

УДК 622.232.002.5

Мороз Дмитрий Романович
аспирант,
Институт горного дела ДВО РАН,
680000 г. Хабаровск, ул. Тургенева, 51
e-mail: morozik.dmitriy75@gmail.com

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ
ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН ПОСЛОЙНОГО
ФРЕЗЕРОВАНИЯ ПРИ ВЕДЕНИИ
ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

Аннотация:

В настоящее время горная наука и техника совершенствуются в направлении максимально возможной автоматизации технологических процессов горных работ, окончательной целью этих усовершенствований может стать «безлюдный карьер», где все операции будут выполнять дистанционно управляемые машины или автоматические компьютерные программы. В статье предлагается технологическая схема ведения горных работ с применением карьерного комбайна, автоматизированного перегрузочного комплекса и автосамосвалов. Автоматизированный перегрузочный комплекс включает гусеничное шасси, двигатель внутреннего сгорания, раму, каретки с бункерами и гидроцилиндрами их вертикального и горизонтального перемещения и поворота, датчики грузоподъемности, систему автоматизированного управления процессом перегрузки и другое оборудование. Бункеры комплекса последовательно загружаются конвейером карьерного комбайна и разгружаются в кузова автосамосвалов. Внедрение автоматизированных перегрузочных комплексов при выемке плотных и легко разрабатываемых полускальных горных пород позволит значительно увеличить производительность карьерных комбайнов, снизить себестоимость добычи полезных ископаемых и повысить рентабельность горного производства.

Ключевые слова: карьерный комбайн, фрезерная машина, горная масса, автосамосвал, перегрузочная установка, бункер, время погрузки

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.075

Moroz Dmitry R.
PhD student,
Institute of Mining of FEB RAS,
680000, Khabarovsk, Turgenev st., 51
e-mail: morozik.dmitriy75@gmail.com

**IMPROVEMENT
OF TECHNOLOGICAL SCHEMES
IN APPLICATION OF MACHINES
OF LAYERWISE MILLING BY OPERATION
AT OPEN PIT MINING WORKS**

Abstract:

At the present, mining science and technology are being perfected in the direction of the maximum possible automatization of mining processes, the final goal of these improvements can be a “unmanned quarry” where all operations will be performed by remotely controlled machines or automatic computer programs. The article proposes a technological scheme for mining operations with the use of a mining combine, an automated transshipment complex and automatically dump trucks. The automated reloading complex includes a crawler chassis, an internal combustion engine, a frame, carriages with bunkers and hydraulic cylinders for their vertical and horizontal moving and rotation, load cells, automated control system for the overload process and other equipment. Bunkers of the complex are consistently loaded by the conveyor of a mining combine and unloaded into the bodies of dump trucks. The implementation of auto reloading complexes while excavating dense and easily developed semi-rocky rocks will significantly increase the productivity of quarry combines, reduce the cost of mining and improve the profitability of mining industries.

Key words: quarry combine, milling machine, rock mass, auto dump truck, reloading unit, bunker, loading time

Введение

Машины послойного фрезерования являются сравнительно новым карьерным оборудованием, привнесшим в производство значительное количество новых технологических решений ведения горных работ при разработке месторождений, сложенных плотными, полускальными и легко разрабатываемыми скальными горными породами [1 – 3]. К машинам послойного фрезерования относятся карьерные комбайны и фрезерные машины. Фрезерные машины обеспечивают рыхление массива с оставлением полученной горной массы в отрытой траншее, из которой та черпается различными выемочными машинами [4 – 5]. Карьерные комбайны, кроме исполнительного рабочего органа

(обычно фрезерного или роторного типа), осуществляющего рыхление, оборудованы системой конвейеров, обеспечивающих погрузку горной массы в транспортные средства [6 – 7]. Наибольшее распространение получили карьерные комбайны, ведущие разработку месторождений по послойно-полосовой технологии, при которой выемка горной массы производится тонкими слоями. Карьерные комбайны, предназначенные для послойно-полосовой технологии отработки месторождений, относительно просты по конструкции и обеспечивают эффективную селективную выемку полезного ископаемого при разработке горизонтальных и пологозалегающих пластов полезного ископаемого [8 – 9].

Карьерные комбайны применяются при разработке месторождений угля, апатитов, бокситов, фосфоритов, известняков и других полезных ископаемых, обеспечивают безвзрывное отделение породы от массива, ее дробление и погрузку в транспорт с достаточно высокой производительностью [10 – 12]. Карьерные комбайны, работающие по послойно-полосовой технологии, могут разгружать вынутую горную массу в автосамосвалы, в штабель, образующийся при помощи транспортера за несколько проходов комбайна, или в траншею с укладкой отфрезерованного материала позади комбайна без использования транспортера. Укладка горной массы в штабель или траншею приводит к необходимости ведения переэкскавации горной массы с помощью различных выемочно-транспортирующих машин. Поэтому в настоящее время наибольшее распространение получила технология с непосредственной погрузкой горной массы в автосамосвалы.

Постановка проблемы

Наибольшую производительность комбайны развивают при разработке горных пород, имеющих невысокую прочность, например, мергеля, фосфоритов или угля [13]. Производительность небольших моделей комбайнов при разработке пород невысокой прочности может достигать 700 – 1500 т/ч, а у более крупных машин – до 2500 – 3000 т/ч. Следовательно, при производительности комбайна 2500 т/ч автосамосвал БелАЗ-7509 грузоподъемностью 75 т будет загружен за 1,8 мин, а автосамосвал БелАЗ-7519 грузоподъемностью 110 т – за 2,6 мин. А с учетом коэффициента использования грузоподъемности автосамосвалов при работе совместно с карьерными комбайнами, равного примерно 0,9, время загрузки самосвалов будет еще меньшим. При этом время на замену автосамосвалов под погрузку составляет в среднем 30 – 45 с. Таким образом, время фрезерования комбайна из-за остановок при замене самосвалов уменьшается на 16 – 28 % [14].

Добиться существенного снижения простоев возможно за счет увеличения грузоподъемности автосамосвалов, работающих в комплекте с комбайном. Однако практический опыт показывает, что при использовании карьерных самосвалов большой грузоподъемности возникает ряд сложностей. Во-первых, такие автосамосвалы накатывают колею и быстро выводят из строя внутрикарьерные дороги, что требует более частого их ремонта, а при выпадении даже незначительных осадков дорога для этих машин становится непроходимой. Во-вторых, увеличивается ширина проезжей части, следовательно, уменьшается угол борта карьера и растет объем вскрышных работ.

Анализ известных конструкций

Дальнейшее совершенствование технологических схем с применением машин послойного фрезерования может идти по пути исключения простоев карьерных комбайнов при замене автосамосвалов. Техническим решением, позволяющим исключить простои выемочной техники непрерывного действия при замене автосамосвалов под погрузкой, переэкскавацию отфрезерованной горной массы и снизить время загрузки автосамосвалов, являются перегрузочные комплексы [14]. В общем случае перегрузочный комплекс представляет собой крупную конструкцию с верхним расположением одного или двух

приемных бункеров с затворами, под которые подъезжает порожний автосамосвал. Затвор бункера открывается, и накопленная горная масса под действием силы тяжести сыпается в кузов автосамосвала. Изучение конструкций перегрузочных устройств, предназначенных для работы в комплекте с выемочными машинами и автосамосвалами, показало, что высота загрузки приемных бункеров примерно в два раза превосходит высоту загрузки автосамосвала. В то же время большинство карьерных комбайнов имеет разгрузочный конвейер, ограниченный по длине и высоте разгрузки из расчета работы именно с автосамосвалами.

В качестве примера можно привести конструкцию перегрузочного комплекса [14], включающего гусеничную ходовую часть 1, площадку 2 для размещения автосамосвала, аппарели для въезда 3 и съезда 4 автосамосвала, раму 5, на которой установлен приемный бункер 6 и приемный конвейер 7 для загрузки бункера (рис. 1).

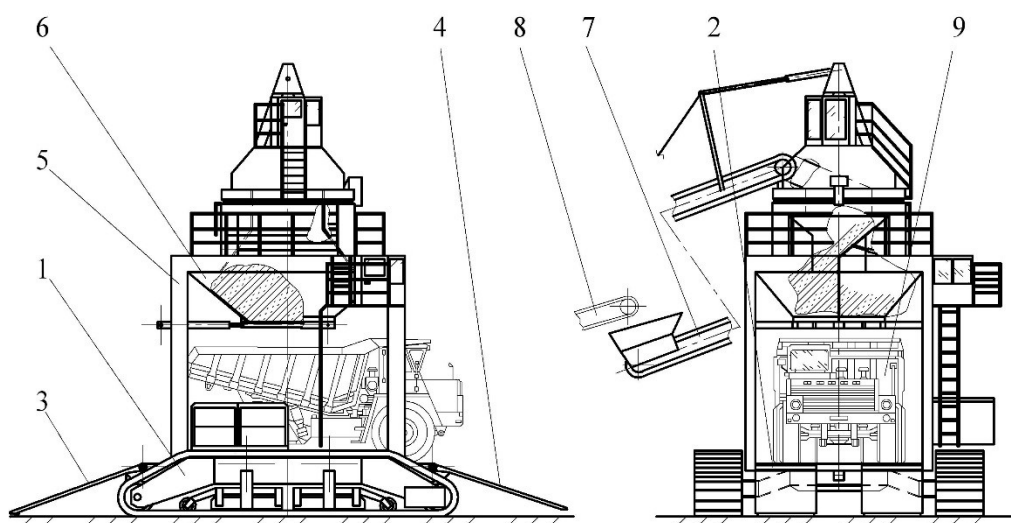


Рис. 1 – Перегрузочный комплекс для работы совместно с карьерным комбайном и автосамосвалами

Перегрузочный комплекс движется вслед за карьерным комбайном, который по разгрузочному конвейеру 8 подает горную массу на приемный конвейер 7 комплекса. Горная масса поднимается конвейером 7 и сыпается в приемный бункер, равный вместимости кузова автосамосвала, где и накапливается. Автосамосвал 9 по аппарели 3 въезжает на площадку 2, открывается затвор бункера, и кузов автосамосвала заполняется горной массой, после чего по аппарели 4 транспортное средство уезжает. В случае разработки сложноструктурного месторождения перегрузочный комплекс может быть оборудован двумя приемными бункерами – для полезного ископаемого и пустой породы. Конструкция перегрузочного комплекса для работы совместно с карьерным комбайном и автосамосвалами, представленная на рис. 1, обладает значительными габаритными размерами и массой. Управление данным комплексом обеспечивают два оператора. Высокие капитальные и эксплуатационные издержки при работе перегрузочного комплекса в значительной мере снижают получаемый экономический эффект от безостановочной работы комбайна.

Результаты исследований и их обсуждение

В настоящее время горная наука и техника совершенствуются в направлении максимально возможной автоматизации технологических процессов горных работ, окончательной целью этих усовершенствований может стать «безлюдный карьер», где все операции будут выполнять дистанционно управляемые машины или автоматические компьютерные программы [15 – 16].

Институтом горного дела ДВО РАН предлагается технологическая схема ведения горных работ с применением карьерного комбайна, автоматизированного перегрузочного комплекса и автосамосвалов. Работа автоматизированного перегрузочного комплекса совместно с карьерным комбайном и автосамосвалом осуществляется следующим образом. Карьерный комбайн, перемещаясь вдоль забоя, разрабатывает массив и транспортирует полученную горную массу по разгрузочному конвейеру 1 в бункер 2 автоматизированного перегрузочного комплекса (рис. 2).

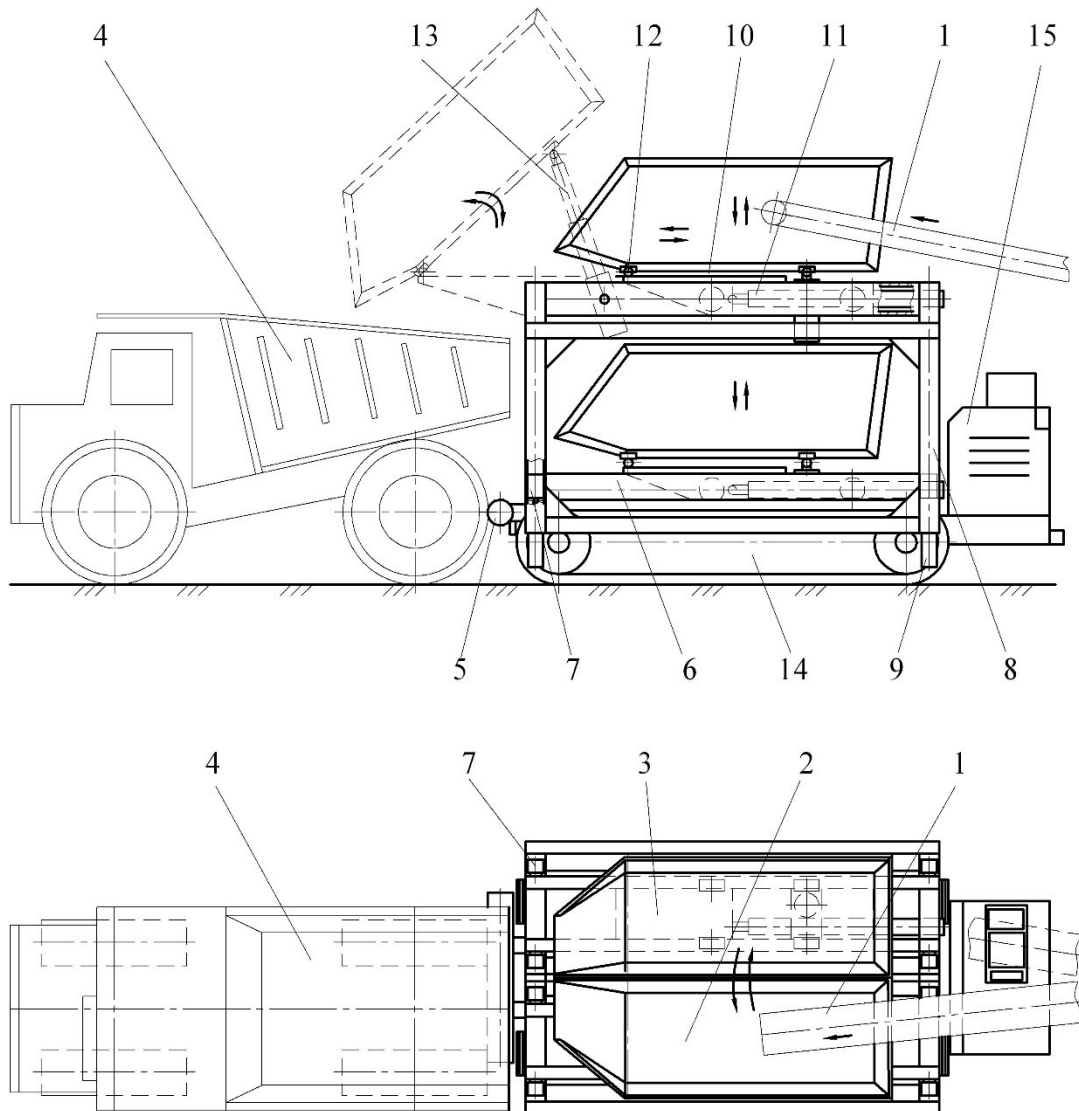


Рис. 2 – Предлагаемый автоматизированный перегрузочный комплекс для работы совместно с карьерным комбайном и автосамосвалами

Перегрузочный комплекс движется вслед за комбайном и дистанционно управляется от него. В начальном положении оба бункера 2 и 3 находятся в нижнем положении. При полной загрузке бункера 2 срабатывают датчики грузоподъемности, расположенные на днище бункера, на отключение загрузки. Конвейер 1 карьерного комбайна, закончив загрузку бункера 2, перемещается в сторону бункера 3 и начинает его загрузку. Осуществление независимых процессов позиционирования бункеров 2 и 3 происходит одновременно с рабочим процессом карьерного комбайна. Автосамосвал 4, двигаясь задним ходом, упирается в буфер 5 перегрузочного комплекса, срабатывает датчик и автоматической системой подается команда на погрузку горной массы из бункера 2 в кузов

автосамосвала 4. В это время бункер 2, установленный на раме 6, с помощью опор скольжения 7, которые входят во взаимодействие с вертикальными направляющими 8 рамы, перемещается в вертикальной плоскости механизмами вертикального перемещения 9. Когда рама 6 бункера 2 достигнет своего крайнего верхнего положения, каретка 10 бункера 2 с помощью механизма горизонтального перемещения 11 сдвигается в сторону автосамосвала 4 и посредством шарнирной связи 12 с кареткой 10 и телескопического механизма поворота 13 поворачивается в вертикальной плоскости для загрузки автосамосвала. Затем бункер 2 перемещается в исходное нижнее положение. После загрузки бункера 3 конвейер 1 позиционируется над бункером 2 и вновь начинает его загрузку. Загруженный автосамосвал 4 отъезжает от перегрузочного комплекса, а на его место подъезжает новый автосамосвал, загрузка которого происходит аналогичным образом из бункера 3. Привод гусеничной ходовой части 14 и гидравлической системы перегрузочного комплекса осуществляется от двигателя внутреннего сгорания 15.

Предложенный способ загрузки горной массы в автосамосвалы с использованием автоматизированного перегрузочного комплекса позволяет обеспечить непрерывность работы карьерного комбайна и перегрузки горной массы, снижает время простоев автосамосвалов под погрузкой. Все работы по загрузке автосамосвалов ведутся в автоматическом режиме. Кинематическая схема перемещения бункеров позволяет производить их загрузку в нижнем положении имеющимися на карьерных комбайнах конвейерами.

Проведены расчеты эксплуатационной производительности Π_3 карьерного комбайна Wirtgen 2500SM при работе в комплекте с автосамосвалами БелАЗ-548А с использованием перегрузочного комплекса и без него. Результаты расчетов представлены на рис. 3а. При расчетах принимались следующие условия: прочность на сжатие $\sigma_{сж}$ разрабатываемых горных пород варьировалась пошагово и составляла 20, 30, 40 и 60 МПа; длина заходки комбайна – 400 м; время на один маневр (разворот комбайна в конце заходки) – 9,8 мин; толщина слоя фрезерования – 0,4 м; дальность транспортировки горной массы – 3 км; грузоподъемность автосамосвала – 40 т, коэффициент использования грузоподъемности автосамосвала – 0,9; время на обмен автосамосвала под погрузкой – 0,6 мин [17].

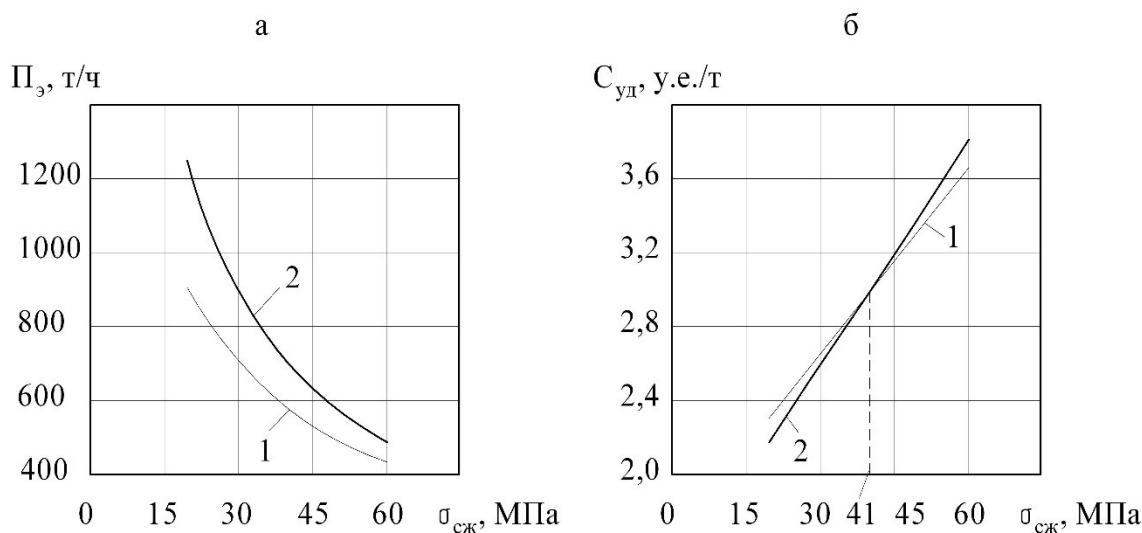


Рис. 3 – Графики зависимости эксплуатационной производительности Π_3 и удельной себестоимости работ $C_{уд}$ карьерного комбайна Wirtgen 2500SM

от прочности горных пород на сжатие $\sigma_{сж}$:

1 – комплект машин «карьерный комбайн – автосамосвалы»;

2 – комплект машин «карьерный комбайн – перегрузочный комплекс – автосамосвалы»

При использовании перегрузочного комплекса, в связи с отсутствием простоев комбайна при замене автосамосвалов под погрузкой, производительность комбайна значительно возрастает. Так, при разработке массива горных пород с прочностью на сжатие 20 МПа производительность карьерного комбайна, работающего без перегрузочного комплекса, составляет 907 т/ч, а при работе в комплекте с перегрузочным комплексом – 1257 т/ч, таким образом, производительность комбайна возрастает на 38,6 %. С увеличением прочности разрабатываемых горных пород производительность карьерного комбайна снижается и при прочности 60 МПа составляет, соответственно, 422 т/ч и 485 т/ч. Таким образом, применение перегрузочного комплекса на породах прочностью на сжатие, равной 60 МПа, обеспечивает рост производительности на 15 %.

Выполнены расчеты удельной себестоимости работ $C_{уд}$ по выемке, погрузке и транспортировке горной массы двумя комплектами машин: комбайном Wirtgen 2500SM с автосамосвалами БелАЗ-548А; комбайном Wirtgen 2500SM с автосамосвалами БелАЗ-548А и перегрузочным комплексом. Результаты расчетов представлены на рис. 3б. В связи с тем что в комплект для работы с карьерным комбайном вводится дополнительная машина – перегрузочный комплекс, общие эксплуатационные затраты возрастают, и при разработке прочных горных пород, когда производительность комбайна невелика, удельная себестоимость работ комплекта машин с перегрузочным комплексом выше, чем у комплекта машин, в который не входит перегрузочный комплекс. Так, при разработке горных пород прочностью на сжатие 60 МПа удельная себестоимость работ комплекта машин с перегрузочным комплексом равна 3,82 у.е./т, что на 4 % выше, чем у первого комплекта машин. При разработке менее прочных пород производительность комбайна резко возрастает, в результате чего происходит более частая смена автосамосвалов под погрузкой, и применение перегрузочного комплекса начинает давать положительный экономический эффект. Так, при разработке горных пород прочностью на сжатие 20 МПа удельная себестоимость работ комплекта машин с перегрузочным комплексом равна 2,17 у.е./т, что на 6 % меньше, чем у первого комплекта машин. Для данных горно-технических условий расчета граничной величиной экономически обоснованного применения перегрузочного комплекса является прочность разрабатываемых горных пород на сжатие, равная 41 МПа.

Выводы

Совершенствование циклично-поточных технологий с использованием карьерных комбайнов за счет внедрения автоматизированных перегрузочных комплексов при выемке плотных и легко разрабатываемых полускальных горных пород позволит значительно увеличить производительность горного оборудования, снизить себестоимость добычи полезных ископаемых и повысить рентабельность горного производства.

Литература

1. Маттис А.Р. Безвзрывные технологии открытой добычи твердых полезных ископаемых / А.Р. Маттис и др.; отв. ред. В.Н. Опарин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 337 с.
2. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus. Russia // Zement-Kalk-Gips Int. – 2014. – 67. – № 10. – P. 18 – 19.
3. Чебан А.Ю. Совершенствование технологий открытой разработки месторождений с использованием карьерных комбайнов и отвалообразователей / А.Ю. Чебан // Записки горного института. – 2015. – Т. 214. – С. 23 – 27.
4. Фризен А.П. Vermeer T 1255TL – универсальные машины для выполнения вскрышных и добычных работ в карьерах / А.П. Фризен // Горная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 56 – 57.
5. Чебан А.Ю. Способ доработки глубокого карьера с применением фрезерных машин / А.Ю. Чебан // Маркшейдерия и недропользование. – 2017. – № 4. – С. 23 – 29.

6. Niemann-Delius C. Mining technical and profitability of Continuous Surface Mining for two open-pit coal mines in Yugoslavia based on Krupp Surface Mining / C. Niemann-Delius // Braunkohle. – 1991. – № 11. – P. 23 – 25.
7. Чебан А.Ю. Классификация конструкций карьерных комбайнов / А.Ю. Чебан // Недропользование XXI век. – 2015. – № 5 (55). – С. 64 – 69.
8. Мороз Д.Р. Техника для открыто-подземной разработки твердых полезных ископаемых / Д.Р. Мороз // Механика - XXI веку. – 2017. – № 1. – С. 350 – 354.
9. Панкевич Ю.Б. Влияние технологических особенностей горного производства на технико-экономическую оценку месторождений полезных ископаемых / Ю.Б. Панкевич // Рациональное освоение недр. – 2014. – № 3. – С. 42 – 50.
10. Ввод в эксплуатацию комбайна Wirtgen 2200SM на ОАО «Ковровское карьероуправление» / М. Пихлер и др. // Горная промышленность. – 2013. – № 2. – С. 110 – 116.
11. Швабенланд Е.Е. О потенциале фрезерных комбайнов непрерывного действия при разработке месторождений открытым способом / Е.Е. Швабенланд // Рациональное освоение недр. – 2014. – № 1. – С. 54 – 60.
12. Чебан А.Ю. Селективная разработка Эльгинского угольного месторождения с применением выемочно-сортировочного комплекса / А.Ю. Чебан // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2017. – № 4. – С. 247 – 254.
13. Пихлер М. Комбайны Wirtgen Surfase Miner на открытых горных работах: история развития, масштабы применения и перспективы расширения / М. Пихлер, Ю.Б. Панкевич // Горная промышленность. – 2009. – № 2. – С. 54 – 57.
14. Шемякин С.А. Экономическое обоснование эффективности безвзрывной селективной выемки полезного ископаемого и вмещающих пород с использованием технико-технологических комплексов на основе фрезерных комбайнов / С.А. Шемякин, Д.Н. Матвеев, А.Ю. Чебан // Горный журнал. – 2015. – № 2. – С. 43 – 46.
15. Трубецкой К.Н. Роботизированные горнотехнические системы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / К.Н. Трубецкой и др. // Горный журнал. – 2016. – № 5. – С. 21 – 27.
16. Зырянов И.В. Параметры системы дистанционного управления горнотранспортным оборудованием в условиях Удачинского ГОКа / И.В. Зырянов, Д.Х. Ильбульдин, А.П. Кондратюк // Горная промышленность. – 2016. – № 5. – С. 49 – 51.
17. Чебан А.Ю. К вопросу об определении производительности карьерных комбайнов в различных условиях эксплуатации / А.Ю. Чебан // Системы. Методы. Технологии. – 2014. – № 3. – С. 1.