

УДК 622:658.513:004.3

**УЛУЧШЕНИЕ РАБОТЫ ГИДРОЦИЛИНДРОВ АГРЕГАТОВ****Бейсембаев К.М., Юрченко В.В., Малыбаев Н.С., Аманбаев А.Т., Тасболат Д.С.***НАО «Карагандинский технический университет», Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru*

Применение силовых гидроцилиндров в секциях крепей агрегатов создает эффективные возможности управления состоянием забоя и функционирования машины, обеспечивает простоту фиксации параметров за счет записи давления датчиками в полостях гидроцилиндра. Его сопряжение с датчиками, а затем с узлами машины и внешней средой позволяет легко описать особенности их совместной работы: дать информацию о характере нагружения крепи породами кровли, уточнить взаимодействия деталей и узлов. Так, датчики системы натяжения цепи забойного конвейера дополнительно описывают динамику взаимодействия звеньев цепи с зубьями звездочки и позволяют уточнить расчеты приводов. Они встраиваются в элементы горной машины, осуществляя обратную связь в системе управления, их применение решает многие проблемы раз- работки, и в частности устойчивости секций при отработке пластов крутого и наклонного падения, обеспечивает автоматизированное маневрирование секциями крепи при обходе геологических нарушений. За счет камерных технологий выемки твердых минералов. Исследования выполнены на основе системного анализа конструктивных схем крепей агрегатов, особенностей работы и расчета гидроцилиндров, оснащенных датчиками с применением имитационных моделей в программном пакете Adams.

**Ключевые слова:** гидравлический цилиндр, крепь, датчик, моделирование, конструкция**IMPROVING THE OPERATION OF HYDRAULIC CYLINDERS OF UNITS****Beisembayev K.M., Yurchenko V.V., Malybaev N.S., Amanbaev A.T., Tasbolat D.S.***NJC Karaganda technical University, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru*

The use of hydraulic power cylinders in the sections of the units creates effective possibilities for controlling the state of the face and the functioning of the machine. A simple fixation of the parameters of the machine is ensured by recording the pressure sensors in the cavities of the hydraulic cylinders. Connecting sensors with hydraulic cylinders, and then with machine units and the external environment, makes it easy to record the peculiarities of joint work: to give information about the nature of the loading of the support by the roof rocks, to clarify the interactions of parts and assemblies. So the sensors in the hydraulic jacks of the chain tension of the face conveyor additionally provide information on the dynamics of the interaction of the links chains with sprocket teeth and allow you to refine the calculations of the drives. Moreover, they are easily integrated into the elements of the mining machine. Provide feedback of the control system with the work environment. Their use solves many development problems and, in particular, the stability of the sections during the development of seams of steep and inclined incidence, provides automated maneuvering of the support sections when bypassing geological faults. The studies were carried out on the basis of an analysis of the structural schemes of the units and the features of the operation of hydraulic cylinders using simulation models in the Adams software package.

**Keywords:** hydraulic cylinder, support, sensor, strike, modeling, design

В настоящее время основной объем подземной добычи угля обеспечивается агрегатами с механизированными крепями. Они обеспечивают управление боковыми породами очистного забоя. Выполняют передвижение забойного конвейера.

Крепь состоит из секций (рис. 1) с насосной станцией, распределительной и измерительной аппаратурой. Исполнительными органами крепи являются гидростойки, гидродомкраты передвижения крепи и конвейера, вспомогательные гидроцилиндры для управления конвейером и боковой устойчивостью секций. Еще большие возможности возникают при встраивании датчиков в системы гидропривода. Информативность таких систем резко возрастает, причем схемы установки просты, а работа надежна. Будучи гибким звеном управления, они гармонично входят в систему и расширяют класс решаемых задач [1; 2].

Цель работы: исследование и проработка конструктивных схем таких систем, их

обоснование и улучшение в программном пакете Adams.

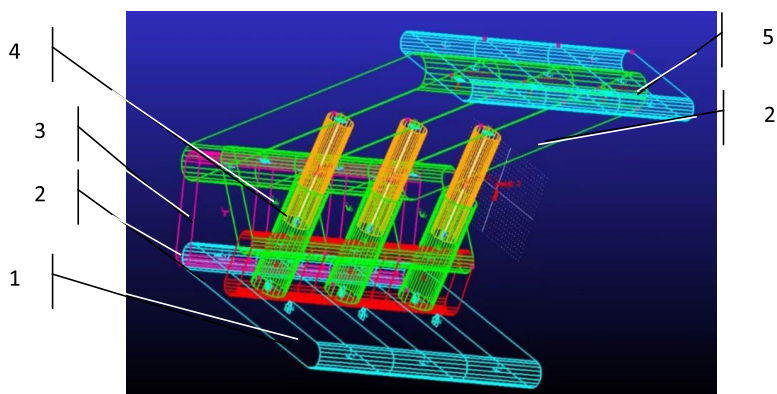
**Материалы и методы исследования** основаны на анализе конструктивных схем, нахождении новых решений, обосновании и применении пакетов моделирования системы CAD/CAM на основе методов объектно ориентированного программирования с линеаризацией уравнений динамики.

**Результаты исследования и их обсуждение**

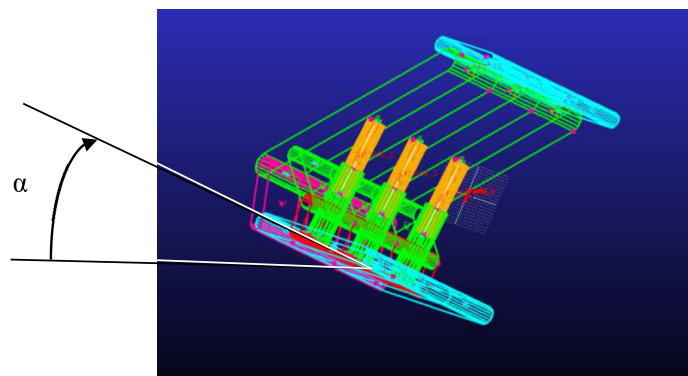
Создание очистных крепей с маневрирующими функциями [3] позволит повысить эффективность работы лав и безопасность персонала, облегчив труд людей. Секции крепи установлены по всей длине лавы (100–300 м), они активно поддерживают породы кровли и управляют их состоянием. По мере снятия стружки угля секции передвигаются к забою за счет конвейер-балки, вначале отталкивая её, а затем подтягиваясь к ней в момент, когда другие сек-

ции удерживают её. Существуют и схемы, когда передвижка осуществляется оттапливанием одной секции от другой, а затем подтягиванием отстающей к опережающей. Причем домкраты передвижения в этом случае установлены по бокам секции, так что один конец домкрата связан с одной секцией, а другой – с другой. Секции не связаны с конвейером, и возможна технология работ с выемкой минерала комбайном и поворотным конвейером на собственном ходу. При выемке по простиранию на крутых и наклонных пластах завальные концы секций крепи под собственным весом сползают по падению пласта (рис. 1). Показано моделирование группы секций крепи типа ОКП 70 в пакете Adams [4]. Чтобы предотвратить сползание секций, их передвигают с активным подпором, за счет подтягивания к конвейеру с опорой на соседние секции. На рис. 2 рассмотрен пример предотвращения сползания завальных

частей основания за счет привязки конвейер-балки крепи на вентиляционном штреке [5; 6]. Завойные части 1 не могут сползать, поскольку прикреплены домкратами передвижения к конвейеру. Как показывает модель (рис. 2), сползание основания в рассмотренной схеме возможно за счет зазоров крепления домкратов в проушинах и не может быть большим, частично компенсируется ходом гидроцилиндра на величину  $\Delta$ . При этом гидрораспределитель крепи должен быть модернизирован. В данном случае  $\Delta = (L_l - L_p)$  – дополнительно контролируется сигналами гириковых датчиков, связанных со штоками левого и правого домкрата передвижения. Значения  $\Delta = 0$  можно добиться подачей давления в штоковые полости. Скорости перемещения и развиваемого усилия поршня различны при прямом и обратном ходе поршня за счёт разницы площадей со стороны поршня и штока, что влияет на режим передвижения.

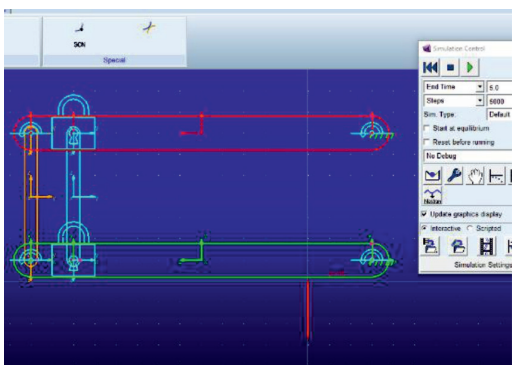


а)

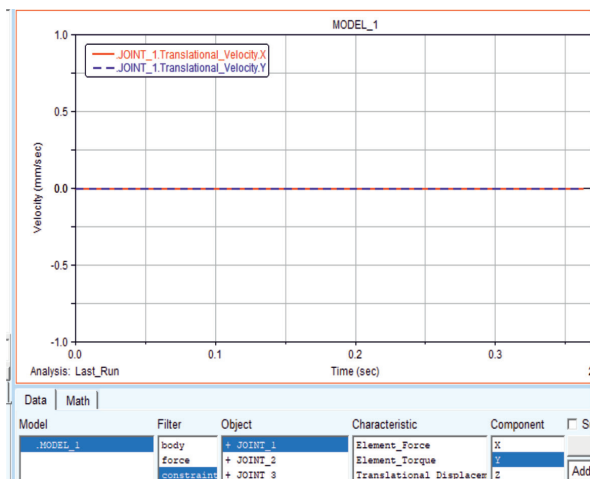


б)

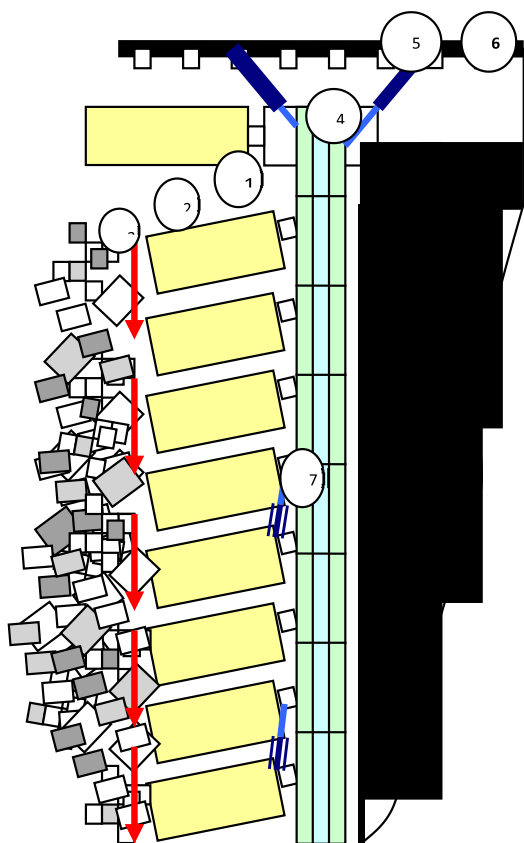
Рис. 1. Группа секций крепи ОКП 70 (а) и ее положение при выемке по простиранию пласта (б);  $\alpha$  – угол падения пласта; 1 – завойная и 2 – завальная части основания, 3 – рычаги лемнискатного механизма, 4 – гидростойка



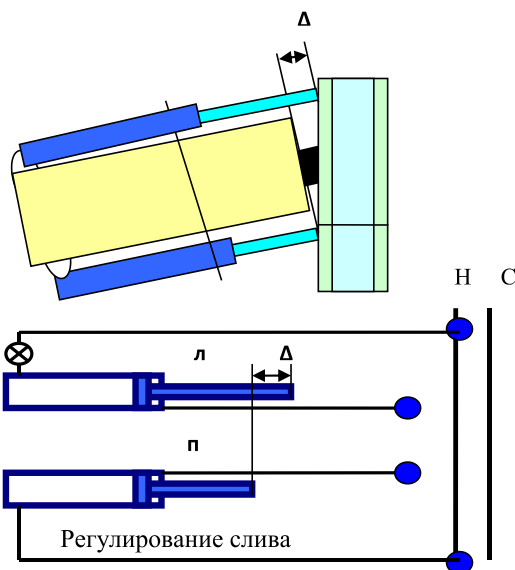
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Проблемы разработки при выемке по простиранию: а) моделирование сползания; б) графики скоростей сползания по осям (для схемы слева сползание отсутствует); в) 1 – секция крепи, 2 – сползание завальных частей под действием их веса и обрушенных пород (3), 4 – конвейер, 5 – домкрат удержания конвейера, 6 – штрековая крепи, 7 – домкрат для равномерного распределения веса конвейера, Δ – разница между выдвигением левого и правого домкрата; г) управление разницей хода Δ за счет регулирования слива в левом домкрате и ускорения движения правого (нижнего)

В гидроцилиндрах применяют два режима работы: сопротивление вдавливанию поршня через шток – в гидростойке, и выдвижения штока – в домкратах передвижения и бокового распора. При износе проушин крепления гидроцилиндров и возникновении эксцентриситета возможен изгиб штока [4]. Расчет гидроцилиндров с учетом эксцентриситета можно выполнить на основе [2; 4], а также с применением системы ARМ FEM, интегрированной в «КОМПАС-3D» включающей конечно-элементный анализ трехмерной твердотельной модели. Позволяет с учетом распределения температур

провести следующие расчеты: статический, устойчивости, собственных частот и форм колебаний. Для подключения системы ARМ FEM при установке «КОМПАС-3D» [7] следует поставить галочку напротив опции. После активации библиотеки станет доступна инструментальная панель ARМ FEM. Для выполнения прочностного анализа расчета служит команда «Расчет в панели инструментов – Разбиение и расчет». После вызова команды на экране появляется диалоговое окно, запрашивающее вид производимого расчета. Выбран статистический расчет и расчет на устойчивость (рис. 3).

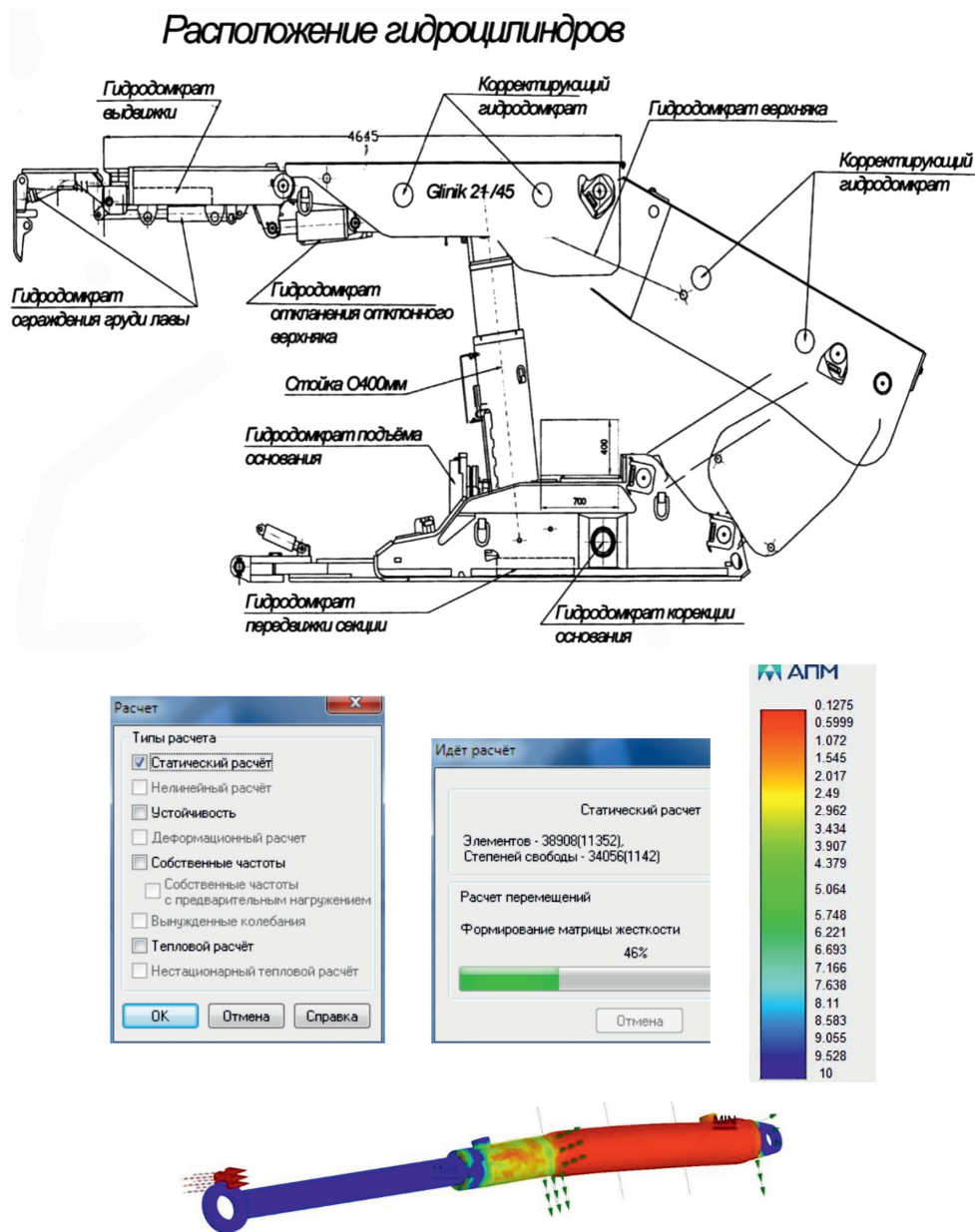


Рис. 3. Схема расположения гидроцилиндров крепи типа «Глиник» и диалоговое окно команды «Расчет» – «Коэффициент запаса по прочности»



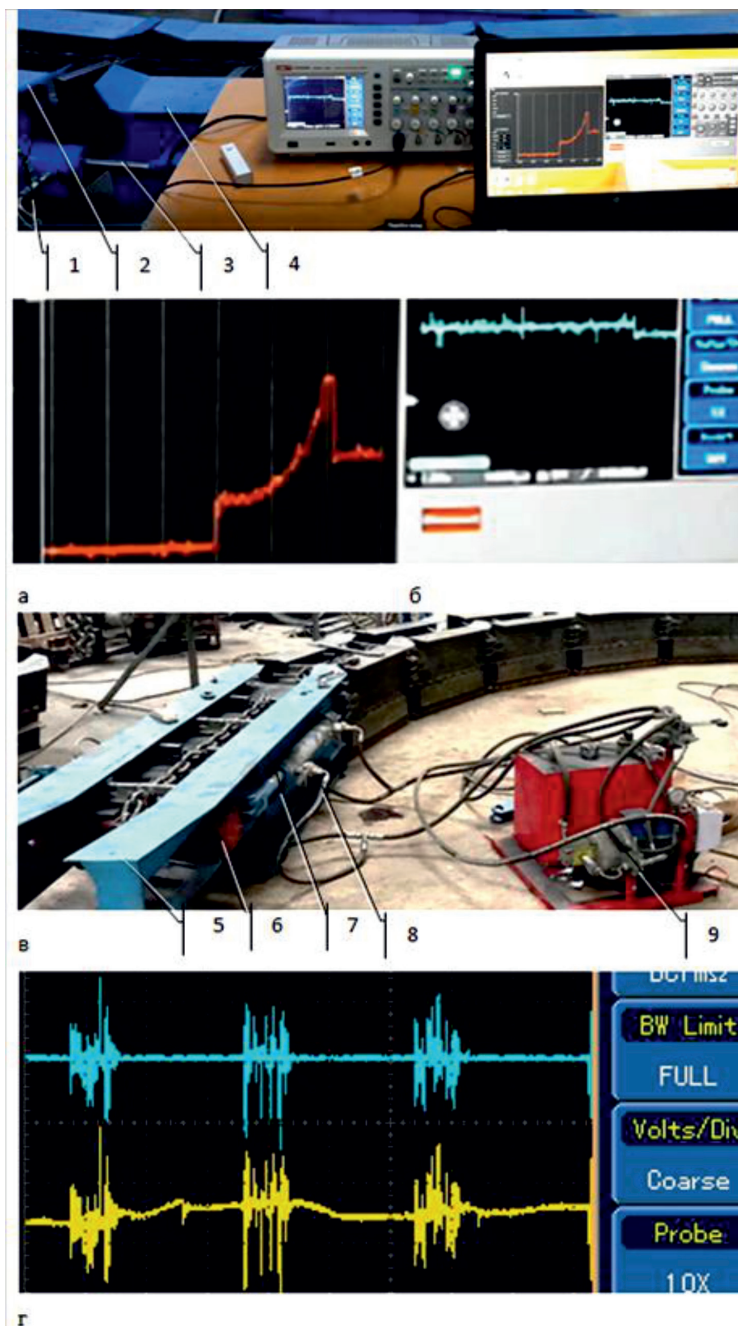


Рис. 4. Осциллографирование поворота приводного решетки с отображением на ноутбуке (а) и осциллографе (б) при угле поворота  $30^\circ$  (а, б) и натяжении цепи (в) при  $\alpha = 90^\circ$  с регистрацией давления в поршневых и штоковых полостях домкратов: 1 – датчик; 2 – приводной решетка; 3 – гидродомкрат; 4 – поворотный решетка; 5 – натяжной решетка с выдвижной платформой 6, домкратами 7, датчиками 8 и насосной станцией 9

Важный элемент применения гидравлических систем – это упрощение контроля работы технологической машины за счет установки гидродатчиков давления в поршневые и штоковые полости гидроцилиндров [8]. По их показаниям можно не только отслеживать состояние самих гидроцилиндров [3], но и основных узлов технологи-

ческой машины. Например, фиксация давления в гидростойках крепи позволяет установить параметры обрушения слоев кровли при подвигании лавы и уточнить такие параметры, как толщина слоев, их прочностные характеристики [8; 9], а по осциллограммам давления в гидроцилиндрах натяжения звездочек приводов установить

особенности их зацепления с цепным тяговым органом, получить важные расчеты для моделирования приводов (рис. 4). Очевидно, что они информативны, так, по осциллограмме на рис. 4, г можно сказать, что она характеризует процесс зацепления звена цепи и звездочки, представляющий, по [10], большой интерес для исследователей приводов. Гидродатчики легко встраиваются в элементы горной машины. Осуществляют обратную связь системы управления со средой работы. Их применение решает многие проблемы разработки, и в частности устойчивости секций при отработке пластов крутого и наклонного падения, обеспечивает автоматизированное маневрирование секциями крепи при обходе геологических нарушений. В них функциональные возможности сочетаются с возможностями их регистрации не только собственных процессов, но и процессов узлов, с ними сочлененных, что является важным преимуществом по сравнению с другими системами.

### Заключение

На основе пакета объектно ориентированного программирования Adams рассмотрены улучшенные режимы работы силовых гидроцилиндров, которые позволяют сочетать их рабочие функции с функциями непрерывного измерения параметров технологических машин. Так, перенос домкратов поворота 3 на рис. 4 в другие аналогичные зоны, где будут применяться поворотно-поступательные шарниры, позволит прогнозировать возможные в них нагрузки при работе конвейера, и в то же время он полностью будет выполнять их функции. Применение гидроцилиндров в системе передвижения агрегатов решает

вопросы маневрирования забоем при обходе нарушений, а при выемке крутонаклонных пластов позволяет обеспечить направленное движение секций. Датчики измерения параметров машин и среды в гидроцилиндрах должны быть встраиваемыми на постоянной основе и использоваться для управления машинами.

### Список литературы

1. Кривенко А.Е. Основы проектирования горных машин и оборудования М.: Горная книга, 2010. 105 с.
2. Гуляев В.Г. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. Донецк, «ДонНТУ», 2011. 322 с.
3. Бейсембаев К.М., Грузинская Т.Н., Куракбаев Д.К., Оразбеков Д.Е., Шакарим Е.Е. Моделирование робототехники для очистных забоев // Научное обозрение. Технические науки. 2017. № 3. С. 5–10.
4. Бейсембаев К.М., Решетникова О.С., Акижанова Ж.Т., Абдрахманов Е.М., Лапушкин А.А., Макухин О.С. Робототехника, образование и ресурсосберегающие технологии // Научное обозрение. Педагогические науки. 2019. № 1. С. 10–15.
5. Talli A.L., Kotturshettar B.B. Forward Kinematic Analysis, Simulation & Workspace Tracing of Anthropomorphic Robot Manipulator by Using MSC. ADAMS. 2015. V. 4. № 1. P. 18462–18468.
6. Pango Mahalingam, Chandramouli Padmanabhan. Planar multibody dynamics of a tracked Vehicle using Imaginary Wheel model for tracks. Defence Science Journal. 2017. V. 67. № 4, July. P. 460–464.
7. Kompas 3d. [Electronic resource]. URL: <https://ascon.ru/products/7/review/> (date of access: 15.11.2020).
8. Черняк И.Л., Охременко А.Ф. Периодические проявления горного давления в очистных забоях // Изв. вузов. Горный журнал. 1988. № 11. С. 48–52.
9. Бейсембаев К.М., Векслер Ю.А., Жетесов С.С., Каппасов Н., Мендикенов К.К. Исследование состояния горного массива при подвигании лавы // Известия высших учебных заведений Горный журнал. 2013. № 3. С. 69–76.
10. Осичев А.В., Ткаченко А.А. Оценка влияния приводной звездочки на динамические усилия в рабочем органе скребкового конвейера СР72 // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 4/2009 (57). Частина 1. С. 10–13.