

## **К ОБОСНОВАНИЮ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОЩНЫХ КАРЬЕРНЫХ МЕХЛОПАТ И АВТОСАМОСВАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ ПЛАСТОВ**

*Мурко Е.В.<sup>1</sup>, Ялышев А.В.<sup>2</sup>, Кацубин А.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва;*

<sup>2</sup>*Кузбасский государственный технический университет им Т.Ф. Горбачева, Кемерово*

**Ключевые слова:** гидравлический экскаватор, мехлопата, открытые горные работы, карьерный автотранспорт, вскрытие пласта, слоевая отработка пласта, породугольный контакт, горнотехническая система.

**Аннотация.** Выемочно-погрузочное оборудование как для вскрышных, так и для добычных работ принимается в первую очередь на основании обеспечения производственной мощности карьера и исключения простоев в работе, а также на основе минимизации потерь и засорения полезных ископаемых при добыче и погрузке путём принятия наиболее функциональных и адаптированных для конкретных условий машин. Отметим, что в реальных условиях принятое оборудование зачастую не является оптимальным вследствие того, что выбор производится проектировщиками исходя из наличия той или иной марки оборудования у собственника. Ведение горных работ подразумевает полную зачистку от вмещающих пород кровли угольного пласта для дальнейшей его отработки. При этом ведение выемочно-погрузочных работ в зоне залегания весьма распространенных наклонных угольных пластов усложняется вследствие ограничения высоты уступа высотой прочерпывания контакта «уголь-порода», а также ограничивается возможность зачистки породугольного контакта (с углами падения до 20°) с помощью бульдозерно-рыхлительных агрегатов; имеет место значительное усложнение подготовки вмещающих пород к выемке с помощью БВР, особенно при отработке сближенных угольных пластов. В данной работе устанавливается примерная область применения мощных мехлопат и гидролопат в комплекте с автосамосвалами грузоподъемностью 240 т.

## **TO THE JUSTIFICATION OF THE APPLICATION OF POWERFUL QUARRY SHOVELS AND DUMP TRUCKS IN EXPLOITATION OF INCLINED SEAM**

*Murko E.V.<sup>1</sup>, Yalyshev A.V.<sup>2</sup>, Katsubin A.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy n.a. K.A. Timiryazev, Moscow;*

<sup>2</sup>*Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, Kemerovo*

**Keywords:** hydraulic excavator, mechanical shovel, open-pit mining, quarry vehicles, seam stripping, layered seam mining, rock-coal contact, mining engineering system.

**Abstract.** The extraction and loading equipment for both stripping and mining operations is adopted primarily on the basis of ensuring the quarry's production capacity and eliminating downtime, as well as on the basis of minimizing losses and contamination of minerals during mining and loading by adopting the most functional and adapted machines for specific conditions. It should be noted that in real conditions, the adopted equipment is often not optimal due to the fact that the choice is made by designers based on the availability of a particular brand of equipment from the owner. Mining operations involve complete cleaning of the coal seam roof from host rocks for its further exploitation. At the same time, the performance of mining and loading operations in the zone of occurrence of very common inclined coal seams is complicated due to the limitation of the bench height by the height of the "coal-rock" contact digging, and the possibility of cleaning the rock-coal contact (with dip angles of up to 20°) using bulldozer-ripping units is also limited; there is a significant complication of the preparation of host rocks for excavation using a blast-and-drill machine, especially when working adjacent coal seams. In this work, an approximate area of application of powerful mechanical shovels and hydraulic shovels in a set with dump trucks with a lifting capacity of 240 tons is established.

**Введение.** При ведении открытых горных работ, в первую очередь при разработке угольных месторождений, основным выемочным оборудованием за последние два десятка лет стали гидравлические лопаты, причем основная их часть представлена обратными гидролопатами. Об их преимуществах и недостатках сказано уже неоднократно [1-4], можно лишь подчеркнуть тот факт, что до настоящего времени не разработана подробная методика обоснования рациональной области применения того или иного выемочно-погрузочного оборудования, в частности, мехлопат и гидролопат. Также необходимо отметить, что,

согласно как отечественным, так и зарубежным работам, черпание и погрузка у обратных гидролопат по умолчанию принимаются нижними. Это безусловно оправдано с точки зрения достижения наибольшей производительности экскаватора (время цикла минимизируется из-за практически минимально возможного угла поворота на разгрузку – 20-25°). Но у такой, казалось бы, идеальной схемы работы есть и свои минусы.

Во-первых, при нижней погрузке в транспортные средства увеличивается их плечо откатки (по сравнению с погрузкой на уровне стояния), что обусловлено необходимостью заезда на вышележащий уступ. Причем, если приращение плеча откатки за счет непосредственно заезда вверх по наклонной выработке, будь то внутренняя траншея или скользящий съезд, можно представить постоянной величиной, то расстояние по горизонтали от забоя до начала подъема по выработке может варьироваться в весьма широких пределах – до 1 км и более, что уже более существенно будет влиять на производительность автосамосвала.

Во-вторых, если задаться величиной приращения плеча откатки, приняв ее постоянной для всех условий, то в этом случае значительно увеличится объем вспомогательных работ за счет постоянной нарезки новых съездов, обустройства берм и т.д.

В-третьих, как было подчеркнуто в ряде работ [5-7], при отработке слабонаклонных пластов угля нижняя погрузка вызывает определенные проблемы, связанные с геометрическими особенностями взаимного расположения ковша экскаватора и кузова автосамосвала при погрузке, т.е. необходимость обрабатывать забой с относительно большим горизонтальным заложением откоса, а размещение транспортного сосуда также на нижней площадке обуславливает применение многослойной (4-5 слоев) схемы выемки угольного пласта [8-9], что, в свою очередь, приводит к росту потерь угля.

**Основная часть.** Как было указано в [10], можно сделать предварительный вывод о том, что изменение схемы погрузки с нижней на погрузку на уровне стояния снижает производительность карьерного автосамосвала на 5% при прочих равных условиях, однако в цитируемой работе эта величина была получена при расчете по конкретным значениям количества загружаемых ковшей, времени рейса и т.д., что не дает однозначного ответа как на вопрос о применении той или иной схемы погрузки, так и на вопрос о количественном снижении производительности автосамосвала.

Поэтому актуальной является разработка методики расчета производительности выемочно-транспортного комплекса, а по сути – определения области применения выемочно-погрузочного оборудования различных типов, учитывающей максимально широкий круг влияющих факторов.

Другим важнейшим моментом является то, что при погрузке на уровне установки экскаватора и, соответственно, размещении автосамосвала в непосредственной близости от экскаватора создается удвоенная механическая нагрузка на обрабатываемый угольный (породный) слой (уступ).

При погрузке на уровне стояния минимальный угол поворота экскаватора на разгрузку – 90°, максимальный – 180°.

При применении мехлопат и обратных гидролопат наблюдается существенное различие между величиной, характеризующей разность их максимального радиуса черпания и радиуса черпания на уровне установки экскаватора ( $\Delta x$  на рис. 1, а, б). Это обуславливает следующее:

– при отработке наклонных и особенно слабонаклонных угольных пластов применение экскаваторов типа ЭЖГ сопровождается либо применением дополнительного вспомогательного оборудования (бульдозера), либо внедрением технологии многослойной выемки пласта, которая, в свою очередь, влечет за собой как рост потерь угля, так и падение производительности;

– при использовании в таких же условиях обратных гидролопат (рис. 1, а) вопрос обеспечения полноты прочерпывания встает менее остро.

Для определения потенциально возможной высоты обрабатываемого слоя при установленной системой разработки высоте вскрышного уступа в 15 м рассмотрим возможности зачистки кровли и отработки угольных пластов при угле падения, равном 15°,

по прямой мехлопате и обратной гидролопате. Угол падения принят с учетом классификации проф. Колесникова [11] как минимальный для наклонных пластов. При увеличении угла падения пласта решение вышеотмеченных задач несколько упрощается.

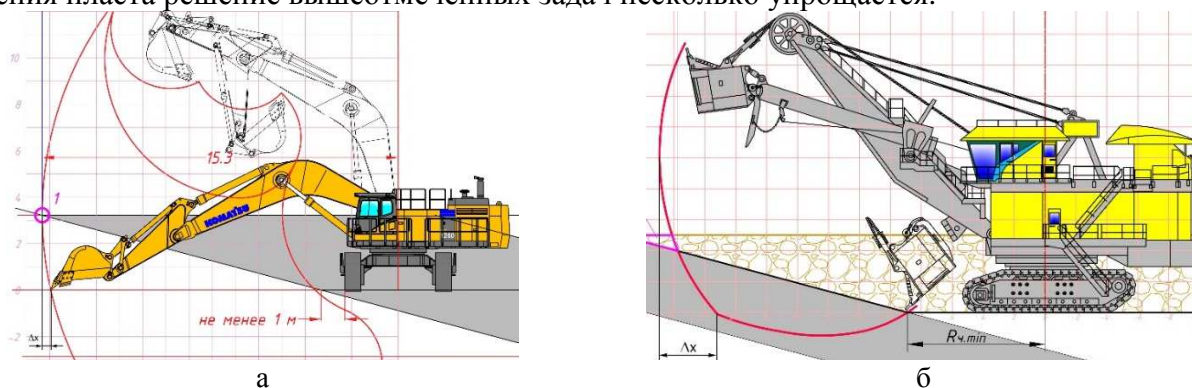


Рис. 1. К определению параметра  $\Delta x$  при работе обратной гидролопаты (а) и мехлопаты (б)

На разрезах Кузбасса мощные экскаваторы-мехлопаты (ЭКГ-32Р, Р&Н-2800 и т.д.) работают в основном в безугольной зоне, где в соответствии с их параметрами обеспечивается максимальная производительность при оптимальных параметрах забоя. Однако в редких случаях может возникнуть производственная необходимость в проведении разрезной траншеи вдоль угольного пласта слабонаклонного залегания. В этом случае при разработке прямыми лопатами наклонных пластов угля в процессе выемки зубья ковша отрываются от плоскости угольно-породного контакта кровли пласта раньше, чем достигается максимальная высота черпания экскаватора. Если в этих условия работать с минимальной высотой черпания, то на кровле пласта останется взорванная горная масса в виде призм недобора, забор которых валовым способом экономически не оправдан. В связи с этим оптимальная высота уступа (с точки зрения полноты прочерпывания угольно-породного контакта) для прямых лопат определяется по условию полного прочерпывания и в ряде случаев может не превышать 2-5 м. Также возможна совместная работа с бульдозером, который сталкивает взорванную горную массу с верхней части кровли пласта на рабочую площадку и по ходу продвижения экскаватора перемещает ее в рабочую зону экскаватора для дальнейшей экскавации на автотранспорт (рис. 2).

Согласно проф. В.С. Хохрякову [12], минимальная высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша экскаватора за одно черпание, составляет не менее  $2/3$  высоты напорного вала экскаватора. Тогда при высоте напорного вала, равной 10,7 м у РН-2800, и соразмерной у ЭКГ-32 и ЭКГ-35, минимальная высота обрабатываемого слоя (т.е. высота забоя) должна составлять не менее 7 м, иначе полного наполнения ковша за один цикл черпания не произойдет. Такое приближенное значение высоты забоя слабо коррелирует с другой рекомендацией [13]: «... Рациональная высота забоя для экскаваторов с прямой лопатой равна 0,7-0,8 наибольшей высоты резания грунта данным экскаватором», т.е. для рассматриваемого экскаватора эта величина составляет примерно 12 м. Далее, согласно [14], «...экскаватор с прямой лопатой работает наиболее эффективно, если высота забоя не более чем на 20% превышает высоту напорного вала, установленного на рабочем оборудовании», т.е. высота забоя по данной методике составит почти 13 м. Однако по [15] следует, что «Наиболее эффективная высота забоя для экскаватора-прямой лопаты должна быть в пределах 0,8-1,2 высоты напорного вала, но не больше паспортной наибольшей высоты резания для данного экскаватора. Наименьшая высота забоя, при которой обеспечивается наполнение ковша на 50%, должна быть не менее  $1/3$  высоты до напорного вала в мягких грунтах и  $1/4$  высоты до напорного вала в скальных», т.е. при разработке развала наполнение ковша на 50% обеспечивается при высоте забоя не менее 2,7 м, а для ЭКГ-32 и ЭКГ-35 – и того больше; наиболее эффективная же высота забоя составит 8,5-12 м. Это относительно близко к рекомендациям [16], согласно которым «Наименьшая высота забоя, обеспечивающая наполнение ковша, должна быть не менее 3-х высот ковша», а при примерной высоте ковша 3 м будет находиться в пределах 9-10 м.

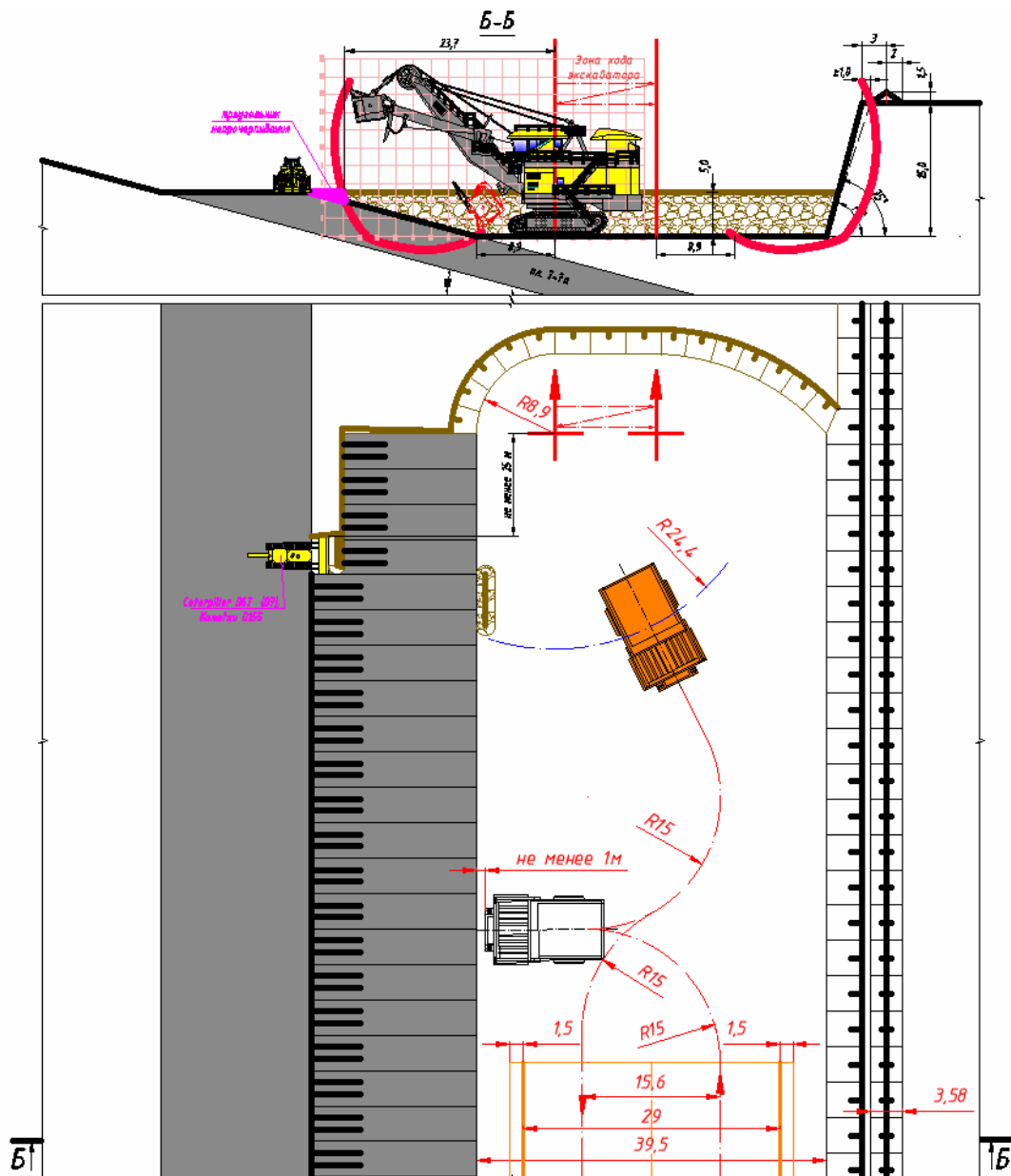


Рис. 2. Технологическая схема послойной отработки разрезной траншеи при наклонном залегании угольного пласта мощной мехлопатой Р&Н-2800 (ЭКГ-32, ЭКГ-35) с погрузкой в автосамосвалы БелАЗ-75302 на уровне стояния

Анализ источников, определяющих минимальную и рациональную высоту забоя для максимального наполнения ковша за один цикл черпания, выявил неочевидный факт: наполнение ковша происходит при его движении по круговой траектории вокруг напорного вала. Форма забоя, формируемая таким движением ковша, при последовательном снятии «стружек» из разрабатываемого массива, будет являться частью внешней боковой поверхности шарового слоя, ограниченного снизу горизонтальной плоскостью, которая представляет собой рабочую площадку экскаватора, и верхней поверхностью развала горной массы (или бывшей рабочей площадкой ранее вынутаго слоя породы).

Методология определения высоты забоя при зачистке кровли пласта мехлопатами подробно изложена в работе [17]. Там же показано, что высоте забоя, при которой происходит уверенное наполнение ковша экскаватора, равной  $2/3$  высоты напорного вала, соответствует угол падения пласта приблизительно  $40^\circ$  для мехлопат.

Формирование нижней горизонтальной поверхности без труда осуществляется режущей кромкой ковша с зубьями на расстоянии от минимального радиуса черпания  $R_{i \min}$  до радиуса черпания на уровне установки экскаватора  $R_{u.}$ . Однако, при выемке пород кровли наклонно

залегающего пласта при его зачистке нижняя поверхность вынимаемого слоя породы ограничена кровлей пласта (рис. 1, б).

Таким образом, помимо максимально возможной высоты забоя, обеспечивающей наполнение ковша прямой мехлопаты при зачистке кровли пласта, необходимо выполнение дополнительного условия, которое отсутствует при применении гидравлических экскаваторов (прямых и обратных гидролопат) с подвижным сочленением ковша и рукояти. Данное условие может быть сформулировано следующим образом: во время осуществления зачистки кровли пласта при проходке разрезной траншеи, при максимальном верхнем положении наполненного ковша угол наклона его передней стенки (с зубьями) не должен превышать угла падения пласта.

При этом «максимальное верхнее положение ковша» подразумевает собой то, что при дальнейшем его поднятии зубья ковша будут «отрываться» от зачищаемой кровли, формируя призму непрочерпывания даже внутри типовых кинематических схем движения зубьев ковша, предоставляемых производителями экскаваторов. Применение данных кинематических схем оправданно при работе только по развалу взорванной горной массы [18-21], на складах угля или по рыхлым неоген-четвертичным отложениям с формированием горизонтальной рабочей площадки, т.е. при валовой выемке горной массы, не предполагающей создания внутри вынимаемого массива наклоненных к экскаватору плоскостей, таких как кровля зачищаемого пласта.

Для различных марок и моделей экскаваторов типа «мехлопата» угол наклона передней стенки ковша по отношению к продольной оси рукояти различен, соответственно, для разных экскаваторов будет отличаться минимально возможный угол пласта, при зачистке которого сможет быть сформирован забой, высота которого обеспечит наполнение ковша за одно прочерпывание.

В отличие от механических лопат, процесс черпания которых начинается у подошвы уступа, гидравлические экскаваторы благодаря особой конструкции рабочего оборудования обеспечивают копание с максимальным усилием на любой высоте внедрения ковша. Размеры ковшей гидравлических экскаваторов и одновременная подвижность стрелы, рукояти и ковша [21-24] позволяют им работать с малым процентом засорения добываемых полезных ископаемых и отдельно обрабатывать пачки пласта и прослой породы. Более высокая техническая производительность гидравлических экскаваторов [25-28] достигается за счет меньших затрат времени на цикл экскавации из-за их меньшего веса. Поэтому они отличаются большей компактностью, чем мехлопаты, и имеют лучшие показатели производительности на единицу массы.

**Выводы.** Поскольку основными критериями при определении максимальной высоты отработки слоя при зачистке кровли наклонного угольного пласта с его последующей отработкой, исключая образование козырьков и навесей по условию прочерпывания, являются: значения максимального радиуса и максимальной высоты/глубины прочерпывания соответственно выше и ниже уровня стояния экскаватора согласно траектории движения ковша; значение радиуса прочерпывания от уровня установки экскаватора; установка ходовой тележки экскаватора вдоль простирания угольного пласта вне призмы возможного обрушения, либо обеспечения безопасного расстояния от нижней бровки до края гусеницы экскаватора, то однозначным выводом является то, что для разработки слабонаклонных пластов и их подготовки к выемке мощные мехлопаты не являются предпочтительным выемочно-погрузочным оборудованием из-за невозможности обеспечить оптимальную эксплуатационную производительность экскаваторно-автомобильного комплекса. Соответственно, применение карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 240 т (и более) в комплекте с такими мехлопатами также будет нецелесообразным, более оптимальным вариантом является применение менее мощных экскаваторов и самосвалов меньшей грузоподъемности [29]. Однако следует подчеркнуть, что вышесказанное справедливо только для отмеченных условий – зачистка и подготовка к выемке пласта, имеющего небольшой угол падения (до 40°).

**Финансирование.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2022-016 от 07.04.2022 г. с ПАО «КАМАЗ» по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

#### Список литературы

1. Литвин О.И., Литвин Я.О., Тюленев М.А., Марков С.О. / Об определении параметров забойных блоков при ведении горных работ обратными гидравлическими лопатами // Горная промышленность. – 2021. – № 6. – С. 76-81. – DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81.
2. Strelnikov A., Markov S., Rattmann L., Weber D. / Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines // E3S Web of Conferences. 2018, vol. 41, p. 01003. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101003.
3. Кацубин А.В., Макридин Е.В. Систематизация технологических схем экскаваторных забоев на разрезах центрального Кузбасса // Техника и технология горного дела. – 2018. – № 1(1). – С. 81-89. – DOI 10.26730/2618-7434-2018-1-81-88.
4. Мартянов В.Л. Оценка сложности отработки карьерных полей угольных месторождений Кузбасса // Техника и технология горного дела. – 2018. – № 1(1). – С. 35-42. – DOI: 10.26730/2618-7434-2018-1-35-41.
5. Хорешок А.А., Данилов С.Н., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А. Некоторые особенности отработки наклонных угольных пластов обратными гидролопатами в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью 220 тонн // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 22. – С. 91-99. – DOI: 10.26160/2658-3305-2023-22-91-99.
6. Хорешок А.А., Литвин О.И., Кацубин А.В., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А. / К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования // Уголь. – 2023. – № 3(1165). – С. 91-95. – DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95.
7. Литвин О.И., Марков С.О., Хорешок А.А., Кацубин А.В., Тюленев М.А. Определение области энергоэффективного положения рабочего оборудования и эффективного радиуса черпания гидравлических экскаваторов на открытых горных работах // Маркшейдерия и недропользование. – 2022. – № 4(120). – С. 38-44. – DOI: 10.56195/20793332\_2022\_4\_38.
8. Хорешок А.А., Кацубин А.В., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленев М.А. Применение модульного метода для расчета показателей разработки угленасыщенной зоны на разрезах // Уголь. – 2022. – № S12(1162). – С. 76-81. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81. 3. А. В.
9. Кацубин А.В., Хорешок А.А., Тюленев М.А., Марков С.О. Технология опережающей выемки наклонных и крутых угольных пластов обратными гидравлическими лопатами // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020. – № 11. – С. 27-36. – DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-27-36.
10. Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., Литвин Я.О., Тюленев М.А. Об изменении производительности обратных гидравлических лопат при разных схемах погрузки вскрыши в карьерные самосвалы // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2024. – № 4. – С. 26-34. – DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-26-34.
11. Колесников В.Ф., Корякин А.И., Ермолаев В.А., Воронков В.Ф. Формирование выемочно-погрузочных комплексов и технологических схем ведения горных работ в угленасыщенных зонах разрезов // Техника и технология горного дела. – 2023. – №2(21). – С. 26-58. – DOI: 10.26730/2618-7434-2023-2-26-58.
12. Хохряков В.С. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1991. – 336 с.
13. Руководство по производству земляных работ одноковшовыми экскаваторами. ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1976. – 64 с.
14. Технология строительного производства. В 5 ч. Ч. 2 / сост. В.В. Бозылев, Д.И. Сафончик; под общ. ред. В.В. Бозылева. – Новополюцк: ПГУ, 2008. – 284 с.
15. Технические указания по технологии сооружения железнодорожного земляного полотна ВСН 186-75. Минтрансстрой. Утв. Главным техническим управлением Министерства транспортного строительства приказом № 19 от 10 июня 1975 г. – М.: Оргтрансстрой, 1975.
16. Пособие по технологии возведения плотин из грунтовых материалов (к СНиП 2.06.05-84 и СНиП 3.07.01-85. – М.: Гидропроект, 1991. – 176 с.
17. Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Тюленева Е.А., Тюленев М.А. Снижение потерь угля при работе карьерных мехлопат // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 88-94. – DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-88-94.
18. Марков С.О., Мурко Е.В., Непша Ф.С. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 259-266. – DOI: 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.
19. Марков С.О., Тюленев М.А., Мурко Е.В., Литвин О.И. Исследование структурных, физико-технических и механических параметров техногенных породных массивов // Горный информационно-аналитический

бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № S49. – С. 525-534. – DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-49-525-534.

20. Murko E., Janočko Ju., Makridin E.V., Kapko M. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines // E3S Web of Conferences. 2021, vol. 315, p. 02013.
21. Makridin E., Markov S., Murko E., Lesin Y., Hellmer M. / Theoretical Background of Quarry Wastewater Filtering Through Filters of Coarse-Grained Blasted Overburden Rocks // E3S Web of Conferences. 2020, vol. 174, p. 01056. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401056.
22. Martyanov V.L., Markov S.O., Kolesnikov V.F., Tyuleneva E.A. Study of inclined deposits opening under the combined mining system: Kureinsky area case-study // Journal of Mining and Geotechnical Engineering. 2021, no. 4(15), pp. 64-88. DOI: 10.26730/2618-7434-2021-4-64-88.
23. Katsubin A., Markov S., Khoreshok A., Tyulenev M. Selection of Excavating Equipment for the Outpacing Development of the Coal-bearing Zone // E3S Web of Conferences. 2020, vol. 174, p. 01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401027.
24. Хорешок А.А., Кацубин А.В., Дубинкин Д.М., Кошелев А.В., Федотов А.А. Обоснование параметров выемочно-погрузочного оборудования для опережающей выемки угольных пластов на разрезах // Уголь. – 2022. – № S12(1162). – С. 82-87. – DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-82-87.
25. Стрельников А.В., Тюленев М.А. Опыт применения обратных гидравлических лопат на разрезах ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – № 2(85). – С. 8-12.
26. Стрельников А.В., Тюленев М.А. Применение обратных гидравлических лопат при разработке сложноструктурных угольных месторождений Кузбасса // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 1. – С. 30-34.
27. Литвин О.И., Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., Марков С.О., Стенин Д.В., Тюленев М.А. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 112-120. – DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120.
28. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Карташов А.Б., Газизуллин Р.Л., Киселев П.И., Попов И.П. Анализ и перспективность применения отечественного тягового привода автономного карьерного самосвала грузоподъемностью 240 т // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 22-36. – DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-22-36.
29. Дубинкин Д.М., Ялышев А.В. Анализ конструкций и обоснование применения грузовых платформ карьерных самосвалов грузоподъемностью 90 тонн // Техника и технология горного дела. – 2021. – № 3(14). – С. 61-78. – DOI: 10.26730/2618-7434-2021-3-61-78.

## References

1. Litvin O.I., Litvin Ya.O., Tyulenev M.A., Markov S.O. On the characteristics of the parameters of face blocks during mining operations with reverse hydraulic blades // Mining industry. 2021, no. 6, pp. 76-81. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81.
2. Strelnikov A., Markov S., Rattmann L., Weber D. / Theoretical Features of Rope Shovels and Hydraulic Backhoes Using at Open Pit Mines // E3S Web of Conferences. 2018, vol. 41, p. 01003. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101003.
3. Katsubin A.V., Makridin E.V. Systematization of technological schemes of excavator faces in open pits of central Kuzbass // Mining equipment and technology. 2018, no. 1, pp. 81-89. DOI: 10.26730/2618-7434-2018-1-81-88.
4. Martyanov V.L. Assessment of the complexity of quarry mining of coal deposits in Kuzbass // Mining equipment and technology. 2018, no. 1, pp. 35-42. DOI: 10.26730/2618-7434-2018-1-35-41.
5. Khoreshok A.A., Danilov S.N., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A. Some features of mining inclined angular seams with reverse hydraulic shovels in combination with dump trucks with a lifting capacity of 220 tons // Transport, mining and construction engineering: science and production. 2023, no. 22, pp. 91-99. DOI: 10.26160/2658-3305-2023-22-91-99.
6. Khoreshok A.A., Litvin O.I., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A. On measuring a reasonable area of application of mining and loading equipment // Coal. 2023, no. 3(1165), pp. 91-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95.
7. Litvin O.I., Markov S.O., Khoreshok A.A., Katsubin A.V., Tyulenev M.A. Determination of the level of energy efficiency of the illumination area and the effective radius of action of hydraulic excavators in open pit mining // Mine surveying and subsoil use. 2022, no. 4(120), pp. 38-44. DOI: 10.56195/20793332\_2022\_4\_38.
8. Khoreshok A.A., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O., Tyulenev M.A. Application of the modular method for calculating the indicators of development of the coal-saturated zone in open pits // Coal. 2022, no. S12(1162), pp. 76-81. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.
9. Katsubin A.V., Khoreshok A.A., Tyulenev M.A., Markov S.O. Technology of advanced mining of inclined and steep angular seams with reverse hydraulic blades // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2020, no. 11, pp. 27-36. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-11-0-27-36.
10. Khoreshok A.A., Dubinkin D.M., Litvin Ya. O., Tyulenev M.A. / On the performance of reverse hydraulic blades with different schemes of overburden loading into quarry dump trucks // News of higher educational institutions. Mining journal. 2024, no. 4, pp. 26-34. DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-26-34.



11. Kolesnikov V.F., Koryakin A.I., Ermolaev V.A., Voronkov V.F. Formation of mining and loading complexes and technological schemes for conducting mining operations in coal-saturated zones of open pits // Mining engineering and technology. 2023, no. 2(21), pp. 26-58. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-2-26-58.
12. Khokhryakov V.S. Open mining of mineral deposits. – M.: Nedra, 1991. – 336 p.
13. Guide to the production of earthworks with single-bucket excavators. TsNIIOMTP Gosstroy USSR. – M.: Stroyizdat, 1976. – 64 p.
14. Technology of construction production. In 5 parts. Part 2 / compiled by V.V. Bozylev, D.I. Safonchik; under the general editorship of V.V. Bozylev. – Novopolotsk: PSU, 2008. – 284 p.
15. Technical conditions for the technology of construction of railway roadbed VSN 186-75. Ministry of Transport Construction. Approved by the Main Technical Directorate of Transport Construction by order No. 19 of June 10, 1975. – M.: Orgtransstroy, 1975.
16. Manual on the technology of construction of dams from soil materials (to SNiP 2.06.05-84 and SNiP 3.07.01-85). – M.: Hydroproject, 1991. – 176 p.
17. Khoreshok A.A., Dubinkin D.M., Markov S., Tyuleneva A., Tyulenev A. Reduction of carbon dioxide emissions during the work of quarry miners. 2022, no. 6, pp. 88-94. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-88-94.
18. Markov O., Murko E., Nepsha F. Granulometric composition of waste massifs. Kuzbass // Mining sciences and technologies. 2021, vol. 6, no. 4, pp. 259-266. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.
19. Markov S.O., Tyulenev M.A., Murko E.V., Litvin O.I. Study of structural, physical, technical and mechanical parameters of technogenic rock massifs // Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2018, no. S49, pp. 525-534. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-11-49-525-534.
20. Murko E., Janočko Ju., Makridin E.V., Kapko M. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines // E3S Web of Conferences. 2021, vol. 315, p. 02013.
21. Makridin E., Markov S., Murko E., Lesin Y., Hellmer M. / Theoretical Background of Quarry Wastewater Filtering Through Filters of Coarse-Grained Blasted Overburden Rocks // E3S Web of Conferences. 2020, vol. 174, p. 01056. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401056.
22. Martyanov V.L., Markov S.O., Kolesnikov V.F., Tyuleneva E.A. Study of inclined deposits opening under the combined mining system: Kureinsky area case-study // Journal of Mining and Geotechnical Engineering. 2021, no. 4(15), pp. 64-88. DOI: 10.26730/2618-7434-2021-4-64-88.
23. Katsubin A., Markov S., Khoreshok A., Tyulenev M. Selection of Excavating Equipment for the Outpacing Development of the Coal-bearing Zone // E3S Web of Conferences. 2020, vol. 174, p. 01027. DOI: 10.1051/e3sconf/202017401027.
24. Khoreshok A.A., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Koshelev A.V., Fedotov A.A. Justification of the parameters of mining and loading equipment for advanced mining of coal seams in open pits // Coal. 2022, no. S12(1162), pp. 82-87. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-82-87.
25. Strelnikov A.V., Tyulenev M.A. Experience of using reverse hydraulic shovels in open pits of OJSC “UK Kuzbassrazrezugol” // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2011, no. 2(85), pp. 8-12.
26. Strelnikov A.V., Tyulenev M.A. Application of reverse hydraulic shovels in the development of complex-structure coal deposits in Kuzbass // Mining equipment and electromechanics. 2011, no. 1, pp. 30-34.
27. Litvin O.I., Khoreshok A.A., Dubinkin D.M., Markov S.O., Stenin D.V., Tyulenev M.A. Analysis of methods for calculating the productivity of quarry hydraulic excavators // Mining industry. 2022, no. 5, pp. 112-120. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120.
28. Dubinkin D.M., Sadovets V.Yu., Kartashov A.B., Gazizullin R.L., Kiselev P.I., Popov I.P. Analysis and prospects of using a domestic traction drive for an autonomous quarry dump truck with a lifting capacity of 240 tons // Mining equipment and technology. 2022, no. 2(17), pp. 22-36. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-22-36.
29. Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. Analysis of designs and justification for the use of cargo platforms of quarry dump trucks with a lifting capacity of 90 tons // Mining Engineering and Technology. 2021, no. 3(14), pp. 61-78. DOI: 10.26730/2618-7434-2021-3-61-78.

*Сведения об авторах:*

*Information about authors:*

<b>Мурко Елена Викторовна</b> – кандидат технических наук, доцент кафедры техносферной безопасности	<b>Murko Elena Viktorovna</b> – candidate of technical sciences, associated professor of technosphere safety Department
<b>Ялышев Алексей Витальевич</b> – младший научный сотрудник Научного центра «Цифровые технологии», аспирант	<b>Yalyshev Alexey Vitalievich</b> – junior researcher of the Digital Technologies Research Center, postgraduate student
<b>Кацубин Александр Викторович</b> – аспирант yalyshevav@kuzstu.ru	<b>Katsubin Alexander Viktorovich</b> – postgraduate student

Получена 19.09.2024