ISSN 1993 3495 online
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION
2019, ТОМ 15, НОМЕР 4, 155–161
УДК 622.232+621.867.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЯ КОНВЕЙЕРНЫМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ГРУЗОПОТОКЕ ИЗ ЛАВЫ

Е. Ю. Степаненко
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»,
58, ул. Артема, г. Донецк, ДНР, 83001.
E-mail: gormash@fimm.donntu.org

Получена 08 октября 2019; принята 25 ноября 2019.

Аннотация. Одной из важнейших составляющих горного производства является транспортировка отбитой горной массы конвейерным транспортом. Как показывает практика, современные методы транспортировки недостаточно эффективны с учетом энергопотребления. Это обусловлено неравномерностью грузопотока из лавы в течение рабочей смены, что приводит к превышению нормативных значений потребления энергии в три раза. Настоящая работа посвящена актуальной проблеме поиска путей снижения энергозатрат конвейерного транспорта при переменном грузопотоке из лавы с целью снижения себестоимости добычи угля. На основе разработанной виртуальной модели получены зависимости общего энергопотребления конвейеров при различных режимах регулирования скорости ленты. Установлено, что наиболее целесообразным по критерию снижения суммарного энергопотребления с вложением минимальных инвестиционных затрат является применение трехскоростного дискретного регулирования. Увеличение количества рабочих скоростей более трех не дает существенного прироста дополнительной экономии.

Ключевые слова: конвейерный транспорт, грузопоток, очистной забой, неравномерность, регулирование, моделирование, рабочий процесс, энергопотребление.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВУГІЛЛЯ КОНВЕЄРНИМ ТРАНСПОРТОМ ПРИ ЗМІННОМУ ВАНТАЖОПОТОЦІ З ЛАВИ

О. Ю. Степаненко
ДОУ ВПО «Донецький національний технічний університет»,
58 , вул. Артема, м. Донецьк, ДНР, 83001.
E-mail: gormash@fimm.donntu.org

Отримана 08 жовтня 2019; прийнята 25 листопада 2019.

Анотація. Однією з найважливіших складових гірничого виробництва є транспортування відбитої гірничої маси конвеєрним транспортом. Як показує практика, сучасні методи транспортування недостатньо ефективні з урахуванням енергоспоживання. Це обумовлено нерівномірністю вантажопотоку з лави протягом робочої зміни, що призводить до перевищення нормативних значень споживання енергії в три рази. Дана робота присвячена актуальній проблемі пошуку шляхів зниження енерговитрат конвеєрного транспорту при змінному вантажопотоці з лави з метою зниження собівартості видобутку вугілля. На основі розробленої віртуальної моделі отримані залежності загального енергоспоживання конвеєрів при різних режимах регулювання швидкості стрічки. Встановлено, що найбільш доцільним за критерієм зниження сумарного енергоспоживання зі вкладенням мінімальних інвестиційних витрат є застосування трьохшвидкісного дискретного регулювання. Збільшення кількості робочих швидкостей більше трьох не дає суттєвого приросту додаткової економії.

Ключові слова: конвеєрний транспорт, вантажопотік, очисний вибій, нерівномірність, регулювання, оделювання, робочий процес, енергоспоживання.

RESEARCH OF ENERGY EFFICIENCY OF COAL TRANSPORTATION BY CONVEYOR TRANSPORT WITH VARIABLE CARGO FLOW FROM COALFACE

Elena Stepanenko
Donetsk National Technical University,
58, Artema Str., Donetsk, DPR, 83001.
E-mail: gormash@fimm.donntu.org

Received 08 October 2019; accepted 25 November 2019.

Abstract. One of the most important components of the mining industry is the delivery of cargo by conveyor transport. However, modern transportation methods are not sufficiently efficient in terms of energy consumption. This is due to the uneven flow of cargo from the lava during the work shift, which leads to three times the normative values of energy consumption. The present work is devoted to the urgent problem of finding ways to reduce the energy consumption of conveyor transport with variable cargo flow from lava in order to reduce the cost of coal production. Based on the developed virtual model, the dependences of the total energy consumption of the conveyors are obtained for various modes of belt speed control. It has been established that the most appropriate is the use of three speed discrete control with criterion for reducing total energy consumption with an investment of minimum investment costs. An increase in the number of operating speeds of more than three does not give a significant increase in additional savings.

Keywords: conveyor transport, cargo flow, coalface, unevenness, regulation, modeling, workflow, energy consumption.

Актуальность

В настоящее время конвейерные транспортные системы являются одним из важнейших звень ев транспортной системы угольных шахт. Они характеризуются универсальностью, простотой автоматизации и высокой производительностью при большой длине и сравнительно небольшой мощности транспортировки. Однако вследствие особенностей технологического процесса добы чи угля конвейерные транспортные системы заг ружаются неравномерно. При этом такие фак торы, как сложность пуска в загруженном состо янии и необходимость высокой степени готов ности к принятию груза, требуют непрерывной работы конвейеров без остановок. Как показы вает опыт эксплуатации, конвейерный транспорт за период рабочей смены загружается не в пол ном объеме, а иногда работает без нагрузки, то есть в режиме холостого хода. Это приводит к значительным непроизводственным затратам электроэнергии, которые могут превышать нор мативные значения в три раза. Настоящая рабо та посвящена поиску путей снижения энергозат рат конвейерного транспорта при переменном грузопотоке из лавы, что позволит добиться сни жения себестоимости добычи угля, и является актуальной научно технической задачей совре менного горного машиностроения.

Анализ исследований и публикаций

Исследования зависимости энергозатрат на транспортирование груза конвейерным транс портом от величины грузопотока проводились начиная со второй половины 60 х годов [1]. Од нако по состоянию на сегодняшний день [1–14] вопрос целесообразности и рационального алгоритма регулирования скорости тягового органа ленточных конвейеров, обеспечивающих, как правило, транспортирование груза при интен сивной выемке угля из нескольких забоев, изучен недостаточно. Результаты исследований энергоэф фективности ленточных конвейеров с регулируе мым приводом, описанные в работах [2–5], суще ственно разнятся. Кроме того, проблемной явля ется ситуация с оценкой статистических характе ристик грузопотока на шахтном конвейерном транспорте, от которых напрямую зависит резуль тат расчета их энергоэффективности [6].

Исследования [7, 8] указывают на неравномерный характер грузопотока из лавы и позволяют произвести его моделирование как случайного процесса, однако не анализируют причины неравномерности шахтного грузопотока и поступления груза на транспортную цепочку шахты. В работе [9] разработаны структурная и математическая модель процесса формирования выходного грузопотока из лавы, параметры которого могут быть использованы в качестве исходных данных для моделирования рабочего процесса ленточного конвейера. Об актуальности вопроса снижения энергопотребления транспортирования груза, в частности адаптацией скорости транспортных средств к источникам грузопотоков, свидетельствуют результаты исследований [10]. Однако внимание здесь сконцентрировано на повышении качества электроэнергии и не рассмотрен вопрос влияния неравномерности исходного грузопотока на показатели энергопотребления транспортирования груза. Энергетическая модель ленточного конвейера, представленная в [11], сводится к определению четырех расчетных коэффициентов его рабочего процесса, при этом вопросы, связанные с влиянием неравномерности входного грузопотока на величину энергопотребления на конвейере, остаются открытыми. В работе [12] установлена существенная неравномерность грузопотока и массы транспортируемого груза на ленте, а также их влияние на величину и характер неравномерности нагруженности приводных двигателей. Таким образом, необходимо проведение дальнейших исследований по обоснованию способа снижения энергопотребления на конвейерном транспорте в условиях переменного грузопотока из лавы.

Цель исследования

Поиск рационального способа регулирования скорости ленты конвейера по критерию минимизации суммарного энергопотребления на функционирование ленточного конвейера.

Основной материал

На основе методики, приведенной в работе [15], с использованием программного пакета «Matlab Simulink» разработана виртуальная модель для определения наиболее оптимального способа регулирования, позволяющая определить потребление электроэнергии при различных режимах регулирования скорости ленты как для одного, так и для цепи одновременно работающих конвейеров.

На начальном этапе моделирования задается грузопоток из очистного забоя, который описывается как произведение двух взаимно некоррелированных величин: непрерывной $Q'(t)$ и дискретной $Y_Q(t)$:

$$Q(t) = Q'(t) \cdot Y_Q(t). \qquad (1)$$

Непрерывная составляющая грузопотока $Q'(t)$ аппроксимируется случайной функцией с распределением мгновенных значений производительности по закону, близкому к нормальному. Дискретная составляющая $Y_Q(t)$ описывается обобщенной функцией, которая представляет собой бесконечную сумму функций Хевисайда, взятых по очереди с положительными и отрицательными знаками. Дискретная составляющая $Y_Q(t)$ может быть описана как поток готовности технологической цепи [16].

Алгоритм моделирования рабочего процесса конвейера позволяет выполнить расчет величины переменной транспортной задержки при регулировании скорости ленты либо присваивает постоянное значение указанной величине в случае отсутствии регулирования. Также определяется разница значений грузопотока до и после транспортной задержки и интегрируется по времени для определения текущей массы отбитого угля на конвейере Q_S. С учетом скорости конвейера V_k и веса его перемещающихся частей F рассчитывается величина энергопотребления по зависимости, приведенной в работе [16]:

$$W = F\left(Q_S\left[\begin{matrix} Q(t_i), Q(t_{i-1}), \\ Q(t_{i-\tau}), V_k\left(Q(t_i)\right) \end{matrix}\right]\right) \times \\ \times V_k\left(Q(t_i)\right) \cdot t, \qquad (2)$$

где $Q(t_{i-\tau})$ – значения процесса погрузки угля на ленту $Q(t)$, которые отстают от $Q(t_i)$ на переменную транспортную задержку.

Для проверки адекватности модели использованы данные, приведенные в работе [17]. Установлено, что разница результатов моделирования в сравнении с результатами исследований [17] составляет не более 5 %.

Для определения оптимального способа повышения энергоэффективности процесса транспортировки отбитой горной массы промоделированы рабочие процессы конвейеров с различными

схемами регулирования при одинаковых усло виях эксплуатации. Исходные данные для моде лирования грузопотока взяты из работы [9]: ма тематическое ожидание производительности очистного комбайна – 290 т/ч (диапазон от 100 до 570 т/ч; коэффициент вариации – 0,5, что обусловлено неравномерностью скорости пода чи комбайна (диапазон от 1,2 до 7,5 м/мин). В качестве объекта исследования выбрана мини мальная участковая группа, состоящая из скреб кового и ленточного конвейеров.

На рис. 1 представлен результат моделирова ния входного грузопотока. Как видно из рис. 1, входной грузопоток характеризуется высокой неравномерностью с математическим ожидани ем 4 800 кг/мин и коэффициентом вариации 0,5.

На рис. 2 представлены результаты модели рования минутных значений общего энергопот ребления конвейеров без регулирования скоро сти в течение 100 минут. Из рис. 2 видно, что энергопотребление колеблется в пределах от 0,3 до 0,7 кВт·ч/мин и характеризуется суммарным значением 270 кВт·ч.

На рис. 3 представлены результаты модели рования минутных значений общего энергопот ребления конвейеров с плавным регулировани ем скорости в течение 100 минут.

Сравнительный анализ зависимостей, приве денных на рис. 2 и 3 показывает, что снижение суммарного энергопотребления при частотном регулировании скорости в сравнении с режимом отсутствия регулирования скорости ленты со ставляет 39 %.

На рис. 4 представлены результаты модели рования минутных значений общего энергопот ребления конвейеров с дискретным регулирова нием скорости в течение 100 минут. Для всех конвейеров заданы номинальная скорость $V_{ном}$ и скорость холостого хода $V_{min} = V_{ном} / 10$. Для трех скоростного регулирования дополнительно за дана скорость $V_2 = V_{ном} / 2$, а для четырехскорост ного заданы скорости $V_2 = 3 \cdot V_{ном} / 2$ и $V_3 = V_{ном} / 3$.

Анализ зависимостей, приведенных на рис. 4, показывает, что суммарные значения величины минутного энергопотребления составляют: для двухскоростного привода – 252 кВт·ч, для

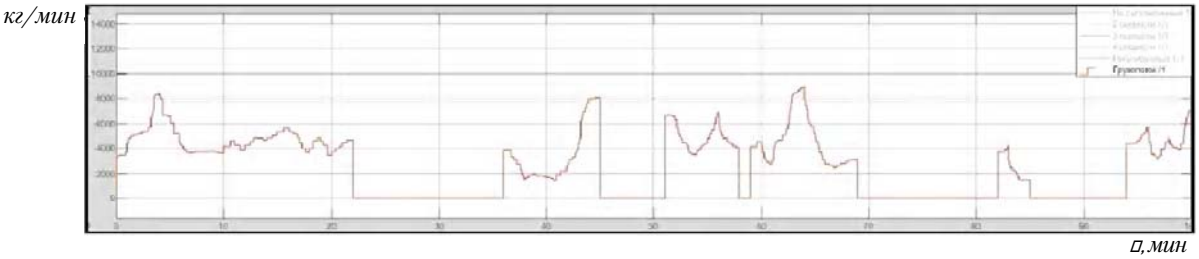

Рисунок 1. Входной грузопоток.

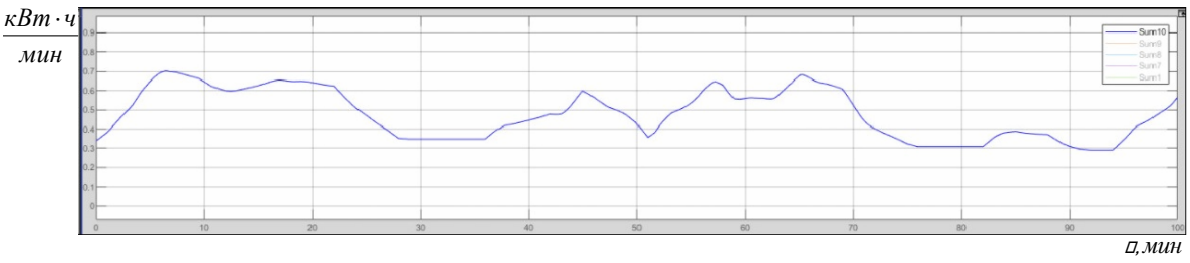

Рисунок 2. Минутные значения общего энергопотребления конвейеров без регулирования скорости.

трехскоростного – 202 кВт·ч, для четырехскоро стного – 196 кВт·ч. Это означает, для описанных выше условий вычислительного эксперимента снижение энергопотребления составит соответ ственно 6 % для двухскоростного, 25 % для трех скоростного и 27 % для четырехскоростного при водов.

Результаты оценки суммарного энергопотреб ления конвейеров в течение 100 минут приведе ны в таблице1.

Таблица 1. Электропотребление конвейеров при раз личных видах регулирования привода

Вид регулирования скорости	Суммарное энергопотребление, кВт·ч	Экономия энергии, %
Без регулирования	270	–
Двухскоростное	252	6
Трехскоростное	202	25
Четырехскоростное	196	27
Плавное регулирование	163	39

Выводы

Таким образом, на основе полученных результа тов можно сделать вывод, что наиболее опти мальным по критерию снижения суммарного энергопотребления (на 39 %) является плавное регулирование скорости ленты. Однако обеспе чение такого способа регулирования требует раз работки сложных алгоритмов регулирования и внедрения тиристорных преобразователей час тоты, затраты на установку которых значитель но выше, чем потенциальная экономия электро энергии на процесс транспортировки угля, кото рую они могут обеспечить. В связи с этим целе сообразным является применение трехскорост ного дискретного регулирования, осуществляе мого путем переключения числа пар полюсов или изменения индуктивности обмоток двигателя и обеспечивающего высокое (до 25 %) снижение величины суммарного энергопотребления. Уве личение количества рабочих скоростей более трех не дает существенного прироста дополни тельной экономии. Разница экономии электро энергии между трех и четырехскоростным регу лируемыми приводами составляет 2 %.

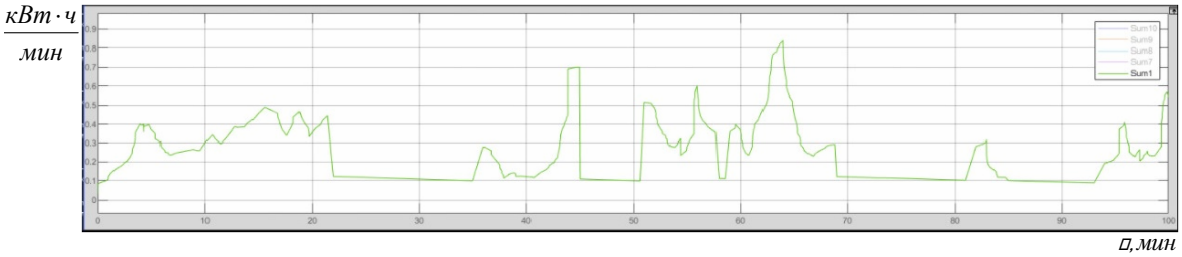

Рисунок 3. Минутные значения общего энергопотребления конвейеров с плавным регулированием скорости.

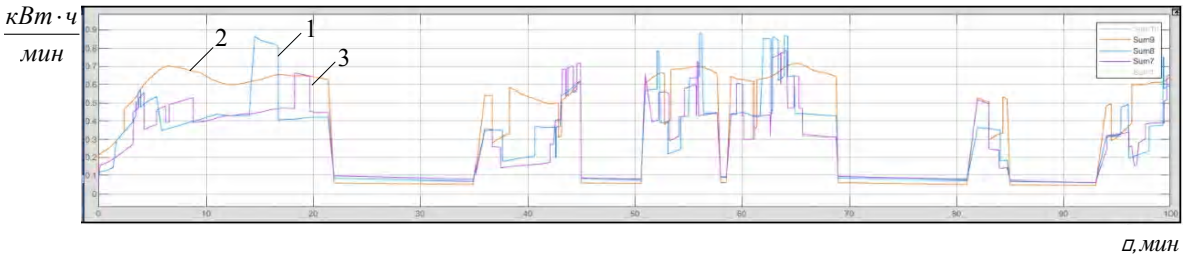

Рисунок 4. Минутные значения суммарного энергопотребления конвейеров с дискретным регулированием скорости: двухскоростное (кривая 1), трехскоростное (кривая 2), четырехскоростное (кривая 3).

Литература

1. Лобачева, А. К. Энергетические показатели конвей ерного транспорта с регулируемой и нерегулируе мой скоростью [Текст] / А. К. Лобачева // Транспорт шахт и карьеров ; под общ. ред. чл. корр. АН СССР А. О. Спиваковского. – М., 1971. – С. 158–163.
2. Ленточные конвейеры с регулируемой скоростью [Электронный ресурс] / М. Заклика, М. Колек, С. Тытко // BARTEC. — Режим доступа : http:// www.bartec russia.ru/files/mining/forcon veyance.pdf. – Загл. с экрана.
3. Иванцов, В. В. Энергосберегающее устройство плавного пуска и регулирования скорости мно годвигательного конвейера на базе ЧРЭП «ЭРА ТОН ФР» [Электронный ресурс] / В. В. Иван цов // ЭРАСИБ. – [2015–2020]. — Режим досту па : https://erasib.ru/staty/conveyor eraton fr/. – Назв. с экрана.
4. Лаухофф, Х. Действительно ли регулирование скорости ленточных конвейеров способствует экономии энергии [Текст] / Х. Лаухофф // Глю кауф. 2006. № 1. С. 9–16.
5. Wheeler, C. A. Evolutionary Belt Conveyor Design – Optimizing Coasts [Text] / C. A. Wheeler // Bulk Material Handling by Conveyor. Belt. 7. – Littleton, Colorado : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2008. – 108 p.
6. Исследование и оценка грузопотоков на магист ральном конвейерном транспорте ПСП «Шахта «Павлоградская» ПАО ДТЭК «Павлоградуголь» [Текст] / В. М. Прокуда, Ю. А. Мишанский, С. Н. Проценко // Гірнича електромеханіка. 2012. № 88. С. 107–111.
7. Макарян, Л. В. Анализ и моделирование случай ного шахтного грузопотока на магистральном сборном конвейере [Текст] / Л. В. Макарян, М. В. Сельницына // Горный информационно аналитический бюллетень. 2016. № 5. С. 67–74.
8. Статистический анализ эксплуатационных па раметров шахтного ленточного конвейера [Текст] / В. П. Кондрахин, Н. И. Стадник, П. В. Белицкий // Наукові праці Донецького на ціонального технічного університету. Сер. : Гірни чо електромеханічна. 2013. Вип. 2. С. 140–150.
9. Improving energy efficiency of coal transportation by adjusting the speeds of combine and the mine face conveyor [Text] / M. Stadnik, D. Semenchenko, A. Semenchenko, P. Belytsky et ad. // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2019. vol 1, No 8(97) Engineering technological systems. P. 60–70.
10. Coordination of multiple adjustable speed drives for power quality improvement [Text] / S. Leng, I. Y. Chung, C. S. Edrington, D. A. Cartes // Electric Power Systems Research. 2011. Vol. 81, Issue 6. P. 1227–1237.
11. Zhang, S. Modeling and energy efficiency optimization of belt conveyors [Text] / S. Zhang,

Reference

1. Lobacheva, A. K. Energy indicators of conveyor transport with regulated and unregulated speed [Text]. In: *Transport of mines and quarries. Edited by ed*. CHL. Corr. USSR ACADEMY OF SCIENCES. A. O. Spivakovskogo. Moscow, 1971. P. 158–163. (in Russian)
2. Zaklika, M.; Kolek, M.; Tytko, S. Ленточные кон вейеры с регулируемой скоростью [Electronic resource]. In: *BARTEC*. Access mode: http:// www.bartec russia.ru/files/mining/forcon veyance.pdf. Screen title. (in Russian)
3. Ivantsov, V. V. Energy saving device for soft start and speed control of a multi motor conveyor based on the «ERATON FR CHREP» [Electronic resource]. In: *ERASIB* [2015–2020]. Access mode: https://erasib.ru/staty/conveyor eraton fr/. (in Russian)
4. Laukhoff, Kh. Does adjusting the speed of belt conveyors really help save energy [Text]. In: *Gluckauf*. 2006. № 1. P. 9–16. (in Russian)
5. Wheeler, C. A. Evolutionary Belt Conveyor Design – Optimizing Coasts [Text]. Bulk Material Handling by Conveyor. Belt. 7. Littleton, Colorado : Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., 2008. 108 p.
6. Prokuda, V. M.; Mishansky, Yu. A.; Protsenko, S. N. Research and evaluation of cargo flows on the main conveyor transport PSP «mine «Pavlo gradskaya» PJSC DTEK «Pavlogradugol» [Text]. In: *Mining automobile mechanic* 2012. № 88. pp. 107–111. (in Russian)
7. Makaryan, L. V.; Selnitsyna, M. V. Analysis and modeling of random mine cargo flow on the main Assembly line [Text]. In: *Mining information and analytical Bulletin*. 2016. № 5. P. 67–74. (in Russian)
8. Kondrakhin, V. P.; Stadnik, N. I.; Belitsky, P. V. Statistical analysis of operational parameters of the mine belt conveyor [Text]. In: *Scientific works of Donetsk national technical University*. Ser.: Mining and Electromechanical. 2013. Issue 2. P. 140–150. (in Russian)
9. Stadnik, M.; Semenchenko, D.; Semenchenko, A.; Belytsky, P. [et. al.]. Improving energy efficiency of coal transportation by adjusting the speeds of combine and the mine face conveyor [Text]. In: *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol 1, No 8 (97) Engineering technological systems. P. 60–70.
10. Leng, S.; Chung, I. Y.; Edrington, C. S.; Cartes, D. A. Coordination of multiple adjustable speed drives for power quality improvement [Text]. In: *Electric Power Systems Research*. 2011. Vol. 81, Issue 6. P. 1227–1237.
11. Zhang, S.; Xia, X. Modeling and energy efficiency optimization of belt conveyors [Text]. In: *Applied Energy*. 2011. Vol. 88. Issue 9. P. 3061–3071.

X. Xia // Applied Energy. 2011. Vol. 88. Issue 9. P. 3061–3071.
12. The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation [Text] / A. Semen chenko, M. Stadnik, P. Belytsky, D. Semenchenko et ad. // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol 4, No 1(82) Engineering technological systems. P. 42–51.
13. Constructing an energy efficiency benchmarking system for coal production [Text] / N. Wang, Z. Wena, M. Liu, J. Guo // Applied Energy. 2016. № 169. P. 301–308.
14. Wang, X. Analysis of the bulk coal transport state of a scraper conveyor using the discrete element method [Text] / X. Wang, B. Li, Z.Yang // Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engine ering. 2018. № 64. P. 37–46.
15. Моделирование и оптимизация производственных процессов при добыче угля [Текст] : монография / С. А. Кариман, А. В. Брайцев, В. М. Шрамко. – М. : Наука, 1975. – 135 с.
16. Ставицкий, В. Н. Алгоритм идентификации транспортной задержки конвейера [Текст] / В. Н. Ставицкий // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. : Обчислювальна техніка та автоматизація. 2011. Вип. 20(182). С. 58–65.
17. Разумный, Ю. Т. Формирование характеристик потока угля конвейерного транспорта по данным моделирования грузопотоков из очистных забоев [Текст] / Ю. Т. Разумный, В. Т. Заика // Енерго техніка і енергетика. 2013. № 2. С. 201–206.

12. Semenchenko, A.; Stadnik, M.; Belytsky, P.; Semenchenko, D. [et. al.]. The impact of an uneven loading of a belt conveyor on the loading of drive motors and energy consumption in transportation [Text]. In: *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. vol 4, No 1(82): Engineering technological systems. P. 42–51.
13. Wang, N.; Wena, Z.; Liu, M.; Guo, J. Constructing an energy efficiency benchmarking system for coal production [Text]. In: *Applied Energy*. 2016. № 169. P. 301–308.
14. Wang, X.; Li, B.; Yang, Z. Analysis of the bulk coal transport state of a scraper conveyor using the discrete element method [Text]. In: *Strojniski vestnik – Journal of Mechanical Engineering.* 2018. № 64. P. 37–46. (in Slovenian)
15. Kariman, S. A.; Braytsev, A. V.; Shramko, V. M. Modeling and optimization of production processes in coal mining [Text] : monograph. Moscow: Science, 1975. 135 p. (in Russian)
16. Stavitsky, V. N. Algorithm for identifying the transport delay of the pipeline [Text]. In: *Scientific works of Donetsk national technical University*. Ser.: Computer engineering and automation. 2011. Issue. 20(182). P. 58–65. (in Russian)
17. Razumny, Yu. T.; Zaika, V. T. Formation of characteristics of the coal flow of conveyor transport based on the data of modeling cargo flows from treatment faces [Text]. In: *Power engineering and energy*. 2013. № 2. P. 201–206. (in Russian)

Степаненко Елена Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин ГОУ ВПО «Донец кий национальный технический университет». Научные интересы: повышение технического уровня горных машин на основе представления их как мехатронных систем с адаптивным компьютерным управлением рабо чими процессами.

Степаненко Олена Юріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри гірничніх машин ДОУ ВПО «Донець кий національний технічний університет». Наукові інтереси: підвищення технічного рівня гірничих машин на основі представлення їх як мехатронних систем з адаптивним комп'ютерним управлінням робочими процеса ми.

Stepanenko Elena – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Mining Machines Department, Donetsk National Technical University. Scientific interests: improving the technical level of mining machines based on their presentation as mechatronic systems with adaptive computer control of work processes.