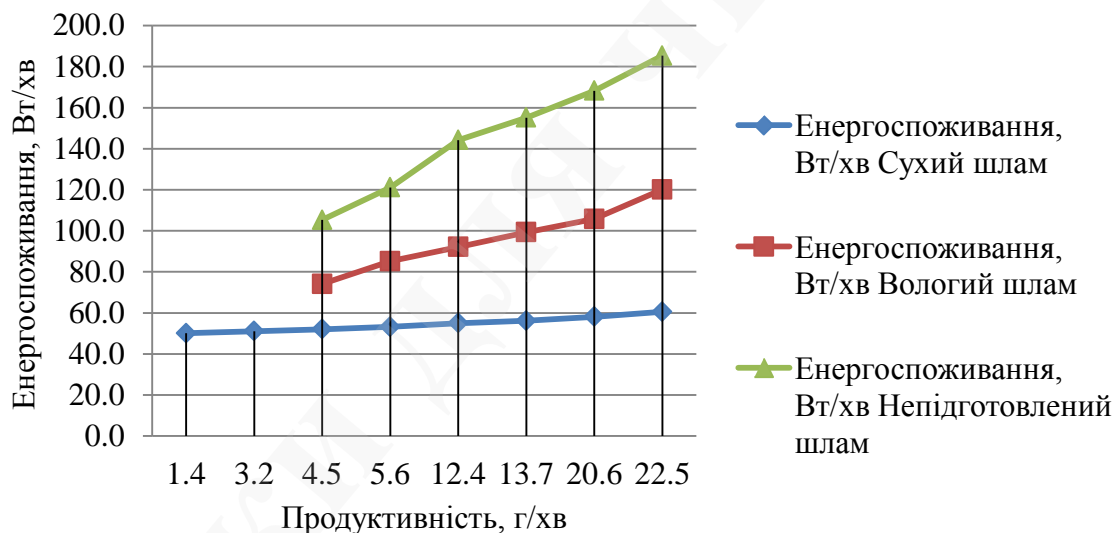
Переміщення відходів механічної обробки відбувається різними способами, але найрозповсюдженішим є використання конвеєрного транспорту. Етап транспортування може відбуватися з непідготовленими матеріалами (безпосередньо з верстату) або пройти стадії фільтрації, очистки та сушки.

Враховуючи вартість енергоносіїв, слід раціональніше їх використовувати для зменшення собівартості продукції. Оскільки переміщення відходів є складовою процесів обробки, то зниження або ефективне споживання енергії є важливою задачею.

Проведені дослідження зі споживання енергії конвеєром при транспортуванні різних типів матеріалів (рис. 2, 3) показали арифметичну залежність росту споживання від в'язкості матеріалу та заданої продуктивності роботи. Якщо продуктивність є позитивним чинником, то його модернізувати не доцільно.



**Рис. 2.** Енергоемність конвеєра при транспортуванні стружки



**Рис. 3.** Енергоемність конвеєра при транспортуванні шламу

Як видно з графіків на рис. 2, 3, в'язкість сприяє збільшенню споживання енергії. Під в'язкістю відходів можна розуміти відмінність стану матеріалу від сухого (підготовленого).

При попередній підготовці використовувалася система фільтрів, яка не споживає енергії, але значною мірою знижує її споживання конвеєром при переміщенні стружки та шламі.

Використання сушарки для отримання сухої стружки та шламу допомагає знизити рівень споживання електроенергії, однак слід враховувати власні енергопотребителі сушарки, що становлять 5 кВт/год (для дослідного зразка при перерахунку на дослідні величини 83 Вт/хв).

Як видно з графіків на рис. 2, 3, використання сушарки є недоцільним в повній мірі, в порівнянні із споживанням енергії конвеєром при транспортуванні вологого шламу, отриманого шляхом фільтрації без енергозатрат. Доцільність

сушарки прослідковується на етапі переходу до продуктивності від 12,4 г/хв та вище у порівнянні із непідготовленим матеріалом.

#### 4. Висновки

Під час виконання дослідження було визначено енергоємність конвеєра при транспортуванні стружки різних станів:

- для сухої стружки в межах від 49 до 52 Вт/хв;
- для вологої стружки в межах від 75 до 131 Вт/хв;
- для непідготовленої стружки від 75 до 200 Вт/хв.

Також визначено енергоємності конвеєра при транспортуванні шламу різних станів:

- для сухого шламу в межах від 50 до 61 Вт/хв;
- для вологого шламу в межах від 74 до 120 Вт/хв;
- для непідготовленого шламу в межах від 105 до 185 Вт/хв.

Проведено порівняльний аналіз енергоспоживання, в ході чого було визначено доцільність використання фільтрувальних установок та застосування сушарок при заданій продуктивності вище за 12,4 г/хв.

Аналізуючи вищесказане можемо зробити висновок, що ефективна енергоємність конвеєра складає 70–90 Вт/хв для заданої продуктивності 10–12 г/хв при транспортуванні вологих шламів та стружки.

#### Література

1. Evstratova, A. V. (2007). Vliianie formy vnutrenneipoverkhnosti korpusa shnekovogo pressa na ego proizvoditelnost. *Perspektivy razvitiia Vostochnogo Donbassa*. Novocherkassk: UPTS «Nabla» IURGTU (NPI), 113–118.
2. Chasov, D. (2016). Determining the equation of surface of additional blade of a screw conveyor. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (83)), 10–14. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80606>
3. De Abreu Domingos, R., da Fonseca, F. V. (2018). Evaluation of adsorbent and ion exchange resins for removal of organic matter from petroleum refinery wastewaters aiming to increase water reuse. *Journal of Environmental Management*, 214, 362–369. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.022>
4. Mannu, A., Vlahopoulou, G., Sireus, V., Petretto, G. L., Mulas, G., Garroni, S. (2018). Bentonite as a Refining Agent in Waste Cooking Oils Recycling: Flash Point, Density and Color Evaluation. *Natural Product Communications*, 13 (5), 613–616. doi: <http://doi.org/10.1177/1934578x1801300523>
5. Zheng, R., Gao, H., Ren, Z., Cen, D., Chen, Z. (2017). Preparation of activated bentonite and its adsorption behavior on oil-soluble green pigment. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 53 (2), 829–845. doi: <http://doi.org/10.5277/ppmp170213>
6. Gobbi, L. C. A., Nascimento, I. L., Muniz, E. P., Rocha, S. M. S., Porto, P. S. S. (2018). Electrocoagulation with polarity switch for fast oil removal from oil in water emulsions. *Journal of Environmental Management*, 213, 119–125. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.069>

7. Mirshafiee, A., Rezaee, A., Mamoor, R. S. (2018). A clean production process for edible oil removal from wastewater using an electroflotation with horizontal arrangement of mesh electrodes. *Journal of Cleaner Production*, 198, 71–79. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.201>
8. Abdulsalam, M., Che Man, H., Isma Idris, A., Faezah Yunus, K., Zainal Abidin, Z. (2018). Treatment of Palm Oil Mill Effluent Using Membrane Bioreactor: Novel Processes and Their Major Drawbacks. *Water*, 10 (9), 1165. doi: <http://doi.org/10.3390/w10091165>
9. Meretukov, Z. A., Koshevoi, E. P., Kosachev, V. S., Vereschagin, A. G., Sled, N. I. (2011). Proizvoditelnost transportera so spiralnym shnekom. *Novye tekhnologii*, 1, 72–76.
10. Pezo, L., Jovanović, A., Pezo, M., Čolović, R., Lončar, B. (2015). Modified screw conveyor-mixers – Discrete element modeling approach. *Advanced Powder Technology*, 26 (5), 1391–1399. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apt.2015.07.016>
11. Rud, A., Oligov, Y. (2011). Rational method of selecting the angle of the auger blade screw conveyor. *News of higher educational institutions: the North-Caucasian region: engineering science*, 5, 55–57.