

Код МРНТИ 52.13.15:52.13.27

Г.Д. Буялич¹, Г.С. Жетесова², Ж.Т. Акижанова², *К.М. Бейсембаев²¹Кузбасский государственный технический университет (г. Кемерово, Россия),²Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВОРОТА РАБОТАЮЩЕГО КОНВЕЙЕРА В КАМЕРУ

Аннотация. Исследовано движение скребкового конвейера из штрека в камеру с одновременным транспортированием груза и поворотом става на 90 градусов. С применением методов дискретизации уравнений динамики в компьютерных моделях определены нагрузки шарнирной системы и опасные состояния става конвейера. Рассмотрены методы его безопасной эксплуатации. Для расчета устойчивости кровли в камере и основном штреке, с учетом действия крепи, методом конечных элементов (МКЭ) создана программа расчета напряжений. Рассмотрена методика расчета времени цикла поворота забоя на 180 градусов. Сокращение затрат на разработку по сравнению с добычей в лавах достигает трех раз.

Ключевые слова: конвейер, поворотный, поворотно-поступательный шарнир, складывание, стенд, цикл.

Жұмыс істен тұрған кезде конвейердің камераға бұрылуын зерттеу

Андатпа. Қырғыштық конвейерінің штректен камераға бір уақытта жүк тасымалдау және ставты 90 градусқа бұру арқылы қозғалысы зерттелді. Компьютерлік модельдердегі динамикалық теңдеулерді іріктеу әдістерін қолдана отырып, топсалы жүйенің жүктемелері және ставтың қауіпті күйлері анықталды. Оның қауіпсіз пайдалану әдістері қарастырылған. Камерадағы және негізгі штректегі кровляның тұрақтылығын есептеу үшін бекіткіштің әрекетін ескере отырып, соңғы элементтер (МКЭ) әлісімен кернеуді есептеу бағдарламасы жасалды. Кенжардың 180 градусқа айналу циклінің уақытын есептеу әдісі қарастырылған. Лаваларды өндірумен салыстырғанда игеру шығындарының төмендеуі үш есеге жетеді.

Түйінді сөздер: конвейер, бұрылмалы, бұрылмалы-исгерлемелі топса, бұктеу, стенд, цикл.

Study of the movement of the conveyor to the chamber during operation

Abstract. Investigation of the turning of the working conveyor into the chamber. The movement of the scraper conveyor from the drift into the chamber with simultaneous transportation of cargo and turning of the stave by 90 degrees is investigated. With the use of methods of discretization of dynamic equations in computer models, the loads of the hinge system and the dangerous states of the conveyor are determined. Methods of its safe operation are considered. To calculate the stability of the roof in the chamber and the main drift, taking into account the action of the support, the finite element method (FEM) has created a stress calculation program. The method of calculating the time of the face turning cycle by 180 degrees is considered. The reduction in development cycle costs compared to extraction in lavas reaches three times.

Key words: conveyor; rotary; rotary-translational hinge; folding; stand; cycle.

Введение

Использование ленточных конвейеров с поворотом става на 90° производилось фирмой Джой (США). В Караганде (КПТИ) ленточный и скребковый поворотные конвейеры (КПС) были испытаны еще раньше. Необходимость поворота, начиная от любого рештака, объясняется перемещением конвейера в штреки, расположенные под углом. Движение рештаков в этом случае поступательно-вращательное. Цель исследования – разработка модели и технологии поворота и в обосновании устойчивости забоя, и камеры в предложенных схемах выемки. Ранее были исследованы модели движения цепи со скребками вдоль неподвижных бортов става, повернутых между собой на угол 15° и отдельно – протягивания става за комбайном при повороте на угол до 90°.

Материалы и методы исследования

Модель состоит из бортов конвейера, соединенных поворотными шарнирами, скребков с тяговой цепью, натяжного устройства, и системой, протягивающей КПС в камеру. Конвейер выработки расположен вдоль ее оси и связан с КПС ползунной парой с поворотным шарниром. Далее линеаризация уравнений динамики используется для комплексного движения става и цепи при повороте, кинетическая энергия КПС при повороте в камеру равна сумме кинетических энергий каждого из рештаков, движущегося с линейной скоростью $V_m = \omega r_m$:

$$E_k = m_m V_m^2 / 2 + J_m \omega_m^2 / 2,$$

m – масса рештака, V_m – скорость поступательного движения; J_m – момент инерции рештака относительно вертикальной оси вращения; ω_m – угловая скорость вращения рештака. В сумму будет входить участок цепи со скребками и грузом в пределах одного рештака, максимальная скорость цепи достигает 1 м/с. При моделировании в пакете Adams эти выражения автоматически вводятся в программу при внедрении в модель поворотных (revolute joint), поступательных (translational joint) шарниров, масс движущихся частей, тягового и натяжного усилия. Скребки соединены поворотными шарнирами с ползунами, а те поступательно – с бортами. Последний рештак связан поступательным шарниром с конвейером основного штрека. При камерной выемке комбайн со штрека внедряется в стенку нормально к ее поверхности. За ним движется конвейер, первоначально расположенный вдоль штрека. Въезжая в камеру, все рештаки у устья последовательно разворачиваются [1, 2]. Они совершают поступательное и поворотное движение, одновременно вращаются приводная и натяжная звездочки. Скребки нагружают своими торцами ближний к центру поворота борт конвейера. Рештак будет находиться в сложном напряженно-деформированном состоянии (НДС) от сил реакций на поворотных проушинах и торцах скребков, рисунок 1. Реакции определяются при имитационном моделировании протягивания КПС в камеру. Задача усложняется одновременным протягиванием рештаков и натяжением цепи вдоль изогнутого КПС. Необходим и расчет устойчивости пород у камеры методом МКЭ [3, 4] для сложного контура забоя и штреков с креплением.

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты пересчитываются для длины конвейера 30 м. В модели начинаем с тягового усилия в 1000 кг, натяжение в 300 кг. Для модели из 9 скребков проекция реакций в шарнирах по оси U будет возрастать от начала номеров скребков. Шарнир 137 по U наиболее нагружен, так как направление проекции близко к направлению силы тяги. Усилия реакций зависят от точности их проектирования, с ростом которой повышается равномерность распределения реакций. Для случая на рисунке 2, при одновременном движении цепи и става конвейера расчеты выполнены для погонного метра груза 360 кг, при длине конвейера 30 м, коэффициенте трения 0.4, сила тяги составит 43200 н. Из экспериментов с протяжкой модели и полноразмерного конвейера – стенда на заводе получено такое же значение. Для модели получено усилие на 1 скребок 48 кг, что соответствует реальным данным с учетом веса скребков и холостой ветви.

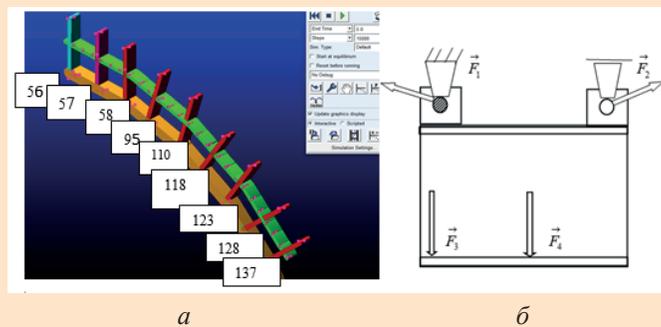


Рис. 1. Модель движения става в камеру и скребков по рештакам: а) модель скребков с рештаками и номерами шарниров; б) к расчету рештака.

Сурет 1. Рештак бойынша ставтын козгалысынын моделі мен кыргызштардың моделі: а) кыргызш және шарнирлердің нөмірлері бар кыргызштардың моделі; б) рештакты есептеуге.

Figure 1. A model of the movement of the stave into the chamber and the scrapers along the laths: а) a model of scrapers with laths and hinge numbers; б) to calculate the laths.

Моделируемый режим важен для непрерывной добычи. Возможны схемы и с остановкой конвейера, когда погрузчик расположен над конвейером со смещением до 1,5 м так, что комбайн может удаляться от конвейера до тех пор, пока не будет исчерпан запас этого хода [2]. После чего работа прекращается до того, как конвейер будет перемещен в новое положение. Для проверки условий непрерывной работы и была создана имитационная модель [2-6], а для движения по борту катка на торце скребка можно использовать модель [7-8]. На рисунке 2а состояние конвейера в процессе протяжки конвейера при работающей скребковой цепи. Ее натяжение стягивает конвейер и появляется изгибающий момент, который вызывает дополнительные деформации става. Поэтому в начале и в конце става имелось нарушение плавности его контура, резкие наклоны некоторых

скребков и повышались реакции в шарнирах. Это ситуация характерна при неучете трения става о почву. При имитации «поля трения» направлением гравитации, препятствующей движению рештаков, контур более плавен. Реакции в шарнирах (рисунок 2б) не превышают значения при неподвижном става, хотя в моменты «складывания» в у этих зон имелся случай всплеска нагрузки – максимальный для шарнира 66. При тяге 30000 н она достигала -14000, а при тяге 15000 лишь -4500. Поэтому влияние одновременного движения става в камеру и работы цепи может оказаться существенным. «Складывание» учащается при сборке конвейера с поворотами в обе стороны. Но базовые схемы выемки позволяют работу с односторонним поворотом, его применение можно расширить [9]. Трение существенно уменьшает такие ситуации, т.е., в реальности, вероятность ее образования невысока. Для выбранных параметров гидрооборудования скорость штока для регулирования натяжения достаточна. Должна осуществляться и натяжка става, т.е. для последнего рештака (слева) следует задать противоположную силе тяги нагрузку, хотя это и повысит усилия на проушины. Применение гидравлических поворотно-поступательных шарниров с системой автоматического регулирования усилия – эффективное решение, но оно приведет к росту цены.

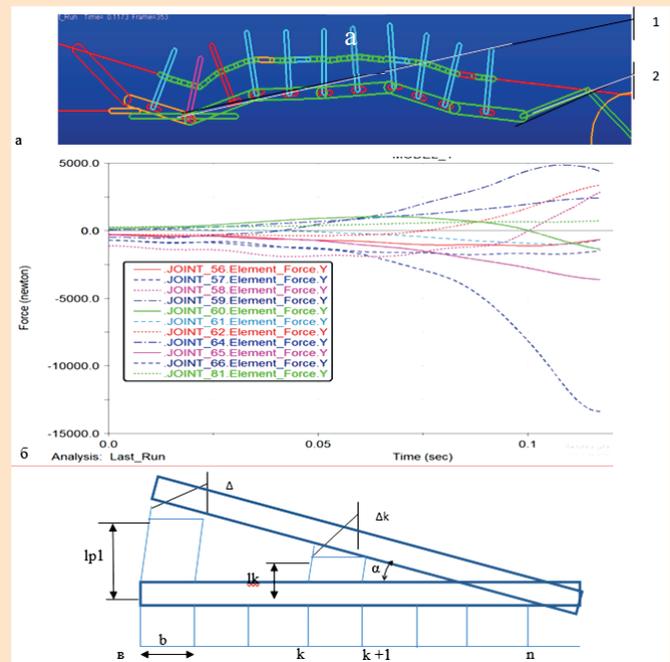


Рис. 2. Складывание рештаков и особенности поворота: а) 1, 2 – зоны «складывания»; б) изменение реакций в шарнирах; в) схема разворота.

Сурет 2. Рештактарды бүктеу және бұрылу ерекшеліктері: а) 1, 2 – «бүктеу» аймақтары; б) бұындардағы реакциялардың өзгеруі; в) бұрылу схемасы.

Figure 2. Folding of reshtaks and features of rotation: а) 1, 2 – zones of «folding»; б) change of reactions in hinges; в) reversal scheme.

Технологическая схема предусматривает поворот секций крепи с погрузчиком на 180° для выполнения обрат-

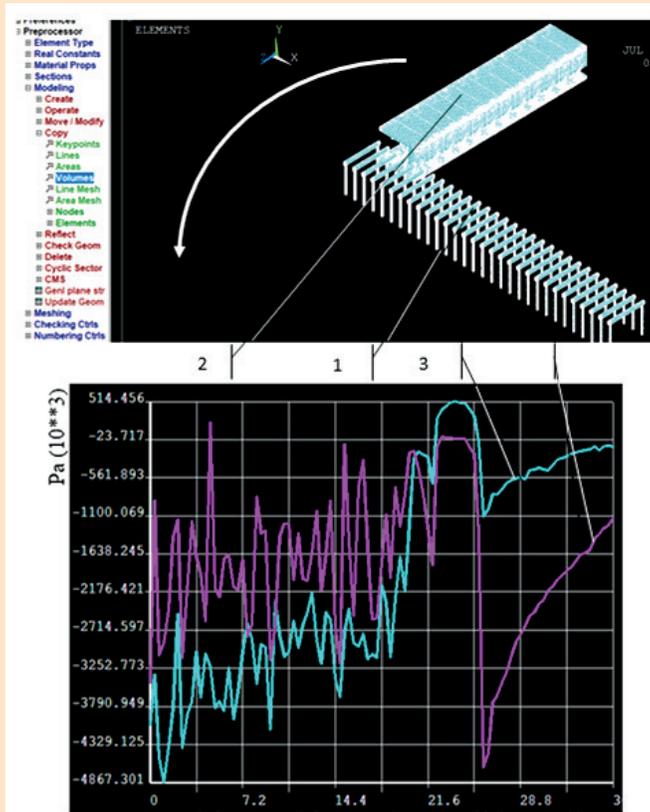


Рис. 3. Построение сетки крепи и напряжение поперек забоя: а) 1, 2 – крепи забоя и штрека; б) 3- σ_x , 4- σ_y (копии экрана Ansys, стрелка поворота от средств редактирования). **Прочности пород на сжатие.**

Сурет 3. бекіткіш торының құрылысы және кенжар бойындағы кернеу: а) 1, 2-кенжар мен штрек бекіткіштері; б) 3- σ_x , 4- σ_y (ANSYS экранының көшірмелері, өңдеу құралдарынан бұрылыс көрсеткі).

Тау жыныстарының қысу беріктігі.

Figure 3. Construction of a grid of supports and tension across the face: а) 1, 2 – supports of the face and the drift; б) 3- σ_x , 4- σ_y (copies of the Ansys screen, the rotation arrow from the editing tools). **Compressive strength of rocks.**

ного хода. Поворот осуществляется выдвиганием штока домкрата крайней секции слева на полный ход lp_1 , рисунок 2, при остановленном домкрате справа, затем секции, разворачиваясь, подтягиваются к перегрузчику и т.д. Расчет времени передвижки исходит из времени перемещения всех штоков секций в количестве n штук: $T_1 = 8$ с; $\Delta = \Delta k$; $L_{kn} = b \cdot n$; $\alpha = \arctg(lp_1/b \cdot n)$; $V_{ш}$ (скорость движения) = lp_1/T_1 ; количество движек $180/\alpha$, $T = L/V_{ш}$; L – общий ход штоков всех секций крепи.

$$l_k = \frac{(n-k) \cdot lp_1}{n}$$

$$L = \sum_{k=1}^{k=n} l_k = \sum_{k=1}^{k=n} \frac{(n-k) \cdot lp_1}{n}$$

Программа приспособлена к условиям [3].

Время технологического цикла разворота агрегата:

$$T_{\text{общ}} = 2 \cdot T \cdot \left(\frac{180}{\alpha}\right) = \left[\frac{2 \cdot lp_1}{n} \cdot \sum_{k=1}^{k=n} (n-k)\right] \cdot \frac{180}{\left(\arctg\left(\frac{lp_1}{b \cdot n}\right)\right)}$$

Время разворота не превышает 57 мин при суточной производительности забоя 3000-4000 т/сут. На рисунке 3 расчетные напряжения, которые над секциями крепи не больше предела.

Заключение

Созданы методические основы безопасной работы конвейера при одновременной работе скребковой цепи и протяжке става в камеру; такие ситуации особо опасны для конструкции с разворотами в обе стороны от оси конвейера. Для регулирования усилий в шарнирах возможно применение в качестве поворотно-поступательных шарниров гидродомкратов. Приведены выражения для расчета времени разворота забоя, что необходимо для определения суточной производительности камеры. Создана программа расчета НДС у камеры с учетом указанных факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Shuang Wang, Deyong Li, Kun Hu Shuang Wang, Deyong Li, Kun Hu. Анализ и экспериментальное исследование характеристик давления группы опорных роликов трубчатого ленточного конвейера. // Удар и вибрация. – 2019. – С. 7 (на английском языке)
2. Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Мендикенов К.К., Телиман И. В., Акижанова Ж.Т. Моделирование работы скребкового конвейера в зоне поворота. // Известия вузов. Горный журнал. – 2019. – №6. – С. 108-117 (на русском языке)
3. Говорухин Ю.М., Риб С.В. Моделирование численными методами процессов обрушения пород кровли. // Горный журнал. – 2019. – №4. – С. 23-26 (на русском языке)
4. Осичев А.В., Ткаченко А.А. Оценка влияния приводной звездочки на динамические усилия в рабочем органе скребкового конвейера CP72. // Вестник КГПУ им. М. Остроградского. – 2009. – Ч. 1. – С.10-13 (на русском языке)
5. Talli A.L., Kotturshettar V.V. Прямой кинематический анализ, моделирование и трассировка рабочего пространства антропоморфного робота-манипулятора с помощью MSC. Adams. // Международный журнал инновационных исследований в области науки, техники и технологий (организация, сертифицированная по стандарту ISO 3297:2007). – 2015. – Т.4. – №1. – С. 18462-18468 (на английском языке)

6. Ashok K.J., Partha P.R. Моделирование робота SCORA-ER14 на платформе ADAMS. // Международный журнал инженерно-технических исследований (организация, сертифицированная по стандарту ISO 3297:2007). – 2014. – Т. 2. – С. 105-109 (на-английском языке)
7. Gerasimova A.A., Keroruan A.M., Giryu A.M. Исследование колесно-рельсовой системы карьерных локомотивов в тяговом режиме. // Журнал по производству и надежности машин. – 2018. – Т. 47(1). – С. 35-38 (на английском языке)
8. Keroruan A., Gorbatyuk S., Gerasimova A. Триботехнические аспекты взаимодействия колесно-рельсовой системы. // Международная конференция по промышленному инжинирингу 206, ICIE. Разработка процедур. – 2017. – С. 564-569 (на английском языке)
9. Носов Д.А., Фатыхов Т.Т., Елькин А.А., Романовский А.А. Механизация горных работ на рудниках верхнекамского месторождения солей. // Горный журнал. – 2021. – №4. – С. 11-16 (на русском языке)
10. Gaofeng Song, Yoginder Chugh, Jiachen Wang. Исследование устойчивости забоя с помощью численного моделирования при разработке мощных угольных пластов в Китае. // Journal of Mining and Mineral Engineering. – 2017. – Т. 8. – №1. – С. 35-55 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДИБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Shuang Wang, Deyong Li, Kun Hu, Shuang Wang, Deyong Li, Kun Hu. Зерттеу құбырлы таспалы конвейердің тірек роликтері тобының қысым сипаттамаларын талдау және эксперименттік. // Соққы және діріл. – 2019. – Б. 7 (ағылшын тілінде)
2. Жетесова Г. С., Бейсембаев К. М., Мендикенов К. К., Телиман И. В., Акижанова Ж.Т. Жоғары оқу орындарының иілу аймағындағы қырғыш конвейерінің жұмысын модельдеу. // Жоо жаңалықтары Тау журналы. – 2019. – №6. – Б. 108-117 (орыс тілінде)
3. Говорухин Ю.М., Риб С.В. Кровля тау жыныстарының құлау процестерін сандық әдістермен модельдеу. // Тау-кен журналы. – 2019. – №4. – Б. 23-26 (орыс тілінде)
4. Осичев А. В., Ткаченко А.А. Жетек жұлдызшасының динамикалық күштерге әсерін бағалау қырғыш конвейерінің жұмыс органы СР72. // ҚМПУ хабаршысы М. Остроградский. – 2009. – Бөл. 1. – Б. 10-13 (орыс тілінде)
5. Talli A.L., Kotturshettar B.V. MSC Adams көмегімен антропоморфты Робот манипуляторының жұмыс кеңістігін тікелей кинематикалық талдау, модельдеу және қадағалау. // Ғылым, техника және технологиядағы инновациялық зерттеулердің халықаралық журналы (ISO 3297: 2007) сертифицикатталған ұйым. – 2015. – Т.4. – №1. – Б. 18462-18468 (ағылшын тілінде)
6. Ashok K.J., Partha P.R. ADAMS платформасында SCORA-ER14 роботын модельдеу. // Инженерлік зерттеулердің халықаралық журналы (ISO 3297:2007 сертифицикатталған ұйым). – 2014. – Т. 2. – Б. 105-109 (ағылшын тілінде)
7. Gerasimova A.A., Keroruan A.M., Giryu A.M. Тау-кен локомотивтерінің доңғалақ-рельстік жүйесін тарту режимінде зерттеу. // Машиналар өндірісі және сенімділігі журналы. – 2018. – Т. 47(1). – Б. 35-38 (ағылшын тілінде)
8. Keroruan A., Gorbatyuk S., Gerasimova A. Доңғалақты рельсті жүйенің өзара әрекеттесуінің трибологиялық аспектілері. // Индустриалды инженерия бойынша халықаралық конференция 206, ICIE. Процедураларды әзірлеу. – 2017. – Б. 564-569 (ағылшын тілінде)
9. Носов Д.А., Фатыхов Т.Т., Аникин А.А., Романовский А.А. Верхнекамск тұздардын кен орнының кеніштеріндегі тау-кен жұмыстарын механикаландыру. // Тау-кен журналы. – 2021. – №4. – Б. 11-16 (орыс тілінде)
10. Gaofeng Song, Yoginder Chugh, Jiachen Wang. Қытайдағы қалың көмір қабаттарын игерудегі сандық модельдеу арқылы кенжар түбінің тұрақтылығын зерттеу. // Тау-кен және минералдық инженерия журналы. – 2017. – Т. 8. – №1. – Б. 35-55 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Shuang Wang, Deyong Li, Kun Hu. Analysis and Experimental Study on Pressure Characteristics of Supporting Roller Group of Pipe Belt Conveyor. // Hindawi Shock and Vibration Volume. – 2019. – P. 7 (in English)
2. ZHetesova G.S., Bejsembaev K.M., Mendikenov K.K., Teliman I.V., Akizhanova ZH.T. [Simulation of the operation of a scraper conveyor in the turning zone]. // Poleznie iskopaemie I gornoe mashinostroenie = Minerals and mining engineering. – 2019. – №6. – P. 108–117 (in Russian)
3. Govoruhin YU.M., Rib S.V. Modelirovanie chislennymi metodami processov obrusheniya porod krovli. [Numerical modeling of roof rock collapse processes]. // Gornyj zhurnal = Mining Magazine – 2019. – №4. – P. 23-26 (in Russian)
4. Osichev A.V., Tkachenko A.A. Ocenka vliyaniya privodnoj zvezdochki na dinamicheskie usiliya v rabochem organe skrebkovogo konvejera SR72 [Evaluation of the influence of the drive sprocket on

- the dynamic forces in the working body of the scraper conveyor CP72]. // Vestnik KGPU imeni Mihajla Ostrograds'kogo. = Bulletin of the KSPU named after M. Ostrogradsky. – 2009. – Part 1. – P.10-13 (in Russian)*
5. Talli A.L., Kotturshettar B.B. *Forward Kinematic Analysis, Simulation & Workspace Tracing of Anthropomorphic Robot Manipulator by Using MSC. ADAMS. // International Journal of Innovative Research in the Field of Science, Technology and Technology (an organization certified according to ISO 3297:2007). – 2015. – Vol. 4. – №1. – P. 18462-18468 (in English)*
 6. Ashok K.J., Partha P.R. *Modeling and Simulation of SCORA-ER14 Robot in ADAMS Platform. // International Journal of Engineering and Technical Research. – 2014. – Vol. 2. – P. 105-109 (in English)*
 7. Gerasimova A.A., Keropyan A.M., Giryа A.M. *Study of the Wheel-Rail System of Open-Pit Locomotives in Traction Mode. // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. – 2018. – Vol. 47(1). – P. 35-38 (in English)*
 8. Keropyan A., Gorbatyuk S., Gerasimova A. *Tribotechnical Aspects of Wheel-Rail System Interaction. // International Conference on Industrial Engineering, ICIE. Procedia Engineering 206. – 2017. – P. 564-569 (in English)*
 9. Nosov D.A., Fatyov T.T., El'kin A.A., Romanovskij A.A. *Mekhanizaciya gornyh rabot na rudnikah verkhnekamskogo mestorozhdeniya solej [Mechanization of mining operations at the mines of the Verkhnekamsk salt deposit]. // Gornyy zhurnal = Mining Magazine. – 2021. – №4. – P. 11-16 (in Russian)*
 10. Gaofeng Song, Yoginder Chugh, Jiachen Wang. *A numerical modelling study of longwall face stability in mining thick coal seams in China. // Int. J. of Mining and Mineral Engineering. – 2017. – Vol. 8. – №1. – P. 35-55 (in English)*

Сведения об авторах:

Буялич Г.Д., доктор технических наук, профессор Кузбасского государственного технического университета (г. Кемерово, Россия), gdb@kuzstu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7822-2891>

Жетесова Г.С., доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение, стандартизация» Некоммерческое акционерное общество «Карагадинский технический университет имени Абылкаса Сағинова» (г. Караганда, Казахстан), Zhetesova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6504-3405>

Акижанова Ж.Т., докторант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых», Некоммерческое акционерное общество «Карагадинский технический университет имени Абылкаса Сағинова» (г. Караганда, Казахстан), Zhanar_1988@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7873-8847>

Бейсембаев К.М., доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение, стандартизация», Некоммерческое акционерное общество «Карагадинский технический университет имени Абылкаса Сағинова» (г. Караганда, Казахстан), Kakim08@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0954-2936>

Авторлар туралы мәліметтер:

Буялич Г.Д., техника ғылымдарының докторы, Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің профессоры (Кемерово қ., Ресей)

Жетесова Г.С., техника ғылымдарының докторы, «Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының профессорі (Қарағанды қ., Қазақстан)

Ақижанова Ж.Т., «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының докторанты, «Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, (Қарағанды қ., Қазақстан)

Бейсембаев К.М., техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасының профессорі, «Әбілқас Сағинов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Buyalich G.D., doctor of technical sciences, professor of Kuzbass State Technical University (Russia, Kemerovo)

Zhetesova G.S., doctor of technical sciences, professor of the Department of «Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization», «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» Non-commercial joint Stock Company (Kazakhstan, Karaganda)

Akizhanova Zh.T., doctoral student of the Department of mineral field development, «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» Non-commercial joint Stock Company (Kazakhstan, Karaganda)

Beisembaev K.M., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization», «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» «Abylkas Saginov Karaganda Technical University» Non-commercial joint Stock Company (Kazakhstan, Karaganda)