

БУЛЬДОЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ ИЗВЕСТНЯКОВО- ДОЛОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

К.Р. Аргимбаев¹, Д.Н. Лигоцкий¹, Е.В. Логинов¹

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: diamond-arg@mail.ru

Аннотация: Производство горных работ в настоящее время осуществляется по циклической технологии. Карьеры оснащены большим парком оборудования различного вида, но, несмотря на это, основные технико-экономические показатели (производительность, рентабельность предприятия и другие) повышаются недостаточно высокими темпами. Дальнейшему улучшению технико-экономических показателей работы карьера в значительной мере препятствует несоответствие выемочно-погрузочного, транспортного и вспомогательного оборудования горнотехническим условиям разработки. Необходимость создания новой технологической схемы с применением бульдозеров-рыхлителей для горных работ вызвана снижением качества добываемого сырья, технико-эксплуатационных показателей горнотранспортного оборудования, что является чаще всего результатом низкой степени использования такого оборудования и слабой механизации вспомогательных процессов. Описана технология разработки известняково-доломитового месторождения, которая может быть использована как для месторождений с простым геологическим строением, так и для месторождений, имеющих внутреннюю вскрышу – некондиционную породу, залегающую в виде линз и пропластков в пластах полезного ископаемого, которую невозможно оконтурить при разведке и подсчете запасов из-за её несистемного распространения. Приведены результаты исследования по механическому рыхлению с использованием бульдозеров различной мощности. Результаты исследования легки в основу компьютерной программы (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018660494, 2018 (Россия)).

Ключевые слова: открытая разработка месторождений полезных ископаемых, бульдозер, рыхлитель, горная порода, месторождение полезных ископаемых, сейсмическая скорость, послонная выемка.

Для цитирования: Аргимбаев К. Р., Лигоцкий Д. Н., Логинов Е. В. Бульдозерная технология открытой разработки известняково-доломитовых месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 3. – С. 16–29. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0-16-29.

Bulldozer-based technology for open pit mining of limestone–dolomite deposits

K.R. Argimbaev¹, D.N. Ligotsky¹, E.V. Loginov¹

¹ Saint Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia,
e-mail: diamond-arg@mail.ru

Abstract: Mining is currently carried out using a cyclic-flow technology. Open pit mines are equipped with many machines of various types; however, the technical-and-economic performance of mines (productivity, profitability, etc.) improves at insufficient rates. Enhancement of a surface mine efficiency is impeded by incompliance of the mining, loading, haulage and auxiliary machines with specific mining conditions. It is necessary to create a new mining process flow chart involving dozer rippers as the quality of minerals product lowers and the performance of mining and haulage machine drops often due to weak utilization of such equipment and poor mechanization of auxiliary processes. The article describes a limestone–dolomite mining technology suitable for deposits of simple structure and for deposits with inner burden–dirt lenses and interlayers which are impossible to locate and outline during exploration and appraisal of reserves because of the inconsistent occurrence. The studies on ripping efficiency of different-capacity bulldozers are presented. The research findings became the basis for a computer program design (Computer Program State Certificate No. 2018660494, 2018, Russia).

Key words: open pit mineral mining, bulldozer, ripper, rock, mineral deposit, seismic velocity, slice mining.

For citation: Argimbaev K.R., Ligotsky D.N., Loginov E.V. Bulldozer-based technology for open pit mining of limestone–dolomite deposits. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(3):16–29. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-3-0-16-29.

Введение

Использование традиционной взрывной технологии на известняково–доломитовых месторождениях приводит к разубоживанию добываемого сырья из-за того, что внутренняя вскрыша небольшой мощности не разрабатывается отдельно, а отбивается вместе с полезным ископаемым [1–4].

Анализ горнотехнических условий известняково–доломитовых месторождений показывает, что одним из путей повышения эффективности горных работ является применение мобильной техники как на добыче, так и на вскрышных работах, к которым можно отнести рыхлители на базе бульдозера, гидромолоты и фрезерные комбайны, обеспечивающие безвзрывную разработку месторождения [5].

Тенденция применения фрезерных комбайнов, работающих по технологии тонкослойной выемки, позволяет разрабатывать горную массу селективно, уменьшая эксплуатационные потери полезного ископаемого, увеличивая при

этом общий выход продукции и устойчивость откоса борта карьера [6–7].

Замеренный нами хронометраж операций, необходимых для ритмичной работы фрезерного комбайна, свидетельствует о малой эффективности использования его на месторождениях известняка, около 60% от своего рабочего времени комбайн останавливался или менял свое местоположение. Работу фрезерного комбайна усложняют климатические (дождь, снег, мороз и т.п.), горнотехнические и геологические условия [8]. Использование гидромолотов ограничивается малой производительностью.

Появление мощных бульдозеров и усовершенствование конструкций современных рыхлителей значительно расширило область применения механического рыхления, что позволило в настоящее время рассматривать его одним из высокоэффективных производственных процессов на открытых горных работах.

Эффективность работы бульдозера оценивается его весом и усилием, создаваемым гидросистемой, что обеспе-

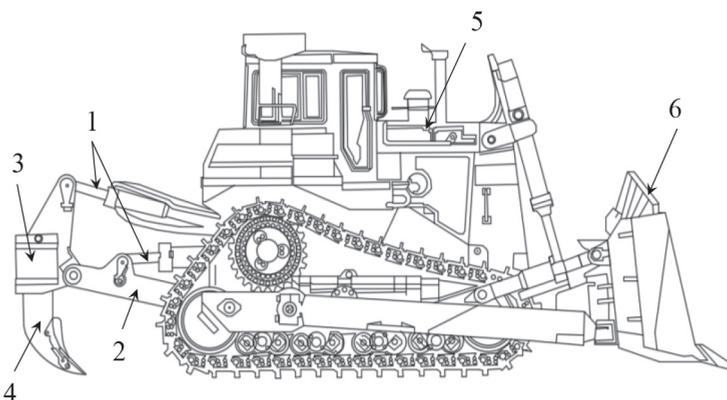


Рис. 1. Принципиальная конструктивная схема рыхлителя: 1 – гидросистема; 2 – рама; 3 – флюгер; 4 – стойка с наконечником; 5 – бульдозер; 6 – отвал

Fig. 1. Basic construction diagram of ripper: 1—hydraulic system; 2—frame; 3—weather vane; 4—ripper shank; 5—bulldozer; 6—dump

чивает быстрое заглубление рабочего органа в грунт и постоянную глубину рыхления (рис. 1) [9].

Рабочий орган рыхлителя состоит из стойки, наконечника, одной или двух предохранительных пластин, предназначенных для защиты нижней части стойки от значительного износа (рис. 2).

Для обеспечения экономически эффективной работы в разнообразных условиях существуют наконечники двух типов (осевые и пенетрационные) и трех конфигураций: длинные (для работы в абразивных породах), короткие (для работы в тяжелых условиях с повышен-

ными ударными нагрузками) и средние (для обычных условий эксплуатации). Большинство конструкций наконечников имеет самозатачивающуюся форму, т.е. при износе торцевой части край наконечника не затупляется.

Использование того или иного наконечника зависит как от разрыхляемого материала, так и от модели бульдозера, выполняющего рыхление. Очень плотные материалы требуют использования «пенетрационных» наконечников. Материалы, рыхление которых сопряжено с большими ударными нагрузками, требуют использования «осевых» наконеч-

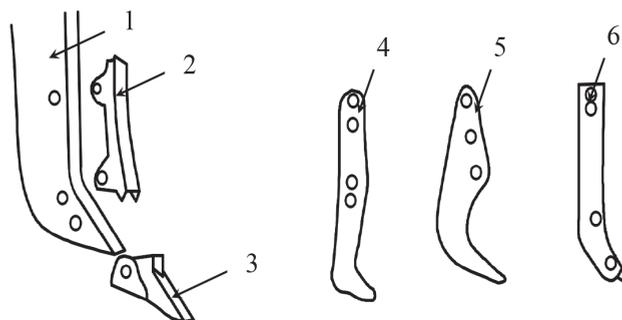


Рис. 2. Рабочий орган рыхлителя: 1 – стойка; 2 – предохранительная пластина; 3 – наконечник; типы стоек: 4 – прямая; 5 – криволинейная; 6 – гладкопрофильная, скоростная

Fig. 2. Ripper point: 1—ripper shank; 2—guard plate; 3—ripper point; types of ripper shanks: 4—straight; 5—curved; 6—smooth profile speed shank

Таблица 1

Рекомендации по использованию наконечников в различных условиях
Recommendations on utilizing shanks in different conditions

Условия рыхления	Используемые наконечники
Два бульдозера в жесткой сцепке	короткие
Одностоечный и многостоечный	
Для крайне тяжелых условий эксплуатации	короткие/средние
Средние условия	длинные/средние
Абразивные условия	длинные

ников [10]. В табл. 1 приведены краткие рекомендации по применению наконечников.

Сравнение технологических схем рыхления

Объектом нашего исследования является возможность использования бульдозера-рыхлителя на известняково-доломитовых карьерах. В России и за рубежом прогрессирующий выпуск и усовершенствование рыхлителей объясняется рядом преимуществ по сравнению с существующими способами рыхления. Так, на открытых горных работах, где основным способом рыхления пород является буровзрывной, рыхлители позволяют исключить некоторые недостатки, присущие взрывным работам (сейсмический эффект и поражающее действие кусков породы при разлете), уменьшить потери и разубоживание полезного ископаемого за счет послойной раздельной выемки пород с различными качественными характеристиками, значительно снизить себестоимость рыхления (более чем в 1,5–2 раза), а также повысить безопасность работ и производительность труда [11, 12].

Технологические схемы с использованием бульдозеров-рыхлителей выгодно отличаются от других схем (с применением буровзрывного и экскаваторного способов). Однако для успешной работы рыхлителя необходимы определенные условия: соответствующие физико-меха-

нические свойства пород, достаточные площади разработки для обеспечения надлежащего фронта работ, правильный выбор бульдозера с отвалом, типа рыхлителя, наконечника для рыхлителя.

Технология механического рыхления определяется конечным назначением разрабатываемого материала. Если породы необходимо только удалить, то крупность отдельных кусков горной массы не имеет большого значения. Такой материал, как вскрыша или породы, удаляемые при дорожном строительстве, обычно не находят дальнейшего применения, поэтому уменьшение крупности требуется только для улучшения условий разработки и приспособления к параметрам погрузочного и транспортного оборудования.

Горная масса, перемещаемая бульдозером, не требует значительного дробления, и ее крупность не ограничена. Достаточно нескольких рабочих проходов, чтобы довести материал до размеров, удобных для бульдозирования [13–15].

Прежде чем приступить к рыхлению, на каждом новом участке следует сделать несколько опытных проходов, изменяя глубину внедрения зуба рыхлителя и скорость движения бульдозера. Это поможет определить направление напластования и сопротивляемость массива пород разрушению. Маршруты движения бульдозера при рыхлении должны быть намечены таким образом, чтобы

рыхлитель не пересекал транспортных коммуникаций.

Рабочую площадку рыхления необходимо постоянно зачищать, что снижает износ оборудования и сокращает поломки. Незначительное количество рыхлого материала и породной мелочи обеспечивает сцепление гусениц бульдозера с грунтом и достаточное тяговое усилие, а чрезмерное — создает пробуксовку. При выходе на участке рыхления более твердой разности, ее разрабатывают сразу же, не оставляя на следующие проходы. Участок рыхления должен иметь площадь, достаточную для обеспечения производительности рыхлителя и транспортного оборудования не менее, чем на полсмены. Частые перегоны машин и изменение вида работ приводят к низкому использованию оборудования по времени и создают потенциальные опасности на карьере.

В среднерыхлимых породах оптимальным расстоянием между проходами считается расстояние, составляющее около половины колеи бульдозера (около 1,2 м). Это обеспечивает создание полосы дробленого материала шириной около 1,5–1,8 м. Интенсивное дробление и меньшая кусковатость наблюдаются в районе прохождения рабочего органа в породе, большая — по внешнему периметру. Поэтому для получения более равномерной кусковатости следующей проход рыхлителя целесообразен в районе внешнего периметра предыдущего прохода. За счет уменьшения расстоя-

Таблица 2

Сравнительная характеристика технико-экономических показателей буровзрывного и механического рыхления
Comparative characteristic of performance indicators in loosening by blasting and ripping

Показатели	Рыхление	
	буровзрывное	механическое
Общие расходы, долл./ч	48,5	30,0
Производительность, т/ч	100,0	227,0
Затраты на единицу продукции, долл./т	0,485	0,131

ния между проходами рыхлителя можно добиться сокращения кусковатости и, наоборот, для ее увеличения расстояние следует сделать большим. Таким образом, при механическом рыхлении кусковатость горной массы можно контролировать.

Для увеличения эффективности рыхления (там, где это возможно) нужно стараться использовать вес бульдозера и рыхлить под уклон. Дополнительный вес и тяговое усилие при рыхлении под уклон позволяют повысить производительность рыхлителя до 25–40% [16].

Рыхление необходимо вести в направлении, перпендикулярном ряду вертикальных трещин, пересекающих массив горных пород. Работа по направлению распространения трещин приводит к уменьшению производительности рыхлителя.

Необходимо планировать использование бульдозера-рыхлителя и на работах по перемещению материала, поддержанию в порядке автодорог, загрузке бункеров, а также при загрузке скреперов в качестве толкача. Это позволит повысить коэффициент использования машины и снизить расходы на единицу разрабатываемого материала.

С переходом с буровзрывного рыхления на механическое рабочий парк оборудования в карьере сокращается. Механическое рыхление обеспечивает меньшую кусковатость материала, что позволяет увеличить производительность оборудования при погрузке и дроблении.

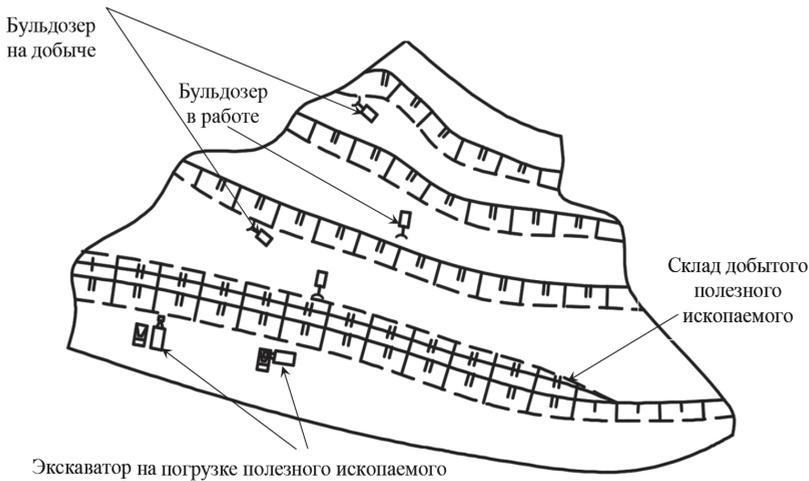


Рис. 3. Схема разработки с использованием бульдозера и экскаватора
 Fig. 3. Shovel-and-dozer mining pattern

За счет уменьшения расстояния от забоев до завода (отмена ограничения на взрывоопасную зону) повышается производительность транспортных операций.

В табл. 2 приведена сравнительная характеристика технико-экономических показателей буровзрывного и механического рыхления.

Система открытой разработки известняково-доломитовых месторождений с использованием бульдозера и экскаватора (продольно-уступная с веерообразным продвижением забоев), представленная на рис. 3, позволит в значительной степени повысить производительность труда и снизить себестоимость добычи полезного ископаемого.

Данная схема включает в себя три верхних добычных горизонта, четвертый (нижний) — отгрузочный.

На добычных горизонтах работают бульдозеры. Каждая машина захватывает своим отвалом часть взорванной породы, доставляет этот груз к бровке уступа и сбрасывает его вниз. На лежащем ниже горизонте другой бульдозер продвигает с породой ту же операцию.

На отгрузочном горизонте работают экскаваторы, которые отгружают добы-

тое полезное ископаемое в вагоны или автосамосвалы.

При веерообразном продвижении забоев ширина рабочих площадок на горизонтах увеличивается по мере продвижения забоев. Это значит, что возрастает и расстояние, которое должен проходить бульдозер, перемещающий породу от забоя к откосу уступа. А с увеличением этого расстояния выработка машины уменьшается. Поэтому расстояние, на которое бульдозер перемещает породу, не должно превышать 40 м.

Надо подчеркнуть, что малое расстояние от забоя до откоса уступа, а также равномерное продвижение всех уступов — обязательное условие успеха применяемого способа добычных работ.

Возвращение бульдозера к месту погрузки должно осуществляться задним ходом. Движение вперед — на 1-й скорости; движение назад (без груза) — на 2-й скорости.

Данная технологическая схема может предусматривать применение буровзрывных работ для рыхления с уменьшением объемов перевалочных операций, выполняемых бульдозером (рис. 4).



Рис. 4. Схема производства взрывных работ
Fig. 4. Blasting pattern

Бурение скважин на горизонте 1 осуществляется не на всю 40-метровую ширину рабочей площадки, а лишь на 28-метровую полосу, примыкающую к откосу уступа. Полоса, шириной в 12 м, примыкающая к массиву месторождения, остается нетронутой. В результате взрыва порода из 28-метровой полосы об-

рушивается на лежащий ниже 2-й горизонт, а от 1-го горизонта остается целик шириной в 12 м, служащий своего рода предохранительной бермой. На втором этапе работ разбуривается порода, находящаяся выше 1-го горизонта. Когда ее взрывают, то лишь часть ее (около 30%) задерживается на 1-м горизонте, подавляющая же масса (около 70%) скатывается «транзитом» на 2-й горизонт.

Такая очередность взрывов позволит на 70% сократить объем перевалочных работ.

Известно, что при экскаваторной добыче величина развала не должна превышать двойной высоты уступа, иначе порода ляжет тонким слоем, и экскаватору придется собирать ее с большей площади. Но при бульдозерной добыче выгодно, чтобы взрыв отбросил породу как можно дальше от массива, то есть как можно ближе к откосу уступа, при этом ширина развала должна равняться тройной высоте уступа.

Успешная реализация данной схемы во многом зависит от машинистов бульдозеров. К ним должен предъявляться ряд требований: доставлять за каждый рейс к откосу уступа не менее 90% породы от вместимости отвала, держать ровной поверхность рабочей площадки, содержать машину в работоспособном

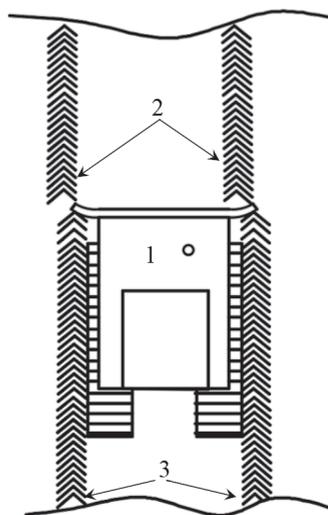


Рис. 5. Схема движения бульдозера, обеспечивающая минимальные потери груза в процессе его перемещения: 1 – бульдозер, 2 – валки, оставшиеся от предыдущего рейса, 3 – вновь образованные валки

Fig. 5. Dozer traffic pattern with minimized loss in handling: 1–bulldozer; 2–remnant piles after previous pass; 3–new piles

состоянии. Чтобы нож отвала при бульдозировании не упирался в грунт, по которому движется бульдозер, не срезал «стружки» с площадки, не нарушал ее горизонтальности и предотвращал перегрузку машины, необходимо располагать его в 2–3 см от поверхности площадки.

Отвал бульдозера должен вводиться в забой углом «зарезки» в 50–60° к линии забоя.

Если бульдозер входит в забой правым боком, то отвал должен быть установлен так, чтобы его правый край на 2–5 см был впереди левого края. Если резка идет слева, то отвал должен быть скошен так, чтобы его левый край выступал впереди правого.

При сильно измельченной от взрыва породе, отвал устанавливается так, чтобы его правый край «опережал» левый только на 2–3 см.

Бульдозер во время перемещения груза образует валки из осыпавшегося ма-

териала по обе стороны своего пути, что увеличивает потери породы.

Для уменьшения потерь груза при его транспортировке следует использовать схему, представленную на рис. 5.

Оценка рыхлимости известнякового массива, основанная на регистрации скорости распространения упругих волн в зависимости от физико-механических свойств и состояния массива горных пород, который позволяет выбрать оборудование по мощности бульдозера, производительности и скорости распространения упругих волн в массиве горных пород, производилась методом сейсмических исследований в сравнении с другими породами. Результаты испытаний приведены на рис. 6–9.

Учитывая огромный разброс свойств различных материалов даже между породами одной и той же категории, данные графики следует рассматривать как всего лишь один из индикаторов рыхляемости, а также определения про-

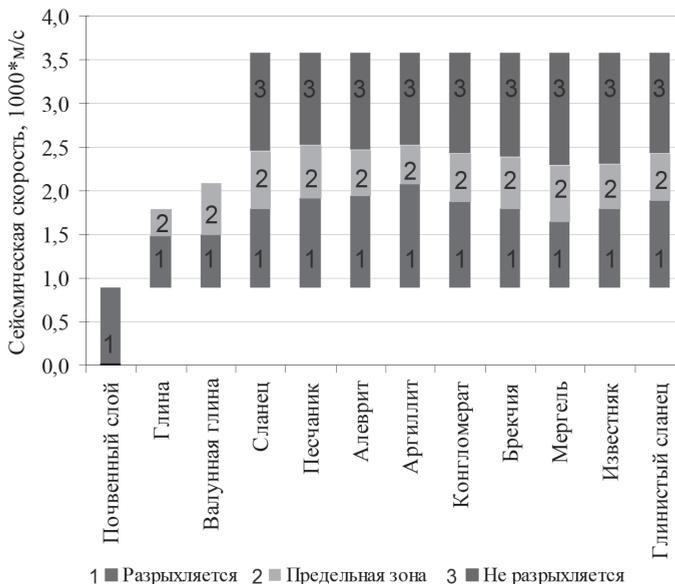


Рис. 6. Оценка разрушаемости пород по скорости сейсмических волн с использованием одношестоечного или многостоечного регулируемого параллелограммного рыхлителя и бульдозера мощностью 228 кВт, массой 38,4 т

Fig. 6. Assessment of rock destructibility by seismic wave velocity using single-shank or multi-shank adjustable parallelogram ripper and dozer with capacity of 228 kW and weight of 38.4 t

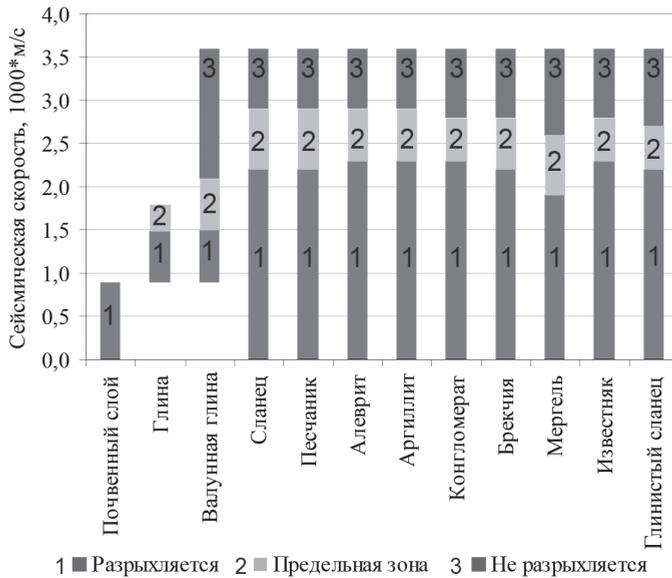


Рис. 7. Оценка разрушаемости пород по скорости сейсмических волн с использованием одноштанного или многостоечного регулируемого параллелограммного рыхлителя и бульдозера мощностью 302 кВт, массой 48,8 т

Fig. 7. Assessment of rock destructibility by seismic wave velocity using single-shank or multi-shank adjustable parallelogram ripper and dozer with capacity of 302 kW and weight of 48,8 t

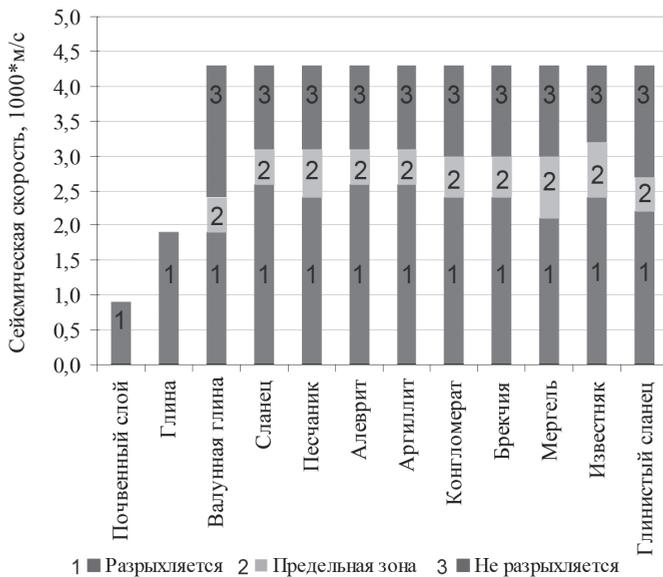


Рис. 8. Оценка разрушаемости пород по скорости сейсмических волн с использованием одноштанного или многостоечного регулируемого параллелограммного рыхлителя и бульдозера мощностью 447 кВт, массой 70,2 т

Fig. 8. Assessment of rock destructibility by seismic wave velocity using single-shank or multi-shank adjustable parallelogram ripper and dozer with capacity of 447 kW and weight of 70,2 t

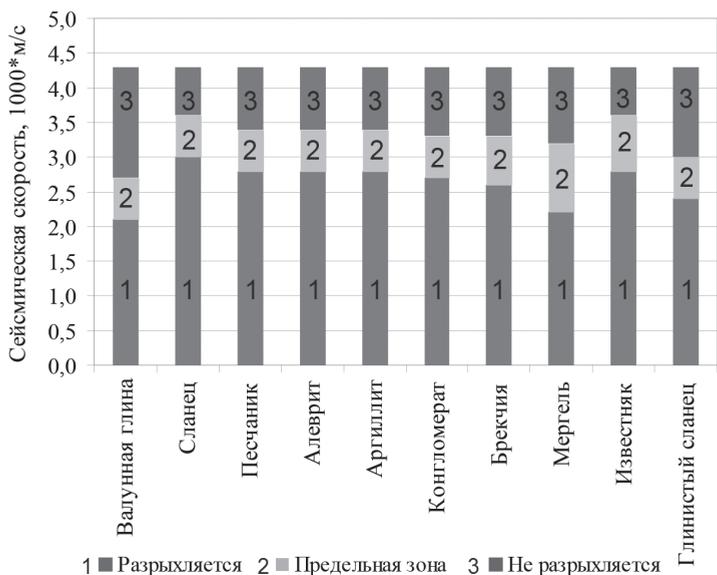


Рис. 9. Оценка разрушаемости пород по скорости сейсмических волн с использованием одно-стоечного или многостоечного регулируемого параллелограммного рыхлителя и бульдозера мощностью 634 кВт, массой 104,5 т

Fig. 9. Assessment of rock destructibility by seismic wave velocity using single-shank adjustable parallelogram ripper and dozer with capacity of 634 kW and weight of 104,5 t

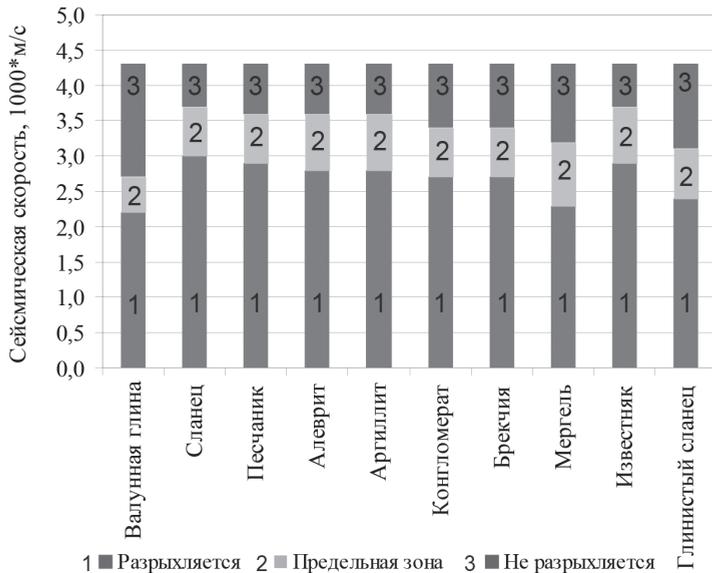


Рис. 10. Оценка разрушаемости пород по скорости сейсмических волн с использованием одно-стоечного или многостоечного регулируемого параллелограммного рыхлителя и бульдозера мощностью 634 кВт, массой 104,2 т

Fig. 6. Assessment of rock destructibility by seismic wave velocity using single-shank adjustable parallelogram ripper and dozer with capacity of 634 kW and weight of 104,2 t

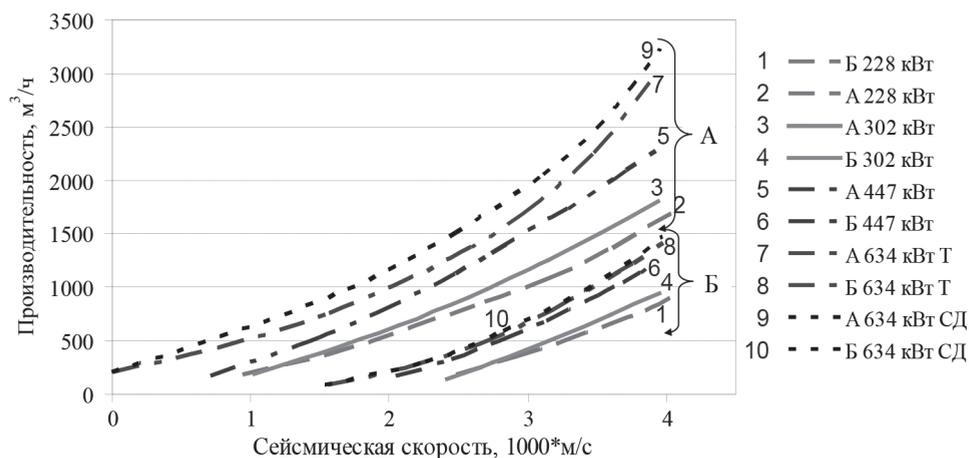


Рис. 11. Производительность бульдозеров различных мощностей с одношанковым рыхлителем параллелограммного типа: А – идеальные условия работы, Б – неблагоприятные условия работы
 Fig. 11. Productivity of different-capacity bulldozers with single-shank parallelogram rippers: А—ideal operation conditions; Б—unfavorable operation conditions

изводительности по значениям сейсмической скорости, мощности бульдозера и типа рыхлителя (рис. 11).

Заключение

Применение вышеописанной технологии открытой разработки на известняково-доломитовых месторождениях с использованием достаточно мощных рыхлителей в сочетании с новыми типами карьерных бульдозеров и погрузчиков позволит обеспечить повышение производительности труда в 1,5–2 раза и снизить затраты на выемочно-погрузочные работы и доставку горной массы в 1,2–1,5 раза.

При оценке технической возможности рыхления пород необходимо учитывать следующие моменты:

- Заглубление зубьев. Это особенно верно для однородных материалов, таких как глины или мелкозернистый известняк, и плотно сцементированных формаций (конгломераты, некоторые валунные глины и известняковые отложения, содержащие каменные фрагменты).

- Низкие сейсмические скорости в осадочных породах могут быть призна-

ком вероятной разрыхляемости. Однако если изломы и стыки пластов препятствуют заглублению зубьев, рыхление данного материала может оказаться неэффективным.

- Предварительный подрыв может создать достаточное разрушение, способствующее заглублению зубьев, в частности в известняках, конгломератах и некоторых других породах; однако при анализе подрыва в более прочных породах необходимо внимательно просчитать экономическую эффективность.

Рыхление под скреперную погрузку может потребовать применения совсем другой техники, чем в случае, когда тот же материал должен быть отвален бульдозером. Другого подхода требует и поперечное рыхление.

Количество используемых стоек, длина и толщина стойки, угол зубьев, направление, положение дроссельной заслонки — все должно быть отрегулировано в соответствии с условиями работы. Успех рыхления может сильно зависеть от того, найдет ли оператор надлежащее сочетание этих параметров для данных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Paramonov G.P., Kovalevskiy V.N.* On dust and gas generation upon multiple blasts in open-pit mines // *Journal of Industrial Pollution Control*. 2017. Vol. 33, no 1, pp. 767–774.
2. *Kovalevskiy V.N., Moldovan D.V., Chernobai V.I.* Determination of focal length for cumulative charges with various concavity shapes // *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8, no 11, pp. 1119–1125.
3. *Парамонов Г.П., Ковалевский В.Н., Мозер П.* Повышение сохранности минерально-го сырья при отделении монолита от массива горных пород с использованием газогенераторных патронов // *Записки Горного института*. – 2016. – Т. 220. – С. 532–537.
4. *Daneev A.V., Dambaev J.G., Kovalevsky V.N.* Directed emergence of radial cracks in the explosion of related charges through their locations // *JP Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. Vol. 14, no 1, pp. 165–171.
5. *Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Корнилов С.Н., Томилина Н.Г.* Обоснование технологических схем транспортирования горной массы с применением карьерных подъемников при разработке месторождений открыто-подземным способом // *Горный журнал*. – 2016. – № 5. – С. 41–47.
6. *Аргимбаев К.Р., Лигоцкий Д.Н., Бовдуй М.О., Миронова К.В.* Технология формирования техногенного месторождения и определение параметров потерь, возникающих при ведении горных работ с использованием шагающего экскаватора // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2018. – № 5. – С. 35–42. DOI:10.25018/0236-1493-2018-5-0-35-42.
7. *Carabassa V.D., Nabais D.C., Roiloa S.R., Rodríguez-Echeverría D.S.* Revegetation of abandoned copper mines: The role of seed banks and soil amendments // *Web Ecology*. 2013. Vol. 28, no 4, pp. 420–422.
8. *Никитин В.В., Николаев А.В., Ненадов А.Л.* Опыт эксплуатации горного комбайна Wirtgen 2200 SM в условиях карьера карбонатных пород «Дубенский камень» в Дубенском районе Тульской области // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2013. – ОВ 11. – С. 3–8.
9. *Холодняков Г.А., Аргимбаев К.Р.* Технология открытой разработки нетрадиционного месторождения полезных ископаемых // *Записки Горного института*. – 2016. – Т. 216. – С. 82–88.
10. *Kuskov V.B., Kuskova Ya.V.* Research of physical and mechanical properties of briquettes, concentrated from loose high-grade iron ores / 17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM. 2017. Vol. 17, pp. 1011–1015.
11. *Аргимбаев К.Р., Лигоцкий Д.Н., Миронова К.В.* Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660494, 06.08.2018. Программа определения производительности экскаватора по блокам при комплексном использовании недр. Свидетельство России № 2018660494. 2018. Бюл. № 9.
12. *Аргимбаев К.Р., Миронова К.В., Бовдуй М.О.* Методы ликвидации потерь и оптимизация процессов открытых горных работ при отработке техногенного месторождения // *Проблемы недропользования*. – 2017. – № 2 (12). – С. 145–145.
13. *Ковалевский В.Н., Аргимбаев К.Р.* Экспериментальное исследование процесса внедрения кумулятивной струи в массив горных пород // *Горный журнал*. – 2016. – № 12. – С. 19–23.
14. *Фомин С.И., Базарова Е.И.* Анализ чувствительности параметров рудных карьеров на предварительной стадии проектирования // *Записки Горного института*. – 2009. – Т. 216. – С. 76–81.
15. *Васильев А.М., Кусков В.Б.* Закономерности разделения тонкозернистых материалов на концентрационном столе // *Обогащение руд*. – 2017. – № 3. – С. 63–68.
16. *Сидорков А.А.* Обоснование способа повышения производительности и расширение области применения бульдозерно-рыхлительного агрегата при разработке кар-

REFERENCES

1. Paramonov G.P., Kovalevskiy V.N. On dust and gas generation upon multiple blasts in open-pit mines. *Journal of Industrial Pollution Control*. 2017. Vol. 33, no 1, pp. 767–774.
2. Kovalevskiy V.N., Moldovan D.V., Chernobai V.I. Determination of focal length for cumulative charges with various concavity shapes. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. Vol. 8, no 11, pp. 1119–1125.
3. Paramonov G.P., Kovalevskiy V.N., Mozer P. Improving integrity of a solid mineral block detached from rock mass using gas-generating cartridges. *Zapiski Gornogo instituta*. 2016. Vol. 220, pp. 532–537. [In Russ].
4. Daneev A.V., Dambaev J.G., Kovalevskiy V.N. Directed emergence of radial cracks in the explosion of related charges through their locations. *JP Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. Vol. 14, no 1, pp. 165–171.
5. Gavrishchev S.E., Burmistrov K.V., Kornilov S.N., Tomilina N.G. Justification of rock haulage flow charts using open pit mine hoisters in hybrid open pit/underground mining. *Gornyy zhurnal*. 2016, no 5, pp. 41–47. [In Russ].
6. Argimbaev K.R., Ligotskiy D.N., Bovduy M.O., Mironova K.V. Technology of formation man-made deposits and determination of loss in mining operations using walking excavator. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2018, no 5, pp. 35–42. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-5-0-35-42.
7. Carabassa V.D., Nabais D.C., Roiloa S.R., Rodríguez-Echeverría D.S. Revegetation of abandoned copper mines: The role of seed banks and soil amendments. *Web Ecology*. 2013. Vol. 28, no 4, pp. 420–422.
8. Nikitin V.V., Nikolaev A.V., Nenadov A.L. Experience of Wirtgen 2200 SM surface miner operation in carbonate open pit mine Dubensky Kamen in the Dubna district of the Tula Region. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013. Special edition 11, pp. 3–8. [In Russ].
9. Kholodnyakov G.A., Argimbaev K.R. Open pit mining technology for unconventional mineral deposit. *Zapiski Gornogo instituta*. 2016. Vol. 216, pp. 82–88. [In Russ].
10. Kuskov V.B., Kuskova Ya.V. Research of physical and mechanical properties of briquettes, concentrated from loose high-grade iron ores. *17th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM*. 2017. Vol. 17, pp. 1011–1015.
11. Argimbaev K.R., Ligotskiy D.N., Mironova K.V. Computer Program State Certificate No. 2018660494, 06.08.2018.
12. Argimbaev K.R., Mironova K.V., Bovduy M.O. Methods of loss elimination and process optimization in development of mining waste accumulations by opencasts. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2017. 2 (12), pp. 145–145. [In Russ].
13. Kovalevskiy V.N., Argimbaev K.R. Experimental research of explosive jet penetration in rocks. *Gornyy Zhurnal*. 2016, no 12, pp. 19–23.
14. Fomin S.I., Bazarova E.I. Pre-project analysis of sensitivity of open pit metal mines. *Zapiski Gornogo instituta*. 2009. Vol. 216, pp. 76–81. [In Russ].
15. Vasilyev A.M., Kuskov V.B., Regularities of fine-grained materials separation process on concentrating table. *Obogashchenie rud*. 2017, no 3, pp. 63–68.
16. Sidorkov A.A. *Obosnovanie sposoba povysheniya proizvoditel'nosti i rasshirenie oblasti primeneniya bul'dozerno-rykhlyitel'nogo agregata pri razrabotke karbonatnykh mestorozhdeniy* [Validation of performance improvement method and expansions of application field for a dozer ripper in development of carbonate deposits], Candidate's thesis. Tula, 2012. 141 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Аргимбаев Каербек Рафкатович¹ — канд. техн. наук, доцент,
e-mail: diamond-arg@mail.ru,

Лигоцкий Дмитрий Николаевич¹ — канд. техн. наук, доцент,
e-mail: ligozkij@rambler.ru,

Логинов Егор Вячеславович¹ — канд. техн. наук, ассистент,
e-mail: jim.90@inbox.ru,

¹ Санкт-Петербургский горный университет.

Для контактов: Аргимбаев К.Р., e-mail: diamond-arg@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

K.R. Argimbaev¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: diamond-arg@mail.ru,

D.N. Ligotskiy¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant Professor, e-mail: ligozkij@rambler.ru,

E.V. Loginov¹, Cand. Sci. (Eng.), Assistant, e-mail: jim.90@inbox.ru,

¹ Saint Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.

Corresponding author: K.R. Argimbaev, e-mail: diamond-arg@mail.ru.

Получена редакцией 20.11.2019; получена после рецензии 16.01.2020; принята к печати 20.02.2020.

Received by the editors 20.11.2019; received after the review 16.01.2020; accepted for printing 20.02.2020.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМ АБСОРБЕРОМ (ВОЗДУШНЫМ)

(№ 1215/03–20 от 03.02.2020; 11 с.)

Шогенова Залина Асланбековна¹ — старший преподаватель, e-mail: shogenova.88@mail.ru,

Жилов Ислам Анзорович¹ — студент, e-mail: Wazaabi@mail.ru,

Замаяев Руслан Анзорович¹ — студент, e-mail: Zamaev1998@gmail.com,

¹ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова.

Дано описание разработки аппаратно-программного комплекса управления солнечным абсорбером. Сейчас в России используется энергия, вырабатываемая с применением невозобновляемых источников энергии: угля, нефти и газа, что приводит к ухудшению экологической обстановки. Солнечная энергия активно используется для отопления помещений, сушки сельскохозяйственной продукции и получения горячей воды. Она является экологически чистой и ресурсоемкой, может использоваться в сочетании с традиционными системами отопления.

Ключевые слова: аппаратно-программный комплекс, солнечный абсорбер, воздушные коллекторы.

DEVELOPMENT OF A MODULE FOR A HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR CONTROLLING A SOLAR ABSORBER (AIR)

Z.A. Shogenova¹, Senior Lecturer, e-mail: shogenova.88@mail.ru,

I.A. Zhilov¹, Student, e-mail: Wazaabi@mail.ru, R.A. Zamaev¹, Student, e-mail: Zamaev1998@gmail.com,

¹ Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov,

360004, North Caucasian Federal district, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Russia.

The article is devoted to the development of a hardware-software complex for controlling a solar absorber. In Russia, energy is currently being used that is generated using non-renewable energy sources, namely coal, oil and gas. This situation leads to environmental degradation. Solar energy is actively used for space heating, drying agricultural products and for producing hot water. The relevance is that solar energy is environmentally friendly and resource-intensive, and it can be used in combination with traditional heating systems.

Key words: hardware and software complex, solar absorber, air collectors.