



УДК 622.271.3

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ 220 Т

Тюленев М.А., Марков С.О., Кацубин А.В., Аксенов В.В., Дубинкин С.Д.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

15 ноября 2023 г.

Рецензирование:

05 декабря 2023 г.

Принята к печати:

11 декабря 2023 г.

Ключевые слова:

открытые горные работы, карьерный самосвал, беспилотный карьерный самосвал, породугольная панель, сложноструктурные месторождения, производительность экскаватора, негабарит, устойчивое развитие

Аннотация.

Из проспектов фирм-производителей выемочно-погрузочного оборудования для открытых горных работ, а именно гидравлических экскаваторов, известно, что они могут быть оснащены сменным рабочим оборудованием: ковшом и рукоятью. Вместимость как основного, так и сменного (сменных) ковшей привязана к длине рукояти с учетом обеспечения постоянной величины концевой нагрузки на зубьях ковша. Чем длиннее сменная рукоять, тем меньше вместимость ковша, и наоборот. Соответственно, экскаватор имеет несколько кривых движения (траекторий) режущей кромки зубьев ковша, исходя из которых можно выбирать транспортное оборудование для совместного использования с данным экскаватором, определять высоту уступа/подступа/слоя и т.д. Кроме того, должна учитываться и плотность обрабатываемых пород: при работе на разных горизонтах величина изменения плотности коренных пород может достигать 0,5 т/м³ и более. С учетом того, что на разрезах крайне редко имеется полный комплект сменных рукоятей и ковшей для конкретной единицы выемочно-погрузочного оборудования, можно предположить, что в таких условиях либо происходит недоиспользование рабочих возможностей экскаватора (при работе с более плотной породой необходимо ковш наполнять не полностью), либо, напротив, повышенный износ приводов и механизмов. В данной работе даны предпосылки к определению рациональной области применения беспилотных карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 220 тонн, а также обозначен ряд малоизученных факторов, совместное влияние которых приводит к снижению эффективности оборудования, задействованного на открытых горных работах.

Для цитирования: Тюленев М.А., Марков С.О., Кацубин А.В., Аксенов В.В., Дубинкин С.Д. К определению области применения беспилотных карьерных самосвалов грузоподъемностью 220 т // Техника и технология горного дела. – 2023. – № 4(23). – С. 91-102. – DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-91-102, EDN: WSHVMO

Введение

Известно, что информация, предоставляемая фирмами-производителями в графическом виде, имеет относительно небольшую практическую ценность вследствие того, что траектория движения зубьев ковша экскаватора – обратной гидравлической лопаты, будь то единственная кривая или же со сменными рукоятями, практически недостижима в натуральных условиях. Единственный вариант, при котором фактическая траектория будет совпадать с рекламным буклетом – проходка траншеи (по сути, канавы), расположенной между гусеницами экскаватора и имеющей ширину, равную ширине ковша. Цель проходки такой траншеи – например, укладка кабеля. Однако в натуральных условиях открытых горных работ реальные максимальные значения как глубины копания, так и радиуса копания составляют от 35% до 60% от максимальных значений, которые можно определить графически.



Именно поэтому при проектировании горных предприятий необходимо разрабатывать технологические схемы проходки разрезных траншей, отработки угольных пластов и т.д. слоями вследствие невозможности прочерпать весь развал породы или, соответственно, угольный пласт за один слой. Не являются редкостью технологические схемы проходки траншеи и выемки угольного пласта в четыре слоя, то есть одна схема является набором из восьми паспортов забоев.

Материалы и методы

Краткий анализ горно-геологических условий залегания угольных пластов в Кузнецком бассейне показывает, что залегание пластов угля по месторождениям всех районов бассейна весьма разнообразно. В целом выделяются зоны распределения пластов по углу падения – северный Кузбасс (наклонные пласты), центральный (западная часть – крутые пласты, восточная – пологие) и южный (преобладают пологие пласты, ближе к границе зоны отмечается преобладание слабонаклонных).

По мощности пластов разделение и привязка к районам выражены не так отчетливо. Пласты представлены маломощными и средней мощности. Пласты мощностью более 20 м встречаются только в центральной части бассейна (и один – Волковский – на севере). Средняя мощность междупластий минимальна в наиболее тектонически нарушенной области – западной части центрального Кузбасса, где не редкость неоднократное переслаивание угля и вскрыши одинаковой мощности в пределах одного уступа (породоугольной панели).

Мощность междупластий изменяется от 1 до 100 м и более; преобладающая величина мощности междупластий составляет 21-50 м и характерна для всех районов. Доля междупластий мощностью 50-100 м не превышает 5%. Литологический состав вскрышных пород также весьма неоднороден [16-19].

Распределение угольных пластов по углу падения, мощности угольных пластов и породных междупластий на месторождениях Кузбасса представлено в Таблицах 1-3 [3].

Таблица 1. Распределение угольных пластов по их углу залегания (%)

Table 1. Distribution of coal seams by their dip angle (%)

Группы разрезов, районы	Углы падения, градус						
	до 10	10-17	18-30	31-45	46-60	61-80	>80
Разрезы севера Кузбасса	0-8	4-28	37-55	9-36	0-19	0-14	–
Разрезы восточной части центрального Кузбасса, разрабатывающие пологие пласты	44-75	14-30	11-26	–	–	–	–
Разрезы западной части центрального Кузбасса, разрабатывающие крутые пласты	–	–	–	0-11	26-48	41-60	0-14
Разрезы юга Кузбасса	9-26	55-74	0-29	0-7	–	–	–

Таблица 2. Распределение угольных пластов по мощности, %

Table 2. Distribution of coal seams by thickness, %

Группы разрезов, районы	Мощность пластов, м					
	< 3	3-5	6-10	11-15	16-20	> 20
Разрезы севера Кузбасса	31	2	35	10	3	1
Разрезы центра Кузбасса	24	26	42	5	6	7
Разрезы юга Кузбасса	33	17	38	12	–	–



Таблица 3. Распределение междупластий по мощности, %

Table 3. Distribution of partings by thickness, %

Группы разрезов, районы	Мощность междупластий, м				
	< 10	10-20	21-50	51-100	> 100
Разрезы севера Кузбасса	31	2	35	10	3
Разрезы центра Кузбасса	24	26	42	5	6
Разрезы юга Кузбасса	33	17	38	12	–

По степени сложности геологического строения все месторождения систематизируются по группам. Систематизация месторождений по сложности геологического строения представлена в Таблице 4. Данные по плотности некоторых горных пород приведены в Таблице 5.

Таблица 4. Систематизация месторождений Кузбасса по сложности геологического строения

Table 4. Systematization of Kuzbass deposits by complexity of geological structure

Категория	Степень сложности	Строение месторождения	Однородность породугольного массива
I	Простого геологического строения	С крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, характеризующимися устойчивыми мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов	Разнородные породы, угольные пласты одномарочного состава
II	Сложного геологического строения	С крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, характеризующимися неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко второй группе относятся также месторождения углей, ископаемых солей и других полезных ископаемых простого геологического строения, но со сложными или очень сложными горно-геологическими условиями разработки	Разнородные породы, угольные пласты различного марочного состава
III	Очень сложного геологического строения	Со средними и мелкими по размерам телами полезных ископаемых с интенсивно нарушенным залеганием, характеризующимися очень изменчивыми мощностью и внутренним строением либо значительно невыдержанным качеством полезного ископаемого и очень неравномерным распределением основных ценных компонентов	Разнородные породы, угольные пласты различного марочного состава
IV	С мелкими, реже средними по размерам телами	С чрезвычайно нарушенным залеганием либо характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого и прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов	Разнородные породы, невыдержанные угольные пласты различного марочного состава, невыдержанные междупластья



Таблица 5. Значения плотности некоторых горных пород, разрабатываемых открытым способом (данные разреза «Талдинский» [15])

Table 5. Density values of some rocks developed by open pit mining (data from the Taldinsky open pit mine [15])

Литотип породы	Плотность (min, max и средние значения), т/м ³
Песчаник	(2,32–2,92) / 2,61
Алевролит крупнозернистый	(2,43–2,71) / 2,59
Алевролит мелкозернистый	(2,21–2,66) / 2,60

С учетом того, что залегание угольных пластов в Кузбассе варьируется от почти горизонтального до субвертикального, а распределение пластов по углам падения близко к равномерному, проблема многослойной разработки угольных уступов и разработка соответствующих данным условиям паспортов забоев и технологических схем является весьма значимой.

Результаты и обсуждение

Поскольку в настоящее время техника (выемочно-погрузочная и транспортирующая) применяется самая различная, то существующие параметры систем разработки могут быть неприемлемы для беспилотных карьерных автосамосвалов (БКС). С целью перехода на 220-240-тонные карьерные самосвалы, использующиеся как база для БКС, необходимо уточнять параметры паспортов породных, угольных и породугольных уступов (или вынимаемых слоев) с учетом сложности их строения без изменения существующего на разрезах парка выемочной техники.

Данные исследования применялись в ходе выполнения работ по проекту «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» на этапах эскизного и технического проекта на опытный образец беспилотного карьерного самосвала в части разработки математических моделей и проведения имитационного моделирования режимов эксплуатации грузовой платформы карьерного самосвала [1, 2].

Нередки случаи невозможности размещения карьерного самосвала для нижней погрузки вследствие стесненных условий работы, когда, например, экскаватор отрабатывает верхний слой разрезной траншеи (Рис. 1) или маломощный угольный пласт (Рис. 2). В этом случае работа может вестись только с погрузкой на уровне установки, что, с одной стороны, снижает производительность экскаватора, а с другой – предопределяет использование карьерных самосвалов меньшей грузоподъемности [20-22]. Пример: минимальная ширина разворотной площадки при применении самосвала БелАЗ-7558 (грузоподъемность 90 т) составляет 27,5 м, а БелАЗ-7530 (грузоподъемность 220 т) – уже 37,5 м, что при высоте уступа 10 м и длине отрабатываемого блока 500 м обуславливает увеличение текущего объема вскрыши, который необходимо удалить экскаватором во время отработки это же заходки/траншеи, на 50000 м³.

Известные методики и формулы расчета производительности, начиная с классических, имеют своей целью расчет выемочно-погрузочного и транспортного оборудования по отдельности, что вполне логично и обосновано. В последние десятилетия активно используется понятие экскаваторно-автомобильного комплекса (ЭАК), и производительность рассчитывается также на комплекс целиком [4], что, на взгляд авторов, не всегда бывает оправдано из-за непостоянства комплекса оборудования в течение более или менее длительного периода времени (неделя, месяц и т.д.). Кроме того, считаем, что само понятие ЭАК, сформулированное, например, в зарубежной научной литературе, несколько отличается от отечественного. За рубежом во главу угла ставится использование в ЭАК оборудования одной и той же фирмы-производителя; практически во всех справочных материалах после описания характеристик, например, экскаватора, обязательно приводится перечень рекомендуемых карьерных самосвалов той же фирмы-производителя, и наоборот. В отечественной же горной промышленности существующее положение дел не позволяет возникнуть такому развитию событий: как подчеркивалось, например, в [5, 6], при проектировании нового разреза в проект попадает то



оборудование, которое имеется у собственника будущего предприятия; при реконструкции же предприятия речи об использовании одномарочного состава оборудования тоже, как правило, не идет. Поэтому, как бы это ни звучало, работа зачастую ведется на «разномастном» оборудовании, а следовательно, о повышении эффективности открытых горных работ речи быть не может.

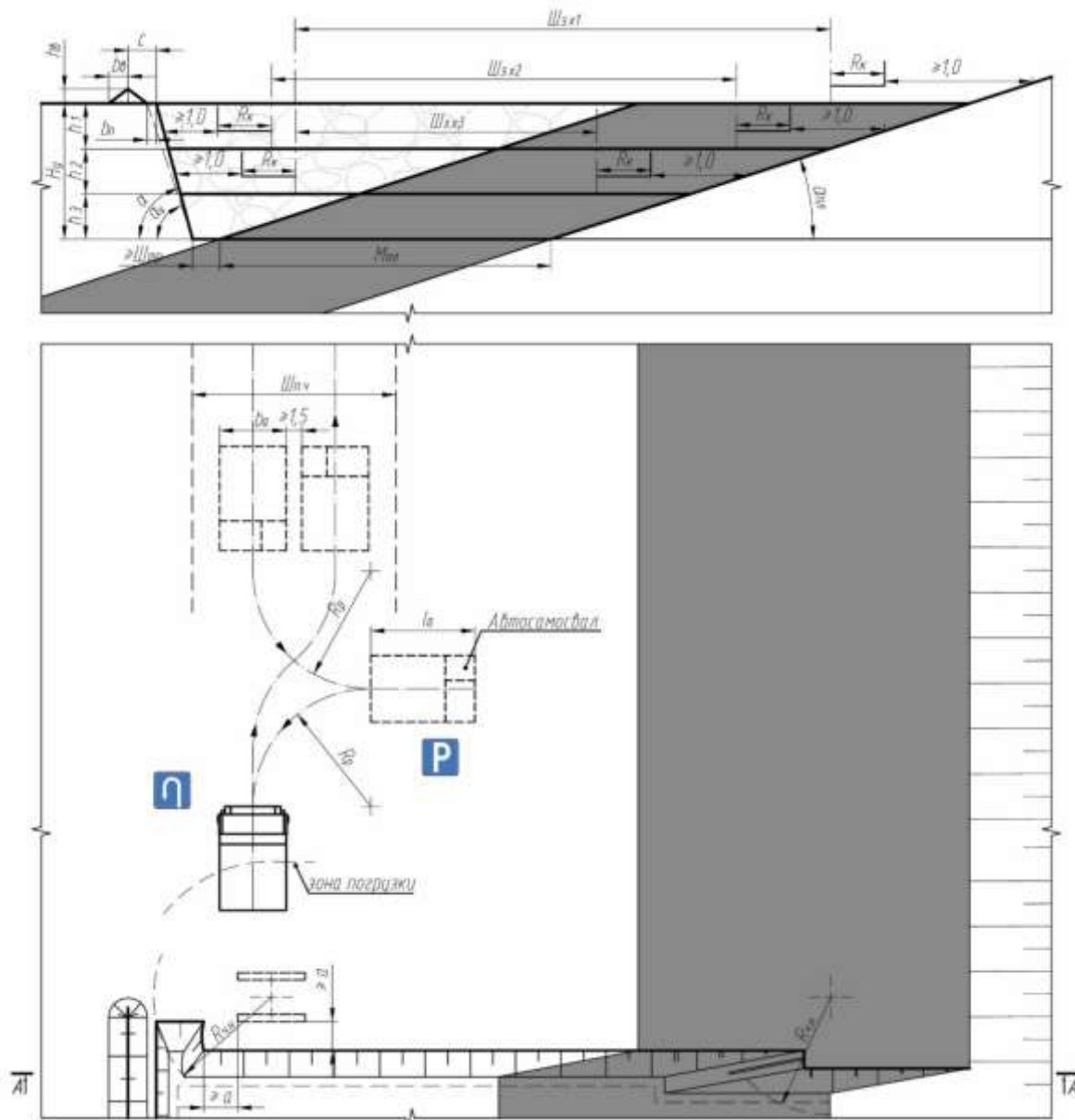


Рис. 1. Технологическая схема проходки разрезной траншеи и отработки угольного пласта обратной гидролопатой с погрузкой в автосамосвалы на уровне стояния (показана отработка верхнего слоя траншеи)

Fig. 1. Technological scheme of cut trenching and coal seam mining by backhoe with loading into dump trucks at the standing level (trench top layer mining is shown)

О необходимости актуализации расчета производительности также неоднократно заявлено в многочисленных научных статьях, в частности, [7-11]. Однако многообразие выполненных в данном направлении работ не дает возможности получения цельной картины расчета производительности как комплекса в целом, так и его составляющих – несмотря на то, что выполненные работы в целом имеют весьма высокую практическую направленность. Не



обходится и без некоторых неточностей: например, согласно [12] производительность ЭКГ-8у составляет 8300 м³ за восьмичасовую смену, что явно завышено.

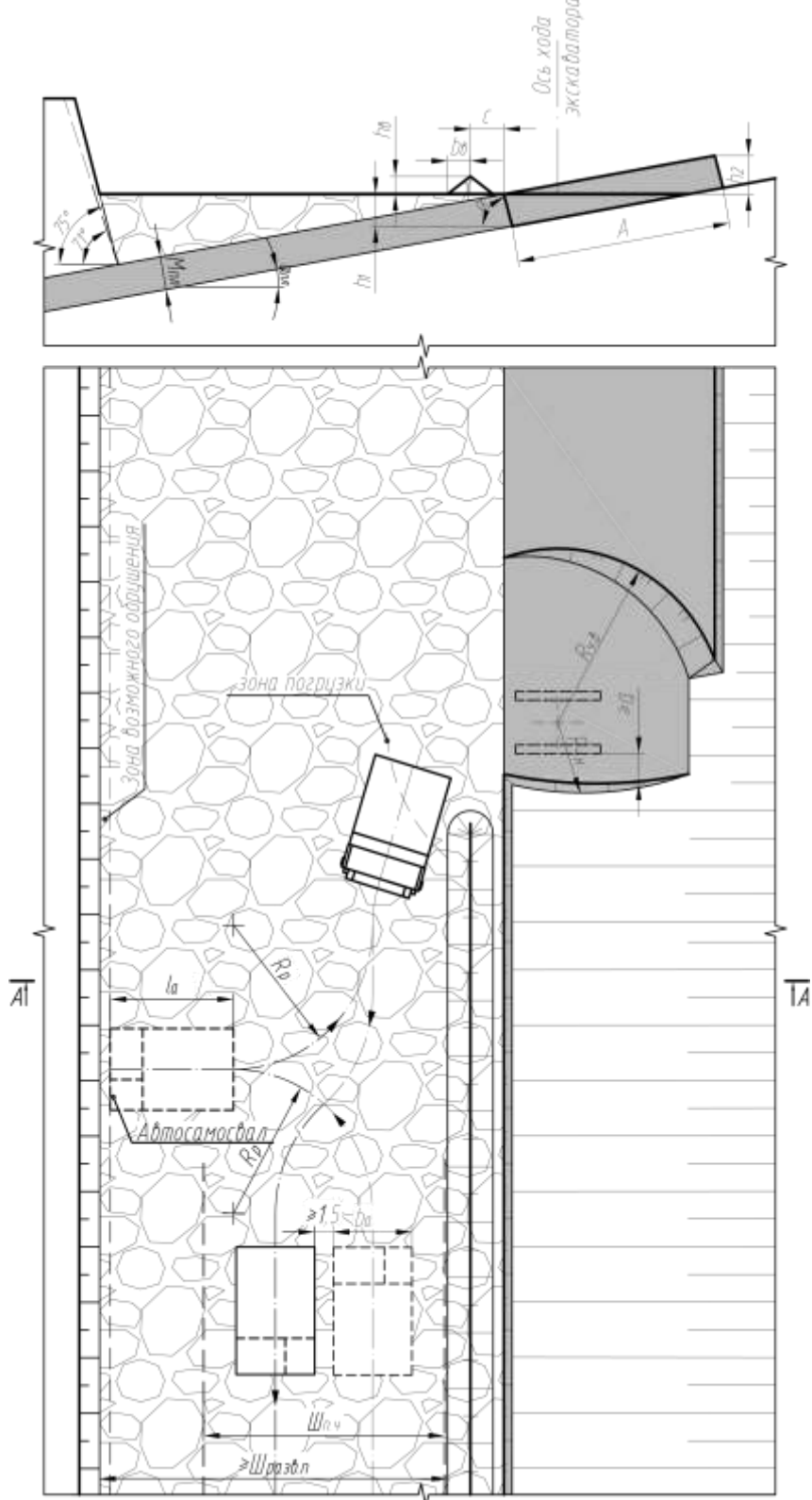


Рис. 2. Технологическая схема отработки малопрочного угольного пласта с погрузкой в автосамосвалы на уровне стояния

Fig. 2. Technological scheme of mining a low thickness coal seam with loading into dump trucks at the standing level



Нельзя забывать и о важности учета буровзрывных работ, причем остро необходимы поправки существующих коэффициентов, учитывающих особенности того или иного выемочно-погрузочного оборудования, а также технологии ведения открытых работ с применением современной карьерной техники. Приведем пример:

Размер негабаритного куска для экскаватора определенной вместимости ковша в связи с повышением качества и общей культуры ведения буровзрывных работ учитывается в основном для прямых мехлопат, причем зачастую и эти данные уже устарели. Например, согласно [13, 14] линейный размер негабаритного куска χ определяется как:

$$\chi = 0,75E^{0,33} = 0,75\sqrt[3]{E},$$

где E – вместимость ковша экскаватора, м³.

В целом данная формула может считаться рабочей, если она используется только для расчета негабарита при работе мехлопат, ковш которых можно условно принять кубической формы, соответственно, появляется понимание того, как была получена данная формула – 75% от линейного размера ковша (длина либо ширина днища ковша).

Однако, например, для прямых гидравлических лопат, оснащенных челюстными ковшами, формула становится нерабочей из-за того, что размеры негабарита, рассчитываемые по ней, получаются недопустимые (Рис. 3).

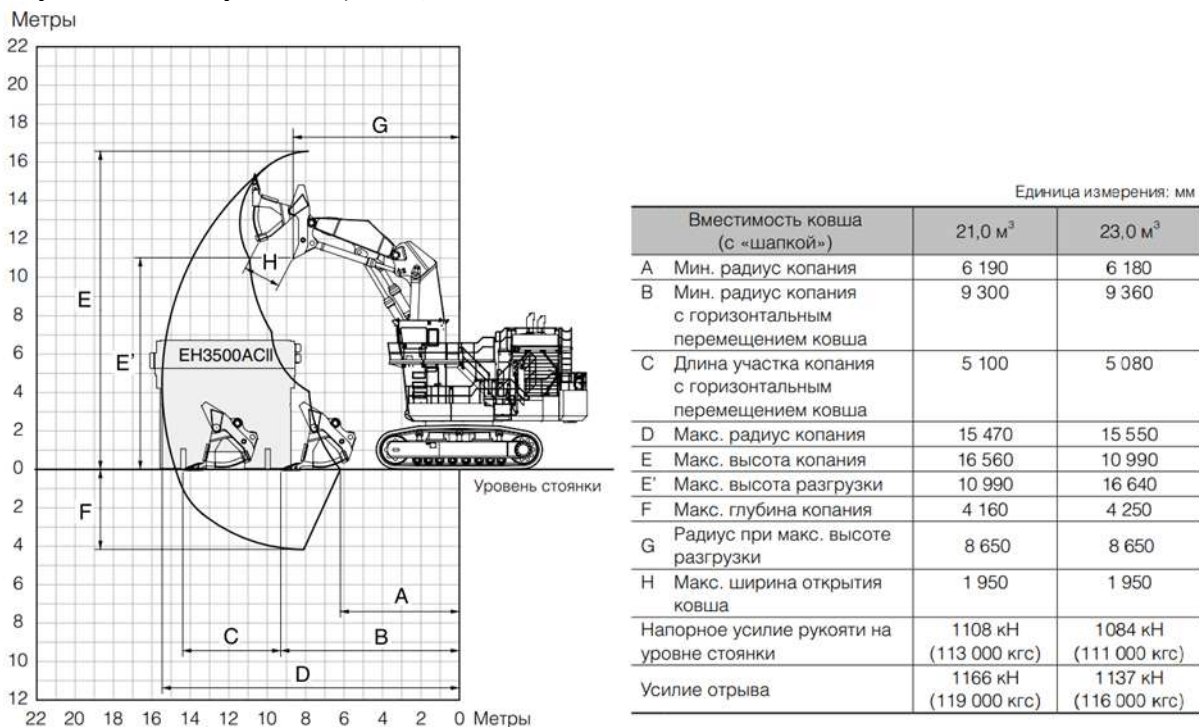


Рис. 3. Рабочие параметры прямой гидролопаты Hitachi EX3600

Fig. 3. Operating parameters of Hitachi EX3600 hydraulic shovel

Фирма-производитель в данном случае прямо указывает на данное значение – максимальная ширина открытия ковша. Здесь для обеих ковшей (вместимость 21 и 23 м³) этот параметр равен 1,95 м. Однако при расчете по предыдущей формуле мы имеем:

$$\chi = 0,75\sqrt[3]{21} = 2,07 \text{ м};$$

$$\chi = 0,75\sqrt[3]{23} = 2,13 \text{ м},$$

то есть если считать размеры негабарита (а также его выход) по устаревшим методикам, можно получить завышенную потенциально достижимую производительность экскаваторов (и соответственно автосамосвалов), что вызовет определенные проблемы при, например, текущем планировании горных работ.



Выводы

Применение беспилотных карьерных самосвалов грузоподъемностью 220-240 т ограничено определенными горно-геологическими условиями, в первую очередь мощностью пластов и междупластий: например, эффективная высокопроизводительная отработка маломощных сближенных пластов возможна комплексами оборудования, представленными экскаваторами с относительно небольшой вместимостью ковша и карьерными самосвалами малой грузоподъемности, при этом применение экскаваторов большой единичной мощности в комплексе с БКС зачастую становится невозможным.

Главной характеристикой, характеризующей эффективность использования экскаватора, на наш взгляд, должна быть производительность часовая (техническая) и сменная или суточная (эксплуатационная), напрямую зависящие в том числе от времени ремонтных работ, перегонов экскаватора по карьерной выемке (а они могут быть обусловлены в том числе и частотой буровзрывных работ), стабильности/нестабильности подачи автосамосвалов под погрузку, плановых/неплановых простоев, качества взорванной горной массы и т.д.

Дальнейшим этапом работ в данном направлении является обоснование и разработка поправочных коэффициентов, имеющих своей целью на основании детального учета статистического материала, полученного на действующих горных предприятиях, актуализировать методику расчета производительности выемочно-погрузочного и транспортного оборудования применительно к современным условиям реального сектора экономики.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 г. №075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Тюленев Максим Анатольевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой открытых горных работ
e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

Марков Сергей Олегович, к.т.н., доцент кафедры открытых горных работ
e-mail: markovso@kuzstu.ru

Кацубин Александр Викторович, аспирант кафедры открытых горных работ
e-mail: katsubinav@kuzstu.ru



Аксенов Владимир Валерьевич, д.т.н., главный научный сотрудник научного центра «Цифровые технологии»

e-mail: 55vva42@mail.ru

Дубинкин Семен Дмитриевич, студент

e-mail: dubinkinsd@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Список литературы

1. Дубинкин Д.М. Определение параметров модели угля для имитационного моделирования погрузки и разгрузки грузовой платформы карьерного самосвала / Д.М. Дубинкин, А.В. Ялышев // Уголь. – 2023. – № S12.
2. Дубинкин Д.М. Влияние процесса погрузки угля в грузовую платформу на коэффициент использования грузоподъемности карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн / Д.М. Дубинкин, А.В. Ялышев // Уголь. – 2023. – № S12.
3. Кацубин А.В., Федотов А.А. Систематизация горно-геологических условий угленасыщенных и безугольных зон разрезов Кузбасса // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 3(6). – С. 60-75
4. Стенин Ю.В. Методика расчета производительности экскаваторно-автомобильных комплексов / Ю.В. Стенин, В.В. Макаров, Д.С. Панфилов // Вестник УГГУ. – 2005. – №21. – С. 60-64.
5. Стрельников А.В. Типовые паспорта забоев для разработки угленасыщенных зон карьерных полей разрезов Кузбасса обратными гидравлическими лопатами. Часть 2. Паспорта экскаваторных забоев // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 4 (7). – С. 4-29.
6. Кантович Л.И. Опыт и перспективы применения гидравлических экскаваторов при отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса / Л.И. Кантович, О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Е.А. Тюленева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 4. – С. 152-160.
7. Чаплыгин, В.В. К вопросу оптимизации параметров технологии разработки полускальных вскрышных пород мехлопатами на разрезах Кузбасса / В.В. Чаплыгин, А.А. Садыков, А.В. Матвеев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2023. – № 9. – С. 84-98. – DOI 10.25018/0236_1493_2023_9_0_84. – EDN VFCSJW.
8. Оценка степени взаимовлияния вместимости ковша экскаватора и кузова автосамосвала / А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков, М.А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 3(145). – С. 104-112.
9. Об изменении эффективности производительности экскаваторов при использовании карьерных самосвалов с различной вместимостью кузова / А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков, М.А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 6(148). – С. 85-93. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93. – EDN ПWWML.
10. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120. – EDN UQIXQR.
11. Макаров, В.Н. Достижение наивысших рекордных показателей месячной производительности экскаваторов ЭКГ-18 на разрезах ЗАО «Стройсервис» / В.Н. Макаров, К.Ю. Анистратов // Уголь. – 2019. – № 1(1114). – С. 20-26. – DOI 10.18796/0041-5790-2019-1-20-26. – EDN YQXZRZ.
12. Шемякин С.А. Новые технологии открытой разработки месторождений / С.А. Шемякин, Ю.А. Мамаев, С.Н. Иванченко // Хабаровск, 2003. – 129 с.
13. Мазаев В.М. Процессы открытых горных работ / В.М. Мазаев, С.И. Протасов, П.А. Самусев // КузГТУ, Кемерово. – 2000. – 110 с.
14. Репин Н.Я. Процессы открытых горных работ. Ч. I. Подготовка горных пород к выемке // М.: МГГУ, 2009. – 188 с.
15. Об определении параметров забойных блоков при ведении горных работ обратными гидравлическими лопатами / О. И. Литвин, Я. О. Литвин, М. А. Тюленев, С. О. Марков // Горная промышленность. – 2021. – № 6. – С. 76-81. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81.
16. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines / E. Murko, Ju. Janočko, E. Makridin, M. Kapko // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 315. – Article no. 02013.



17. Очистка карьерных сточных вод угольного предприятия в регионах с повышенной антропогенной нагрузкой / Л. А. Иванова, И. В. Тимошук, А. К. Горелкина [и др.] // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2022. – № 4. – С. 107-114. – DOI 10.25558/VOSTNI.2022.60.11.012.
18. Марков, С.О. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса / С.О. Марков, Е.В. Мурко, Ф.С. Непша // Горные науки и технологии. – 2021. – Т. 6, № 4. – С. 259-266. – DOI 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.
19. Modern Technologies Providing a Full Cycle of Geo-Resources Development / В. К. Cheynesh, А. V. Aleksakhin, Е. N. Eliseeva [et al.] // Resources. – 2023. – Vol. 12, No. 4. – DOI 10.3390/resources12040050.
20. Логинов, Е. В. Управление параметрами карьера в целях повышения эффективности использования гидравлических экскаваторов типа обратная лопата / Е. В. Логинов, Т. А. Тюленева // Уголь. – 2021. – № 12(1149). – С. 6-10. – DOI 10.18796/0041-5790-2021-12-6-10.
21. Логинов, Е. В. Исследование параметров технологических схем разработки месторождений песчано-гравийных смесей обратными гидравлическими лопатами / Е. В. Логинов, В. В. Вольф // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2022. – № 8. – С. 71-84.
22. Litvin, O.I. Evaluation of Effect of the Excavator Cycle Duration on its Productivity / O.I. Litvin, Ya.O. Litvin // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 174. – Article no. 01010.

TO DEFINE THE APPLICATION AREA OF UNMANNED QUARRY DUMP TRUCKS WITH PAYLOAD CAPACITY OF 220 TONS

Maxim A. Tyulenev, Sergey O. Markov, Alexander V. Katsubin, Vladimir V. Aksenov, Semyon D. Dubinkin

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



Article info

Received:
15 November 2023

Revised:
05 December 2023

Accepted:
11 December 2023

Keywords: open-pit mining, quarry dump truck, unmanned quarry dump truck, rock and coal panel, complex deposits, excavator productivity, oversize lump, sustainable development

Abstract.

It is known from the brochures of companies-manufacturers of excavation and loading equipment for surface mining, namely hydraulic excavators, that they can be equipped with interchangeable working equipment: bucket and stick. The capacity of both the main and interchangeable (replaceable) buckets is tied to the length of the stick, taking into account the provision of a constant value of the end load on the teeth of the bucket. The longer the interchangeable stick, the smaller the bucket capacity, and vice versa. Accordingly, the excavator has several curves of motion (trajectories) of the cutting edge of the bucket teeth, based on which it is possible to select transportation equipment for joint use with this excavator, to determine the height of the bench/subbench/layer, etc. In addition, the density of mined rocks should be taken into account: when working at different horizons, the value of change in the density of bedrock can reach 0.5 t/m³ and more. Taking into account the fact that there is rarely a complete set of interchangeable sticks and buckets for a particular unit of excavation and loading equipment, it can be assumed that in such conditions there is either underutilization of the excavator's working capabilities (when working with denser rock it is necessary to fill the bucket incompletely), or, on the contrary, increased wear of drives and mechanisms. This paper gives the prerequisites for determining the rational area of application of unmanned quarry dump trucks, and also identifies a number of little-studied factors, the joint influence of which leads to a decrease in the efficiency of equipment used at open-pit mining operations.

For citation Tyulenev M.A., Markov S.O., Katsubin A.V., Aksenov V.V., Dubinkin S.D. (2023) To define the application area of unmanned quarry dump trucks with payload capacity of 220 tons, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 4(23):91. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-91-102, EDN: WSHVMO



This work was done with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation under the agreement dated 30.09.2022 № 075-15-2022-1198 with FSBEI HE "T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University" Integrated scientific and technical program of the full innovation cycle "Development and implementation of a set of technologies in the areas of exploration and mining of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing of coal raw materials with a consistent reduction of the environmental impact and risks to human life" (CSTP "Clean Coal - Green Kuzbass") in the implementation of the event "Development and creation of unmanned shuttle-type dump truck of 220 tons carrying capacity" in terms of research and development works.

References

1. Dubinkin D.M. Opredelenie parametrov modeli uglya dlya imitatsionnogo modelirovaniya pogruzki i razgruzki gruzovoy platformy kar'ernogo samosvala / D.M. Dubinkin, A.V. Yalyshev // Ugol'. – 2023. – № S12.
2. Dubinkin D.M. Vliyaniye protsessa pogruzki uglya v gruzovuyu platformu na koeffitsient ispol'zovaniya gruzopod'emnosti kar'ernogo samosvala gruzopod'emnost'yu 220 tonn / D.M. Dubinkin, A.V. Yalyshev // Ugol'. – 2023. – № S12.
3. Katsubin A.V., Fedotov A.A. Sistematizatsiya gorno-geologicheskikh usloviy uglenasyshchennykh i bezugol'nykh zon razrezov Kuzbassa // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. – 2019. – № 3(6). – S. 60-75
4. Stenin Yu.V. Metodika rascheta proizvoditel'nosti ekskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov / Yu.V. Stenin, V.V. Makarov, D.S. Panfilov // Vestnik UGGU. – 2005. – №21. – S. 60-64.
5. Strel'nikov A.V. Tipovye pasporta zaboev dlya razrabotki uglenasyshchennykh zon kar'ernykh poley razrezov Kuzbassa obratnymi gidravlicheskimy lopatami. Chast' 2. Pasporta ekskavatornykh zaboev // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. – 2019. – № 4 (7). – S. 4-29.
6. Kantovich L.I. Opyt i perspektivy primeneniya gidravlicheskikh ekskavatorov pri otrabotke uglenasyshchennykh zon na razrezakh Kuzbassa / L.I. Kantovich, O.I. Litvin, A.A. Khoreshok, E.A. Tyuleneva // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2019. – № 4. – S. 152-160.
7. Chaplygin, V.V. K voprosu optimizatsii parametrov tekhnologii razrabotki poluskal'nykh vskryshnykh porod mekhlopatami na razrezakh Kuzbassa / V.V. Chaplygin, A.A. Sadykov, A.V. Matveev // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal). – 2023. – № 9. – S. 84-98. – DOI 10.25018/0236_1493_2023_9_0_84.
8. Otsenka stepeni vzaimovliyaniya vmestimosti kovsha ekskavatora i kuzova avtosamosvala / A.A. Khoreshok, D.M. Dubinkin, S.O. Markov, M.A. Tyulenev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 3(145). – S. 104-112.
9. Ob izmenenii effektivnoy proizvoditel'nosti ekskavatorov pri ispol'zovanii kar'ernykh samosvalov s razlichnoy vmestimost'yu kuzova / A.A. Khoreshok, D.M. Dubinkin, S.O. Markov, M.A. Tyulenev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 6(148). – S. 85-93. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.
10. Analiz metodik rascheta proizvoditel'nosti kar'ernykh gidravlicheskikh ekskavatorov / O.I. Litvin, A.A. Khoreshok, D.M. Dubinkin [i dr.] // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – № 5. – S. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120.
11. Makarov, V.N. Dostizhenie naivysshikh rekordnykh pokazateley mesyachnoy proizvoditel'nosti ekskavatorov EKG-18 na razrezakh ZAO «Stroyservis» / V.N. Makarov, K.Yu. Anistratov // Ugol'. – 2019. – № 1(1114). – S. 20-26. – DOI 10.18796/0041-5790-2019-1-20-26.
12. Shemyakin S.A. Novye tekhnologii otkrytoy razrabotki mestorozhdeniy / S.A. Shemyakin, Yu.A. Mamaev, S.N. Ivanchenko // Khabarovsk, 2003. – 129 s.
13. Mazaev V.M. Protsessy otkrytykh gornykh rabot / V.M. Mazaev, S.I. Protasov, P.A. Samusev // KuzGTU, Kemerovo. – 2000. – 110 s.
14. Repin N.Ya. Protsessy otkrytykh gornykh rabot. Ch. I. Podgotovka gornykh porod k vyemke // M.: MGGU, 2009. – 188 s.
15. Ob opredelenii parametrov zaboynykh blokov pri vedenii gornykh rabot obratnymi gidravlicheskimy lopatami / O. I. Litvin, Ya. O. Litvin, M. A. Tyulenev, S. O. Markov // Gornaya promyshlennost'. – 2021. – № 6. – S. 76-81. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81.
16. On the need to consider the lithological composition of overburden rocks in the design of waste water treatment plants at open pit mines / E. Murko, Ju. Janočko, E. Makridin, M. Kapko // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 315. – Article no. 02013.



17. Ochistka kar'ernykh stochnykh vod ugol'nogo predpriyatiya v regionakh s povyshennoy antropogennoy nagruzkoj / L. A. Ivanova, I. V. Timoshchuk, A. K. Gorelkina [i dr.] // Vestnik Nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti. – 2022. – № 4. – S. 107-114.
18. Markov, S.O. Granulometricheskij sostav otval'nykh massivov razrezov Kuzbassa / S.O. Markov, E.V. Murko, F.S. Nepsha // Gornye nauki i tekhnologii. – 2021. – T. 6, № 4. – S. 259-266.
19. Modern Technologies Providing a Full Cycle of Geo-Resources Development / B. K. Cheynesh, A. V. Aleksakhin, E. N. Eliseeva [et al.] // Resources. – 2023. – Vol. 12, No. 4. – DOI 10.3390/resources12040050.
20. Loginov, E. V. Upravlenie parametrami kar'era v tselyakh povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya gidravlicheskih ekskavatorov tipa obratnaya lopata / E. V. Loginov, T. A. Tyuleneva // Ugol'. – 2021. – № 12(1149). – S. 6-10. – DOI 10.18796/0041-5790-2021-12-6-10.
21. Loginov, E. V. Issledovanie parametrov tekhnologicheskikh skhem razrabotki mestorozhdeniy peschano-graviynykh smesey obratnymi gidravlichesкими lopatami / E. V. Loginov, V. V. Vol'f // Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal). – 2022. – № 8. – S. 71-84.
22. Litvin, O.I. Evaluation of Effect of the Excavator Cycle Duration on its Productivity / O.I. Litvin, Ya.O. Litvin // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 174. – Article no. 01010.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Maxim A. Tyulenev, Ph.D. (Tech.), associate professor, chief of Open Pit Mining department
e-mail: tma.geolog@kuzstu.ru

Sergey O. Markov, Ph.D. (Tech.), associate professor of Open Pit Mining department
e-mail: markovso@kuzstu.ru

Alexander V. Katsubin, postgraduate student
e-mail: katsubinav@kuzstu.ru

Vladimir V. Aksenov, Dr.Sc. (Tech.), chief scientist
e-mail: 55vva42@mail.ru

Semyon D. Dubinkin, student
e-mail: dubinkinsd@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University
650000, Russian Federation, Kemerovo, 28 Vesennaya St.