



УДК 622.271.3

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОТРАБОТКИ ВСКРЫШНЫХ УСТУПОВ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЭКСКАВАТОРОВ И КАРЬЕРНЫМИ САМОСВАЛАМИ

Колесников В.Ф.<sup>1</sup>, Литвин Я.О.<sup>2</sup>, Дубинкин Д.М.<sup>1</sup>, Марков С.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

<sup>2</sup>Филиал АО «УК «Кузбассразрезуголь» «Моховский угольный разрез»



### Информация о статье

Поступила:

24 июля 2024 г.

Рецензирование:

31 августа 2024 г.

Принята к печати:

09 сентября 2024 г.

### Ключевые слова:

открытые горные работы,  
структурная технологическая  
схема, вскрышные работы,  
мехлопата, гидравлическая  
лопата, карьерный самосвал,  
ширина рабочей площадки,  
высота уступа

### Аннотация.

Анализ работы гидравлических экскаваторов показывает, что их фактическая производительность зачастую составляет всего 50-70% от паспортной. Можно предположить, что такие результаты обусловлены научно не обоснованными параметрами технологических схем, неподходящим сочетанием экскаваторно-автомобильных комплексов и низким качеством подготовки (дробления) пород к экскавации. Изучение технологических схем применения гидравлических экскаваторов на разрезах показало, что экскаваторы в основном работают с нижним черпанием с погрузкой на уровне или ниже уровня стояния экскаватора. Однако не всегда соблюдается оптимальное сочетание экскаватора с автосамосвалом по емкости кузова автосамосвала в зависимости от расстояния транспортирования. В данной работе рассмотрены возможные варианты структурных схем работы комплекса экскаваторов на вскрышных работах с карьерными самосвалами грузоподъемностью 220-240 тонн. Поскольку одними из основных параметров технологических схем отработки вскрышного уступа являются ширина заходки по целику, высота уступа и ширина рабочей площадки, определяющие угол откоса рабочего борта, а следовательно, и текущий коэффициент вскрыши, который в конечном счете влияет на себестоимость добываемого угля, оптимизация этих параметров является актуальной научно-практической задачей.

**Для цитирования:** Колесников В.Ф., Литвин Я.О., Дубинкин Д.М., Марков С.О. К определению параметров технологических схем отработки вскрышных уступов различными типами экскаваторов и карьерными самосвалами // Техника и технология горного дела. – 2024. – № 3(26). – С. 99-112. – DOI: 10.26730/2618-7434-2024-3-99-112, EDN: ZERBOG

### Введение

Опыт применения гидравлических экскаваторов на открытых горных работах показывает, что для повышения эффективности их применения необходимо проведение и постоянная актуализация научных исследований по таким направлениям, как оценка влияния физико-механических свойств пород на параметры и показатели горных работ [1-4]; обоснование параметров забоя в зависимости от условий ведения горных работ и режима черпания экскаватора [5-7]; исследование зависимости рабочего цикла экскаватора от режима черпания схемы погрузки и высоты забоя [8-10]; обоснование рационального сочетания автомобильно-экскаваторного комплекса [11-12]; исследование зависимости производительности экскаватора от параметров забоя, режима черпания и сложности забоя [13]. Кроме того, требуется разработка вариантов технологических схем ведения работ с применением гидравлических экскаваторов для различных условий их применения на разрезах с известными горно-геологическими условиями с последующей оценкой их эффективности [14-16].

## Основная часть

Отработка вскрышных уступов в безугольных зонах карьерных полей может осуществляться как по мягким породам (наносам), не требующим предварительного рыхления, так и по крепким породам с применением буровзрывных работ.

В качестве примера в данной работе рассмотрены структурные схемы работы разнотиповых экскаваторов (мехлопата, гидролопата, драглайн) в комплекте с одними из наиболее распространенных на открытых работах моделей карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 т – БелАЗ-7531 и его модификаций, а также БелАЗ-7530 (220 т).

Особенностью отработки уступов по мягким породам является зависимость высоты уступа от фактической мощности покрывающих пород (наносов), что обуславливает необходимость деления уступа на слои с отработкой их одним или двумя экскаваторами с погрузкой на верхнюю и нижнюю рабочие площадки уступа.

При отработке уступа одним экскаватором высота уступа не должна превышать максимальную высоту черпания для прямых лопат и глубины черпания для обратных лопат, а параметры рабочих площадок – обеспечивать безопасный разворот карьерных самосвалов грузоподъемностью 220-240 т.

Структурные схемы отработки вскрышных уступов по мягким породам приведены на рис. 1-6.

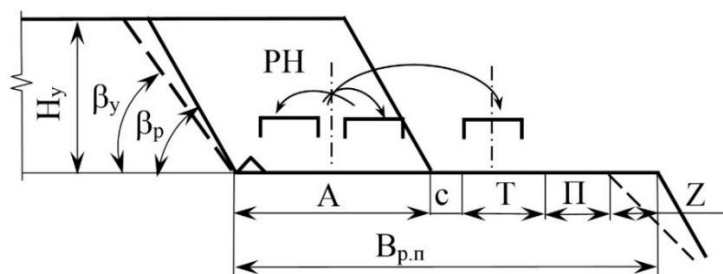


Рисунок 1 – Структурная технологическая схема отработки вскрышного уступа по мягким породам со сквозным проездом автосамосвалов

Figure 1 – Structural technological scheme of mining the overburden bench on quaternary sediments with through passage of dump trucks

Схемой предусмотрено отработка уступа одним экскаватором прямой лопата при высоте уступа  $H_y = H_{ч.max}$  со сквозным проездом автосамосвала и стандартной рабочей площадки. На данной схеме экскаватор располагается на нижней площадке уступа и осуществляет его отработку с погрузкой в автосамосвал. При этом автосамосвал устанавливается под погрузку со сквозным проездом или тупиковым разворотом в забое.

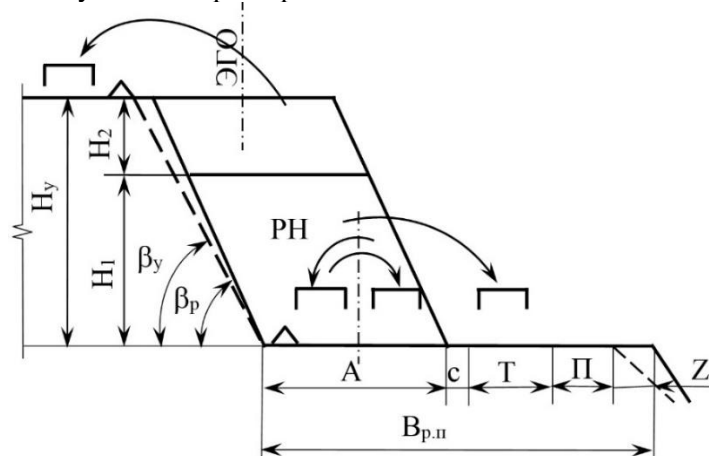


Рисунок 2 – Структурная схема отработки уступа при  $H_b > H_{dig.max}$  и сквозном проезде автотранспорта

Figure 2 – Structural scheme of bench excavation at  $H_b > H_{dig.max}$  and through passage of vehicles

По данной схеме выступа уступа превышает максимальную высоту черпания, т.е.  $H_y > H_{ч.макс}$  при сквозном проезде автотранспорта.

Высота уступа делится на два слоя, причем высота нижнего слоя равна максимальной высоте черпания мощного экскаватора, т.е.  $H_1 = H_{ч.макс}$ .

Высота (мощность) верхнего слоя меньше максимальной высоты черпания мощного экскаватора и обрабатывается гидравлическим экскаватором типа обратная лопата или мехлопатов с удлиненным рабочим оборудованием с верхней погрузкой: использование удлиненного оборудования имеет важное значение из-за значительных габаритов карьерных самосвалов грузоподъемностью 220-240 т.

Отработка уступа ведется в следующей последовательности.

Верхний слой обрабатывается с опережением нижнего слоя с погрузкой в автосамосвал, расположенный на верхней площадке уступа.

Нижний слой обрабатывается мощным экскаватором с погрузкой в автосамосвал, расположенный на уровне стояния экскаватора со сквозным проездом и тупиковым разворотом в призабойном пространстве.

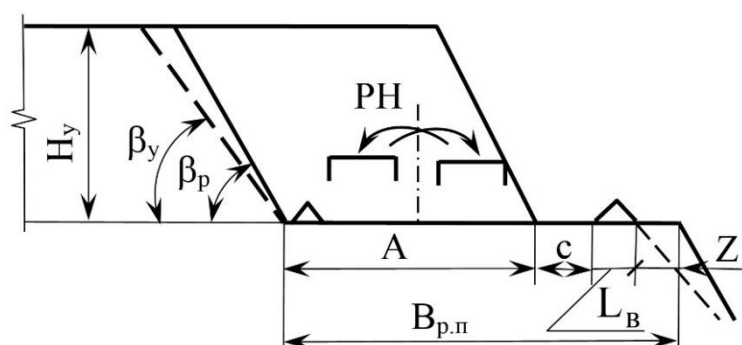


Рисунок 3 – Структурная схема отработки уступа одним мощным экскаватором при тупиковой заходке

Figure 3 – Structural scheme of bench mining by one powerful excavator at a dead-end stop

По данной схеме предусматривается отработка вскрышного уступа при тупиковой заходке при  $H_y = H_{ч.макс}$  одним мощным экскаватором с погрузкой в автосамосвалы, расположенные на уровне стояния экскаватора с тупиковым разворотом в призабойном пространстве.

Схемы на рис. 4 и 5 аналогичны структурной схеме на рис. 1, отличаются лишь типом заходки (тупиковой) и тупиковой же схемой разворота автосамосвалов под погрузку (рис. 4, 5).

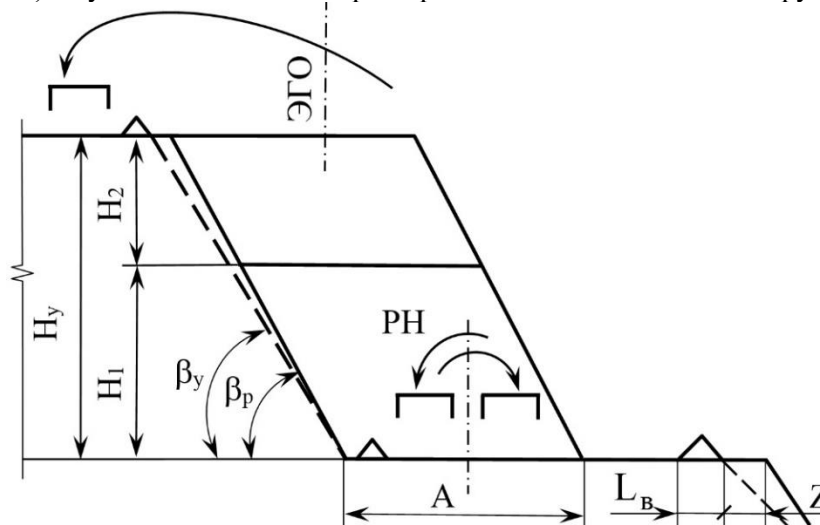


Рисунок 4 – Структурная схема отработки уступа при  $H_1 > H_2$  и тупиковой заходке

Figure 4 – Structural scheme of bench development at  $H_1 > H_2$  and dead-end stop

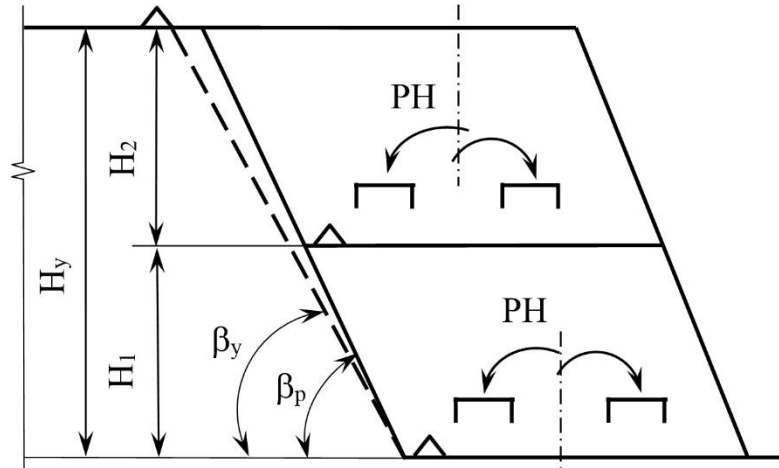


Рисунок 5 – Структурная схема отработки уступа при  $H_1 = H_2$  и тупиковой заходке  
 Figure 5 – Structural scheme of bench development at  $H_1 = H_2$  and dead-end stope

На рисунках 6 и 7 приведены структурные схемы двухслойной отработки уступов из мягких пород. На схемах принято, что слои имеют равную высоту ( $H_1 = H_2$ ). По структуре они аналогичны схеме на рис. 5.

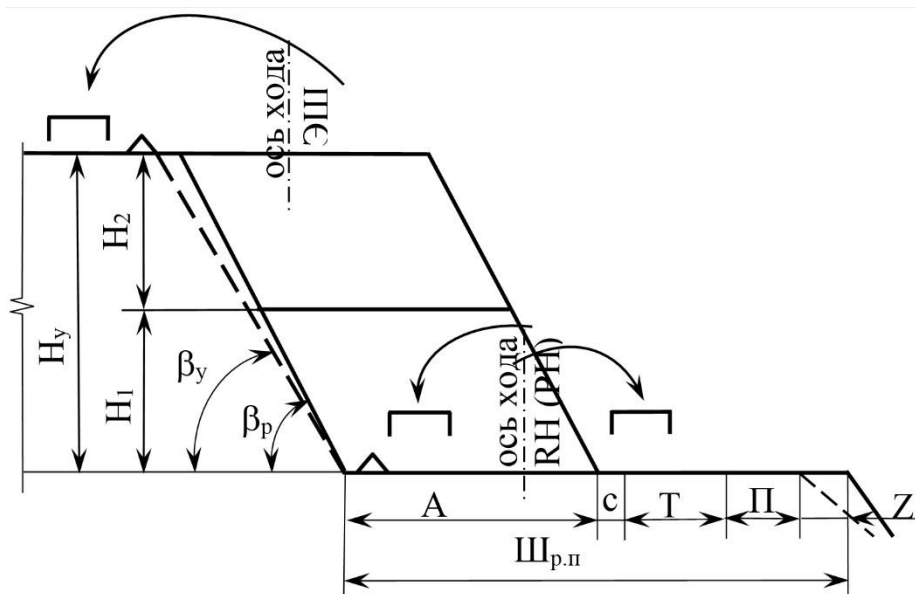


Рисунок 6 – Структурная схема отработки уступа двумя слоями: нижний слой  
 обрабатывается мощным экскаватором со сквозным проездом автосамосвалов, а верхний  
 драглайном при  $H_1 = H_2$

Figure 6 – Structural scheme of bench mining in two layers: the lower layer is mined by a  
 powerful excavator with through passage of dump trucks, and the upper one by a dragline at  $H_1 = H_2$ .

Данная схема вследствие использования в ней мощных мехлопат и драглайнов также  
 подразумевает применение тяжелых карьерных самосвалов (грузоподъемность 220-240 т и  
 более).

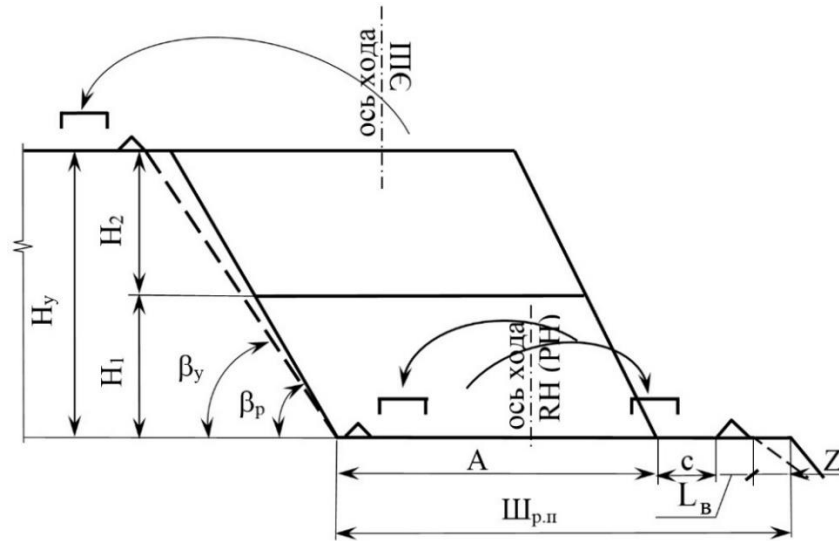


Рисунок 7 – Структурная схема отработки уступа двумя слоями: нижний слой отрабатывается мощным экскаватором с тупиковой схемой разворота автосамосвалов, а верхний – драглайном при  $H_1 = H_2$

Figure 7 – Structural scheme of bench mining in two layers: the lower layer is mined by a powerful excavator with a dead-end dump truck turning scheme, and the upper layer is mined by a dragline at  $H_1 = H_2$ .

Далее (рис. 8-15) приведены структурные технологические схемы отработки уступов по крепким породам с применением буровзрывных работ.

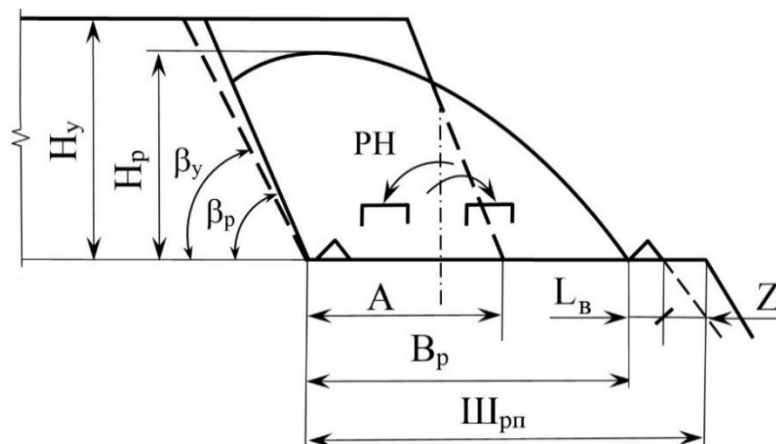


Рисунок 8 – Структурная схема отработки уступа одним мощным экскаватором при тупиковой заходке с погрузкой в автосамосвалы, расположенные на уровне стояния экскаватора с тупиковым разворотом под погрузку

Figure 8 – Structural scheme of bench mining by one powerful excavator at a dead-end stope with loading into dump trucks located at the standing level of the excavator with a dead-end turn for loading

По данной технологической схеме принимается высота уступа исходя из равенства развала пород ( $H_p$ ) и максимальной высоты черпания экскаватора, т.е.  $H_p = H_{ч.макс}$ . При этом ширина рабочей площадки определяется по выражению:  $Ш_{рп} = B_p + L_B + Z$ , где  $B_p$  – ширина развала пород, м;  $L_B$  – ширина предохранительного вала, м;  $Z$  – берма безопасности, м.

Ширина рабочей площадки в первую очередь зависит от ширины развала взорванной горной массы, но также необходима проверка по условию безопасного разворота карьерного самосвала. В частности, для БелАЗ-7531 и его модификаций эта величина составляет не менее 37,5 м.

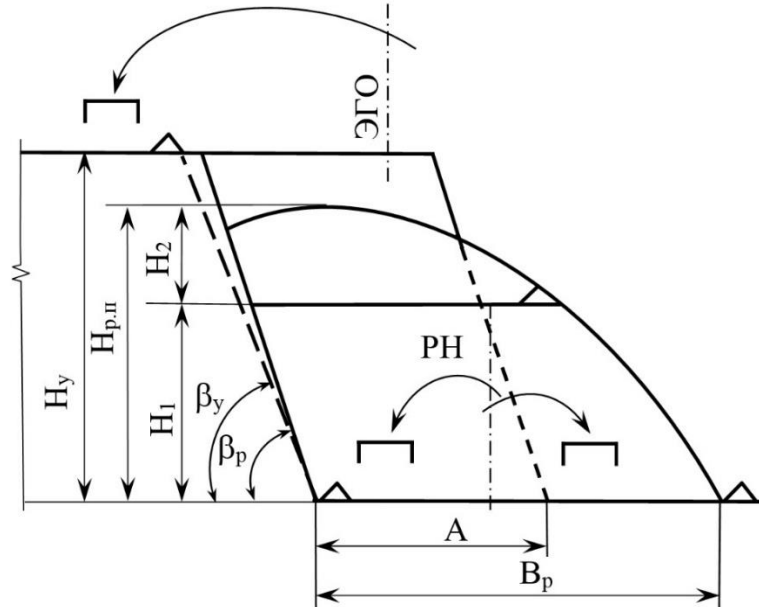


Рисунок 9 – Структурная технологическая схема отработки уступа при тупиковой заходке при высоте развала породы, несколько превышающей максимальную высоту черпания мощного экскаватора ( $H_p > H_{ч.max}$ ).

Figure 9 – Structural technological scheme of bench mining at a dead-end stope at the height of rock dumping, slightly exceeding the maximum digging height of a powerful excavator ( $H_r > H_{dig.max}$ ).

По данной схеме высота вскрышного уступа ограничивается высотой развала, складывающейся из высот  $H_1$  (для основного мощного экскаватора) и  $H_2$  (для вспомогательного экскаватора), причем  $H_1 > H_2$ , где  $H_1 = H_{ч.max}$ , а  $H_2 = H_p - H_1$ .

Вспомогательный экскаватор типа обратная гидролопата устанавливается на развале пород (второй слой) и осуществляет отработку слоя с погрузкой выше уровня своего стояния. Мощный экскаватор работает аналогично схеме на рис. 8.

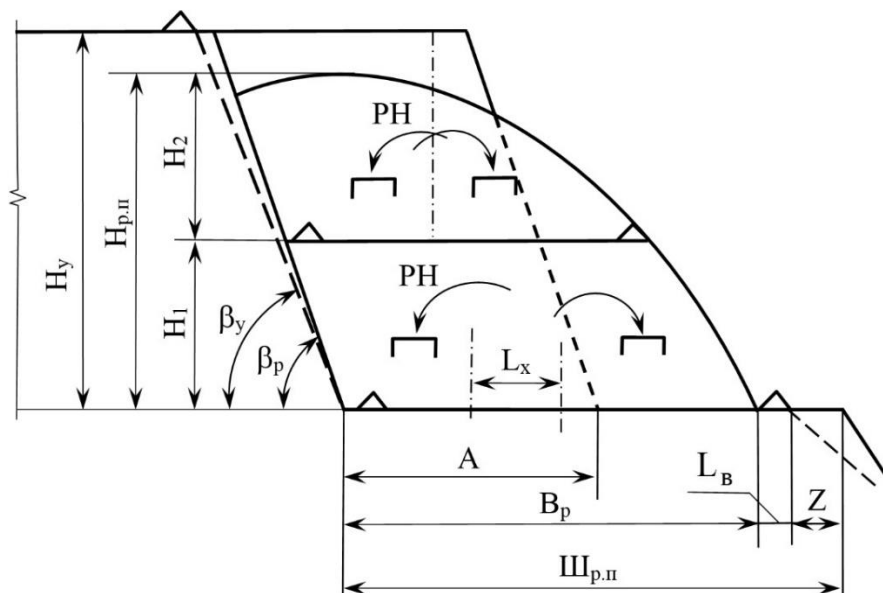


Рисунок 10 – Структурная технологическая схема отработки уступа с тупиковой заходкой при  $H_1 = H_2$

Figure 10 – Structural technological scheme of bench mining with a dead-end stope at  $H_1 = H_2$



По данной схеме высота развала пород равна  $2H_{ч.макс}$  и может обрабатываться поочередно одним и тем же мощным экскаватором.

Погрузка породы экскаваторами ведется в автосамосвалы, расположенные на уровне стояния экскаватора с тупиковым разворотом в призабойной зоне.

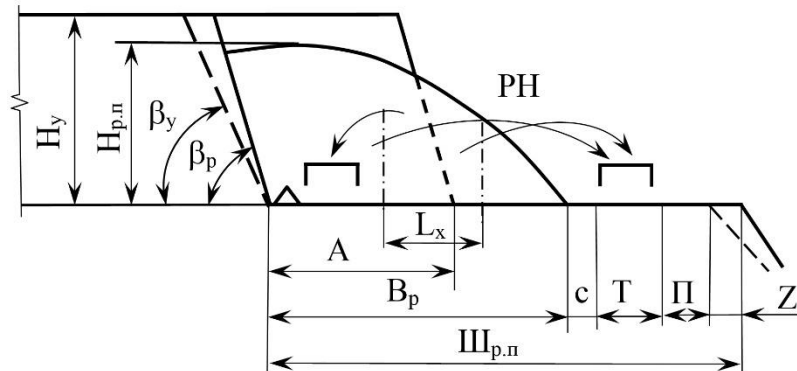


Рисунок 11 – Структурная схема отработки уступа одним мощным экскаватором при заходке со сквозным проездом автотранспорта

Figure 11 – Structural scheme of bench excavation by one powerful excavator at the slope with through passage of dump trucks

В предлагаемой схеме высота развала не превышает максимальную высоту черпания экскаватора, т.е.  $H_p \leq H_{ч.макс}$ .

Экскаватор отгружает породу развала в автосамосвалы на уровне своего стояния со сквозным проездом, тупиковым, петлевым или кольцевым разворотами автосамосвалов под погрузку в зависимости от ширины рабочей площадки и развала пород.

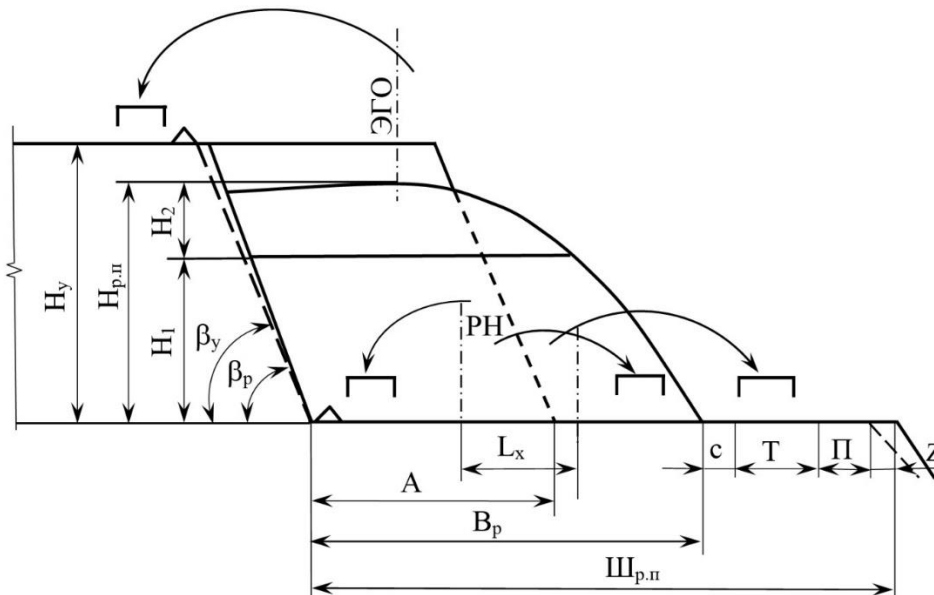


Рисунок 12 – Структурная схема отработки уступа одним мощным и одним вспомогательным экскаваторами при  $H_2 < H_1$

Figure 12 – Structural scheme of bench mining with one powerful and one auxiliary excavator at  $H_2 < H_1$

Технология отработки уступа аналогична схеме на рис. 9. Отличительными признаками являются только более широкие возможности маневренности автосамосвалов при установке их под погрузку. Также требуется проверка возможности разгрузки обратной гидролопаты в

карьерные самосвалы, устанавливаемые выше уровня стояния экскаватора. С учетом того, что габаритная высота БелАЗ-7531 (грузоподъемность 240 т) составляет 6,7 м и обеспечения безопасного зазора между ковшом и кузовом, высота верхнего слоя чаще всего не будет превышать 3-4 метра для наиболее распространенных моделей гидролопат.

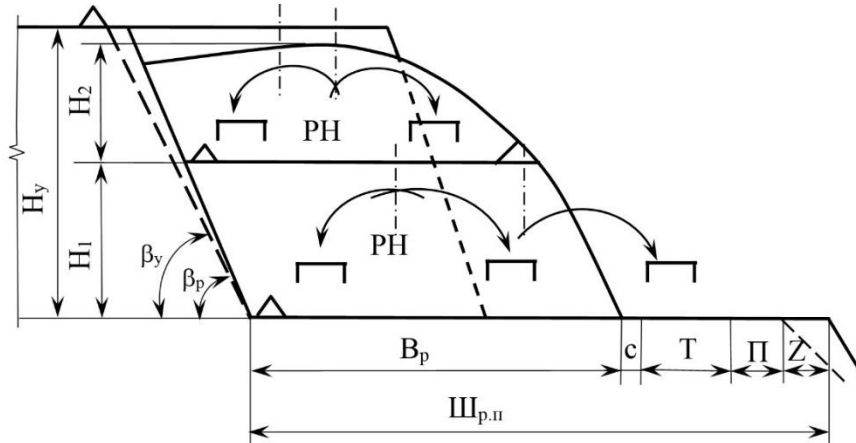


Рисунок 13 – Структурная схема отработки уступа мощными экскаваторами при заходе со сквозным проездом автотранспорта при  $H_1 = H_2$   
Figure 13 – Structural scheme of bench excavation by powerful excavators at the slope with through passage of dump trucks at  $H_1 = H_2$

Технология отработки уступа аналогична схеме, показанной на рис. 10. Высота развала принимается равной  $2H_{ч.макс}$ . Но схема позволяет для нижнего подступа использовать практически все виды разворота автосамосвала под погрузку вследствие увеличения ширины рабочей площадки, которая определяется по формуле:  $Ш_{рп} = B_p + c + T + \Pi + L_b + Z$ , где  $B_p$  – ширина развала пород, м;  $c$  – зазор между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м;  $T$  – ширина транспортной полосы, м;  $\Pi$  – ширина полосы для размещения вспомогательного оборудования, м;  $L_b$  – ширина предохранительного вала, м;  $Z$  – берма безопасности, м.

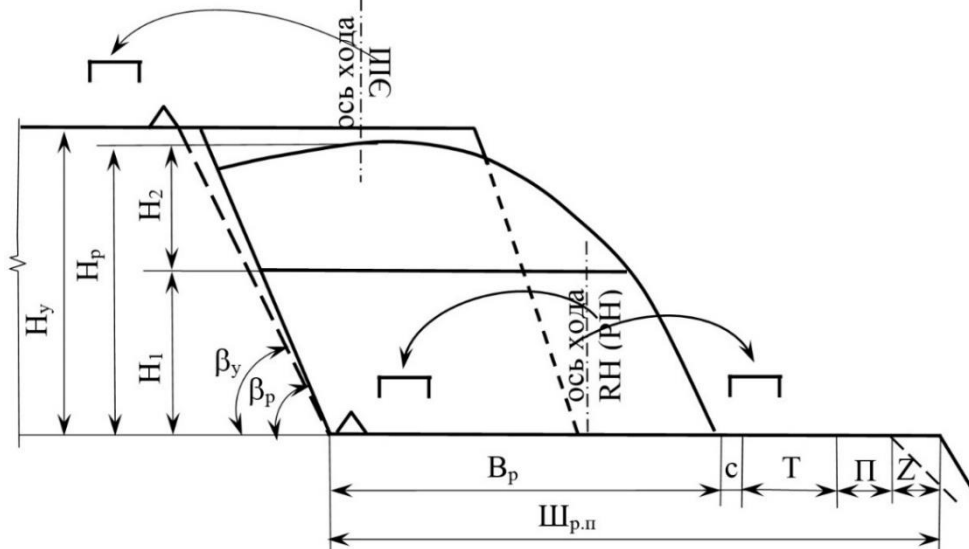


Рисунок 14 – Структурная схема отработки уступа двумя слоями: нижний слой обрабатывается мощным экскаватором, а верхний драглайном при  $H_1 = H_2$  и сквозном проезде автосамосвала

Figure 14 – Structural scheme of bench development in two layers: the lower layer is developed by a powerful excavator, and the upper one by a dragline at  $H_1 = H_2$  and through passage of a dump truck.



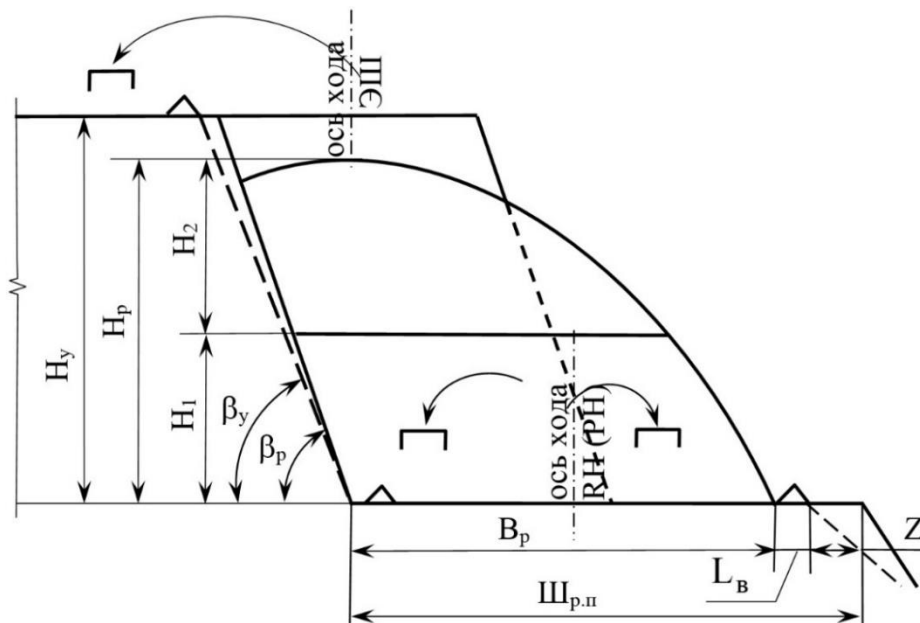


Рисунок 15 – Структурная схема отработки уступа двумя слоями, нижний слой отрабатывается мощным экскаватором, а верхний драглайном при тупиковой заходке и  $H_1 = H_2$

Figure 15 – Structural scheme of bench mining in two layers, the lower layer is mined with a powerful excavator and the upper layer with a dragline at a dead-end stope and  $H_1 = H_2$ .

Схемы на рис. 14 и 15 по своей структуре аналогичны схеме на рис. 13. Отличительными признаками является отработка верхнего слоя драглайном с погрузкой в автосамосвалы, расположенные на верхней площадке уступа.

Ширина рабочих площадок может быть определена в обычных и стесненных условиях (рис. 16-а, б):

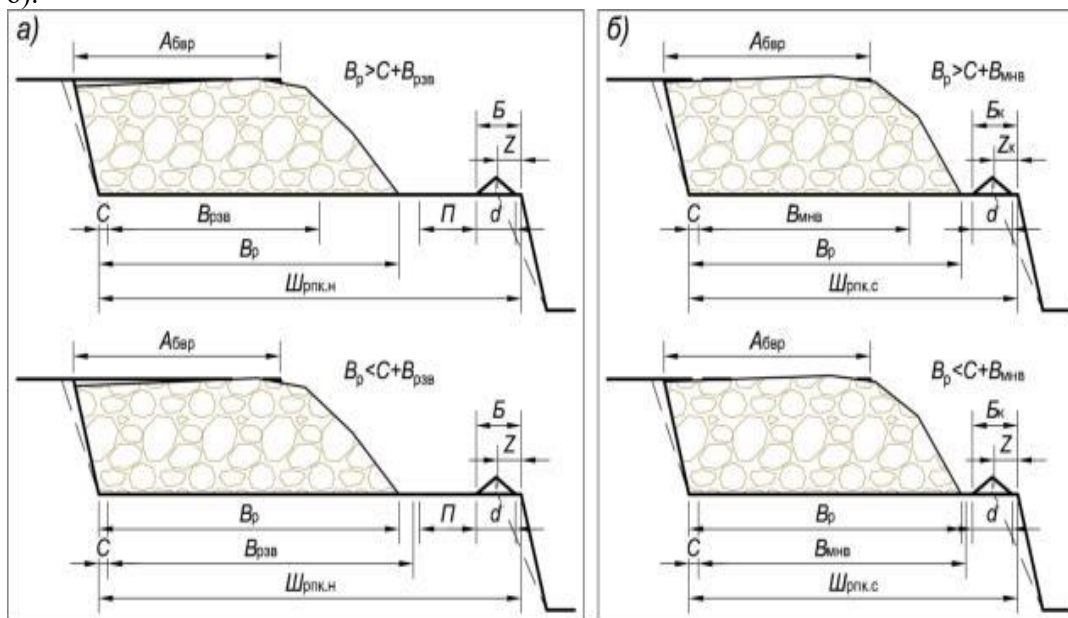


Рисунок 16 – Схема к определению ширины рабочей площадки по коренным породам при тупиковой подаче автотранспорта под погрузку а) – в нормальных условиях; б) – в стеснённых условиях

Figure 16 – Scheme for determining the width of the working site on bedrock at dead-end delivery of dump trucks for loading: a) in normal conditions; б) in constricted conditions



При обработке коренных пород с полным (кольцевым) разворотом авто и тупиковой подачи под погрузку (рис. 16-а) при условии  $V_p > C + V_{рзв}$  определяется из выражения:

$$Ш_{рпк.н} = V_p + П + Б,$$

а при условии  $V_p < C + V_{рзв}$  определяется из выражения:

$$Ш_{рпк.н} = C + V_{рзв} + П + Б,$$

где  $V_{рзв}$  – ширина площадки для разворота карьерных автосамосвалов, м;  $V_p$  – ширина развала взорванной горной массы, м;  $C$  – безопасное расстояние между нижней бровкой развала и транспортной полосой, м;  $Б$  – ширина бермы безопасности, м.

Величина бермы безопасности складывается из призмы возможного обрушения и предохранительного вала:

$$Б = Z + 0,2 + 0,5d,$$

где  $d$  – ширина предохранительного вала (определяется согласно СП 37.13330.2012 «Промышленный транспорт»), принимается максимальное значение по наиболее грузоподъемному и габаритному предусмотренному к применению самосвалу.

При обработке коренных пород в стеснённых условиях и тупиковой подаче под погрузку (рисунок 16-б): при условии  $V_p > C + V_{рзв}$  определяется из выражения:

$$Ш_{рпк.с} = V_p + Б,$$

а при условии  $V_p < C + V_{рзв}$ :

$$Ш_{рпк.с} = C + V_{мнв} + Б,$$

где  $V_{мнв}$  – минимально возможная ширина площадки для разворота карьерного транспорта, м.

### **Заключение**

Высота уступа определяется в первую очередь его устойчивостью, которая зависит от прочностных свойств слагающих его пород, причем угол откоса уступа принимает два значения – рабочий и угол устойчивого откоса, который обеспечивает сохранение устойчивости уступа продолжительное время.

Таким образом, придавая углу устойчивого откоса значения, приближающиеся к углу внутреннего трения, можно обеспечить устойчивость сколь угодно высокого уступа, т.е. он может быть равным глубине карьера при его погашении. Придание требуемого угла откосу может быть обеспечено за счет его ступенчатости.

Следующим фактором, влияющим на установление высоты уступа, являются технологические параметры выемочных средств (высота и глубина черпания, радиус черпания и разгрузки). Влияние этих факторов связано с технологией обработки уступа. Например, при обработке уступа одним экскаватором одним горизонтальным слоем высота уступа ограничивается максимальной высотой черпания экскаватора, а при обработке уступа несколькими горизонтальными слоями высота уступа ограничивается только количеством слоев и их мощностью. При обработке уступа комплексом выемочного оборудования верхнего и нижнего черпания его высота определяется технологическими возможностями выемочных машин, входящих в комплекс. К важнейшим параметрам здесь можно отнести радиус и высоту/глубину черпания экскаватора для обеспечения, во-первых, полного прочерпывания забоя, и во-вторых, для возможности безопасной погрузки при различных схемах взаимной установки экскаватора и карьерного самосвала. Например, при разработке развала взорванной горной массы с нижней погрузкой в самосвал грузоподъемностью 240 т необходим экскаватор с радиусом разгрузки 14 м и более.

Существенное значение в обосновании высоты уступа в безугольной зоне карьерного поля разреза оказывает заданное значение текущего коэффициента вскрыши и соответствующее ему значение угла откоса рабочего борта в угленасыщенной и безугольных зонах. От этих показателей зависит минимально возможная ширина рабочей площадки и соответствующая ей высота уступа. Учитывая, что базой для высоты уступа в безугольной зоне является высота уступа в угленасыщенной зоне, то в первую очередь она и определяется по критериям минимальных потерь угля.

Определив высоту уступа в угленасыщенной зоне, устанавливается для минимальной ширины рабочей площадки угол откоса рабочего борта в угленасыщенной зоне. Высота уступа



в безугольной зоне устанавливается равной или кратной высоте уступа в угленасыщенной зоне. Затем, путем перебора вариантов по высоте вскрышного уступа в безугольной зоне, определяется угол откоса рабочего борта в безугольной зоне и находится для каждого варианта текущий коэффициент вскрыши по горизонтам отработки карьерного поля.

Окончательно высота уступа в безугольной зоне устанавливается при достижении равенства текущего коэффициента вскрыши заданному (проектному) значению коэффициента вскрыши при достижении граничных контуров по дневной поверхности.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2024 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/>)

### **Благодарности**

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.

### **Информация об авторах**

**Колесников Валерий Федорович**, докт. техн. наук, профессор кафедры открытых горных работ  
e-mail: kvf.rmpio@kuzstu.ru

**Дубинкин Дмитрий Михайлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры горных машин и комплексов  
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

**Марков Сергей Олегович**, канд. техн. наук, доцент кафедры открытых горных работ  
e-mail: markovso@kuzstu.ru

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

**Литвин Ярослав Олегович**, к.т.н., директор  
e-mail: litvinyao@kuzstu.ru

Филиал АО УК «Кузбассразрезуголь» «Моховский угольный разрез», 652661, Кемеровская область, Беловский район, дер. Мохово

### **Список литературы**

1. Марков С.О. Гранулометрический состав отвальных массивов разрезов Кузбасса / С.О. Марков, Е.В. Мурко, Ф.С. Непша // Горные науки и технологии. 2021;6(4):259-266. – DOI 10.17073/2500-0632-2021-4-259-266.
2. Novinkov, A. Ensuring Seismic Safety of Underground Mines During Blasting Operations in Combined Surface-Underground Deposit Development / A. Novinkov, S. Protasov, P. Samusev // E3S Web of Conferences. 2020;(174):01016. DOI 10.1051/e3sconf/202017401016.
3. 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;(315):02013. DOI 10.1051/e3sconf/202131502013.



4. Ташкинов, А.С. Сравнительная оценка производительности карьерных экскаваторов при разработке взорванных пород / А.С. Ташкинов, А.А. Сысоев, И.А. Ташкинов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009;4(74):17-20. – EDN KXGURD.
5. 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):76-81. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81.
6. Безкорвайный П.Г., Шестаков В.С. Определение рациональных параметров рабочего оборудования гидравлического экскаватора с напорным звеном // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2023;1:25-35.
7. Цифровая модель процесса экскавации горных пород рабочим оборудованием карьерного экскаватора / А.П. Комиссаров, Ю.А. Лагунова, Р.Ш. Набиуллин, С.А. Хорошавин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022;(4):156-168.
8. Определение области энергоэффективного положения рабочего оборудования и эффективного радиуса черпания гидравлических экскаваторов на открытых горных работах / О. И. Литвин, С. О. Марков, А. А. Хорешок [и др.] // Маркшейдерия и недропользование. 2022;4(120):38-44. – DOI 10.56195/20793332\_2022\_4\_38.
9. Janosevic D., Mitrev R., Andjelkovic B., Petrov P. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency // Journal of Zhejiang University: Science A. 2012;13(12):926-942.
10. Rakhutin, M. G. Quality management and technical audit tools for increasing of efficiency mining equipment usage / M. G. Rakhutin, G. S. Rakhutin // Miner's week–2015: Reports of the XXIII International scientific symposium, Moscow, 2015.
11. Применение модульного метода для расчета показателей разработки угленасыщенной зоны на разрезах / А.А. Хорешок, А.В. Кацубин, Д.М. Дубинкин и др. // Уголь. 2022;12:76-81. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.
12. К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования / А.А. Хорешок, О.И. Литвин, А.В. Кацубин и др. // Уголь. 2023;3:91-95. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95.
13. Хорешок А.А., Дубинкин Д.М., Литвин Я.О., Марков С.О., Тюленев М.А. Об изменении производительности обратных гидравлических лопат при разных схемах погрузки вскрыши в карьерные самосвалы // Известия вузов. Горный журнал. 2024;4:26–34. DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-26-34
14. Рыльникова М.В., Власов А.В., Радченко Д.Н. Изменение подхода к проектированию горнотехнических систем при открытой разработке месторождений на базе совершенствования принципов управления качеством горной массы // Горная промышленность. 2024;(1):78-85. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-78-85>
15. Рыльникова М.В., Клебанов Д.А., Рыбин В.В., Розанов И.Ю. Контроль и управление геомеханическим состоянием и устойчивостью конструктивных элементов горнотехнических конструкций карьеров на основе сбора и анализа больших данных // Горная промышленность. 2024;(4):121-128. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-121-128>
16. Selection of Excavating Equipment for the Outpacing Development of the Coal-bearing Zone / A. Katsubin, S. Markov, A. Khoreshok, M. Tyulenev // E3S Web of Conferences. 2020;174:01027. – DOI 10.1051/e3sconf/202017401027. – EDN QSHLYV.



## ON DETERMINING THE PARAMETERS OF TECHNOLOGICAL SCHEMES OF OVERBURDEN BENCH MINING BY DIFFERENT EXCAVATORS AND DUMP TRUCKS

<sup>1</sup>Valery F. Kolesnikov, Yaroslav O. Litvin<sup>2</sup>, Dmitry M. Dubinkin<sup>1</sup>, Sergey O. Markov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

<sup>2</sup>Branch of JSC «UK Kuzbassrazrezugol» Mokhovskiy Open Pit Mine



### Article info

Received:  
24 July 2024

Revised:  
31 August 2024

Accepted:  
09 September 2024

**Keywords:** open-pit mining, structural technological scheme, stripping, mechanical shovel, hydraulic shovel, dump truck, working area width, bench height

### Abstract.

Analysis of hydraulic excavators' operation shows that their actual productivity is often only 50-70% of the certified one. It can be assumed that such results are caused by scientifically unsound parameters of technological schemes, inappropriate combination of excavator-automobile complexes and low quality of preparation (crushing) of rocks for excavation. The study of technological schemes of hydraulic excavators' application at the mines has shown that excavators mainly work with bottom digging with loading at or below the level of excavator standing. However, the optimal combination of excavator and dump truck is not always observed in terms of dump truck body capacity depending on the transportation distance. In this paper we consider possible variants of structural schemes of excavator complex operation on stripping works with dump trucks with carrying capacity of 220-240 tons. Since one of the main parameters of technological schemes of overburden face stripping are the width of the approach along the intact rock massif, the height of the bench and the width of the working area, which determine the angle of slope of the working flank, and, consequently, the current stripping ratio, which ultimately affects the cost of mined coal, the optimization of these parameters is an urgent scientific and practical task.

**For citation** Kolesnikov V.F., Litvin Ya.O., Dubinkin D.M., Markov S.O. On determining the parameters of technological schemes of overburden bench mining by different excavators and dump trucks. *Journal of mining and geotechnical engineering*. 2024;3(26):99-112. DOI: 10.26730/2618-7434-2024-3-99-112, EDN: ZERBOG

*The work is financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the agreement dated 07.04.2022 № 075-11-2022-016 with PJSC KAMAZ on the integrated project "Development of high-tech production of autonomous mining dump trucks with a lifting capacity of 240 tons with a domestic traction drive for operation in an open-source digital mining system", with participation of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University in terms of research, development and technological works.*

### References

1. Markov S.O., Murko E.V., Nepsha F.S. Grain size distribution of waste rock masses of Kuzbass coal strip mines. *Gornye nauki i tekhnologii = Mining Science and Technology (Russia)*. 2021;6(4):259-266. (In Russ.)
2. Novinkov, A. Ensuring Seismic Safety of Underground Mines During Blasting Operations in Combined Surface-Underground Deposit Development / A. Novinkov, S. Protasov, P. Samusev // *E3S Web of Conferences*. 2020;(174):01016. DOI 10.1051/e3sconf/202017401016.
3. 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;(315):02013. DOI 10.1051/e3sconf/202131502013.
4. Tashkinov A.S., Sysoev A.A., Tashkinov I.A. The comparative estimation of shovel's productivity at extracting blasted materials // *Bulletin of Kuzbass State Technical University*, 2009;4(74):17-20.
5. Litvin O.I., Litvin Ya.O., Tyulenev M.A., Markov S.O. On determining the parameters of face blocks during mining operations with backhoes. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(6):76-81. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2021-6-76-81.





6. Bezkorovainyi P. G., Shestakov V. S. Determining rational parameters for the impeller of a hydraulic excavator with a crowding mechanism. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2023;(1):25-35. DOI: 10.21440/0536-1028-2023-1-25-35
7. Komissarov A.P., Lagunova Yu.A., Nabiullin R.Sh., Khoroshavin S.A. Digital model of shovel work process. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(4):156-168. (In Russ). DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_4\_0\_156.
8. Litvin O.I., Markov S.O., Khoreshok A.A., Lapaev M.N., Tyulenev M.A. Determination of the area of energy-efficient position of working equipment and effective digging radius of hydraulic excavators at open pit mining. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2022;4(120):38-44. (In Russ.). DOI 10.56195/20793332\_2022\_4\_38.
9. Janosevic D., Mitrev R., Andjelkovic B., Petrov P. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency // *Journal of Zhejiang University: Science A*. 2012;13(12):926-942.
10. Rakhutin, M. G. Quality management and technical audit tools for increasing of efficiency mining equipment usage / M. G. Rakhutin, G. S. Rakhutin // *Miner's week–2015: Reports of the XXIII International scientific symposium, Moscow, 2015*.
11. Khoreshok A.A., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O. & Tyulenev M.A. Using the modular method to calculate the indicators of mining of the coal-bearing zone at opencast mines. *Ugol'*, 2022;(S12):76-81. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-76-81.
12. Khoreshok A.A., Litvin O.I., Katsubin A.V., Dubinkin D.M., Markov S.O. & Tyulenev M.A. To determine the rational area of application of excavation and loading equipment. *Ugol'*, 2023;3:91-95. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-S12-91-95.
13. Khoreshok A. A., Dubinkin D. M., Litvin Ia. O., Markov S. O., Tiulenev M. A. Changes in hydraulic backhoe capacity under different schemes of overburden loading into the dump trucks. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2024;4:26-34 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2024-4-26-34
14. Rylnikova M.V., Vlasov A.V., Radchenko D.N. Changing the approach to designing mining engineering systems for surface mining based on enhanced principles of rock mass quality management. *Russian Mining Industry*. 2024;(1):78-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-78-85>
15. Rylnikova M.V., Klebanov D.A., Rybin V.V., Rozanov I.Yu. Control and management of geomechanical state and stability of structural elements of mining engineering elements in open-pit mines based on Big Data collection and analysis. *Russian Mining Industry*. 2024;(4):121–128. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-121-128>
16. Selection of Excavating Equipment for the Outpacing Development of the Coal-bearing Zone / A. Katsubin, S. Markov, A. Khoreshok, M. Tyulenev // *E3S Web of Conferences*. 2020;174:01027. – DOI 10.1051/e3sconf/202017401027. – EDN QSHLYV.

### **Conflicts of Interest**

The authors declare no conflict of interest.

© 2024 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**

**Valery F. Kolesnikov**, Dr.Sc.(Tech.), Professor of Open Pit Mining Department  
e-mail: kvf.rmpio@kuzstu.ru

**Dmitry M. Dubinkin**, PhD (Tech.), Associate Professor of Mining Machines and Complexes Department  
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

**Sergey O. Markov**, PhD (Tech.), Associate Professor of Open Pit Mining Department  
e-mail: markovso@kuzstu.ru

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

**Yaroslav O. Litvin**, Ph.D., Director  
e-mail: litvinyao@kuzstu.ru

Branch of JSC «UK Kuzbassrazrezugol» Mokhovskiy Open Pit Mine  
Mokhovo settlement, Belovsky district, 652661, Kemerovo region, Russian Federation