

4. Черный Г.И. Устойчивость подрабатываемых бортов карьеров. М.: Недра, 1980. – С. 195-207.
5. Именитов В.Р., Абрамов В.Ф., Попов В.В. Локализация пустот при подземной добыче руд. М.: Недра, 1983. – С. 3-104.
6. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском железорудном бассейне. Л-д. ВНИМИ, 1975.
7. Перегудов Ю.В. Анализ геомеханических процессов и обеспечение безопасности совместной разработки месторождений в зоне возможного воронкообразования // Вісник КНУ. Збірник наукових праць. – 2011. - №28. С.10-14.
8. Перегудов Ю.В. Анализ эффективности ведения открытых горных работ на крутопадающих месторождениях в зонах возможного обрушения // Разработка рудных месторождений. Сборник научных трудов. – 2013. -№96. С. 54-58.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРОВ ДРАГЛАЙНОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЕРИСТОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ

Б.Е. Собко, А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло, Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»

Еристовское месторождение железистых кварцитов было разведано в 1977 – 1980 гг. Запасы полезного ископаемого утверждены в ГКЗ согласно «ТЭО постоянных кондиций», выполненного институтом «Южгипроруда» в 1979 году. В результате технико-экономического анализа Еристовского месторождения институтом рекомендован открытый способ разработки крутопадающих пластов K_2^5 , K_2^2 , K_2^3 до глубины 500 м. Утверждение запасов было произведено в контуре карьера, отстроенного в «ТЭО постоянных кондиций Еристовского месторождения».

Еристовское месторождение сложное по гидрогеологическим условиям (4 водоносных горизонта). Мягкие вскрышные породы имеют среднюю мощность 68-70 м с низкой несущей способностью. В связи с этим, в качестве основного выемочно – погрузочного оборудования при разработке мягкой вскрыши на карьере, предусмотрено использовать шагающие экскаваторы – драглайны типа ЭШ – 14/50 и ЭШ – 11/70. При этом экскаваторы ЭШ-11/70 предусматривается использовать для проходки осушительных траншей и их углубки. При дальнейшем развитии горных работ для увеличения производительности карьера по вскрышным породам имеется возможность переоборудовать экскаватор ЭШ-11/70 в ЭШ-14/50 путем замены ковша на более вместительный и укорочением стрелы на 20 м.

Известно, что значительную часть от общей себестоимости единицы конечной продукции при разработке полезных ископаемых занимает стоимость извлечения 1 м^3 вскрышных пород.

Драглайны работают в комплексе с автосамосвалами Cat-789С грузоподъемностью 180 т. Годовые объемы выемки мягкой вскрыши составляют 40 – 50 млн. м^3 .

Высоты уступов по мягкой вскрыше 17 м и приняты в соответствии с рабочими параметрами экскаваторов. Углы откосов уступов принимаются 23–30° (учитывая их водонасыщенность). Бермы безопасности – 10м. Отработка уступов производится торцовым забоем.

Погрузка мягких вскрышных пород осуществляется непосредственно в автосамосвалы, находящиеся на уровне стояния экскаватора, т.е. на верхней площадке уступа.

Из теории и практики открытых горных работ известно, что производительность работы драглайна может быть существенно повышена за счет уменьшения угла поворота его на разгрузку и соответственно обратно к забою.

Так, в работе /1/ отмечается, что при угле поворота 10° время поворота занимает меньше

1/3 продолжительности рабочего цикла экскаватора, а при угле 90° - около 70 – 80% продолжительности цикла экскаватора.

Уменьшить угол поворота экскаватора и соответственно время поворота может быть достигнуто путем погрузки автосамосвала, находящегося ниже уровня стояния драглайна. Это существенно повысит производительность драглайна и в целом, производительность комплекса «экскаватор + автосамосвал», тем самым уменьшатся затраты на извлечение 1 м^3 вскрыши.

Исходя из выше изложенного, в работе были рассмотрены 2 варианта комплексов горнотранспортного борудования для производства вскрышных работ по мягким породам:

- вариант 1 – ЭШ–11/70 с погрузкой в автосамосвалы, находящиеся на уровне стояния экскаватора;
- вариант 2 - ЭШ–11/70 с погрузкой в автосамосвалы, находящиеся ниже уровне стояния экскаватора.

Для рассматриваемых вариантов применения горнотранспортного оборудования устанавливаем наибольшие и наименьшие значения параметров забоя при необходимых условиях безопасности.

Определяем максимально возможную ширину заходки и высоту уступа шагающего экскаватора A по классической формуле, которая имеет следующий вид:

$$A_{max} = R_{ч.max} \cdot (\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2), \quad (1)$$

где

$R_{ч.max}$ - максимальный радиус черпания, м. Для ЭШ-14/50 и ЭШ-11/70 соответственно $R_{ч.max1} = 46,5 \text{ м}$; $R_{ч.max2} = 66,5 \text{ м}$.

φ_1, φ_2 – углы поворота экскаватора в сторону выработанного пространства и забоя, $30-45^\circ$. Принимаем $\varphi_1 = \varphi_2 = 45^\circ$.

$$A_{max2} = 46,5 \cdot (\sin 45^\circ + \sin 45^\circ) \approx 66 \text{ (м)}. \quad A_{max1} = 66,5 \cdot (\sin 45^\circ + \sin 45^\circ) \approx 94 \text{ (м)}.$$

На практике при разработке вскрышных пород Еристовского месторождения максимальная ширина заходки соответствует требованиям, представленным на рис. 1.

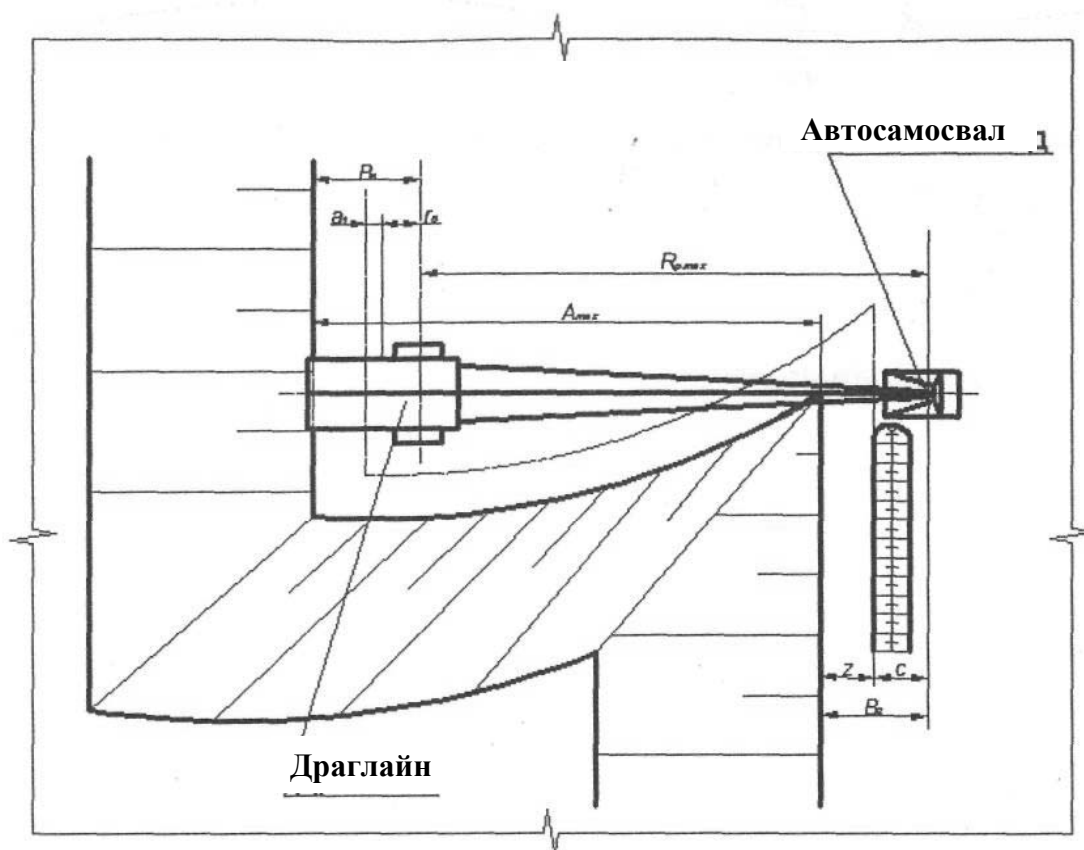


Рис. 1. Схема для определения максимальной ширины заходки драглайна при нижнем черпании и разгрузке на уровне стояния.

$$A_{max} \leq R_{p.max} + B_1 - B_2, \text{ м}, \quad (2)$$

где,

$R_{p.max}$ – максимальный радиус черпания, м. Для ЭШ-14/50 и ЭШ-11/70 с технической характеристикой $R_{p.max1} = R_{ч.max1} = 46,5$ м; $R_{p.max2} = R_{ч.max2} = 66,5$ м.

B_1, B_2 – безопасное расстояние от верхней бровки уступа до высоты экскаватора и до центра массы кузова автосамосвала соответственно, м.

$$B_1 = z + r_{\delta} + a_1, \quad (3)$$

$$B_2 = z + c_1 \quad (4)$$

где,

z – ширина призмы возможного обрушения, м.

r_{δ} – радиус базы драглайна, м. Для ЭШ-14/50 та ЭШ-11/70, $r_{\delta} = 5$ м.

a_1 – безопасное расстояние от верхней бровки устойчивого угла уступа до базы экскаватора, м. Принимаем $a_1 = 2$ м.

c_1 – безопасное расстояние от верхней бровки уступа до центра массы кузова автосамосвала (точки разгрузки ковша драглайна), м. Принимаем $c_1 = 7$ м.

$$z = H \cdot (\text{ctg } \alpha_{\gamma} - \text{ctg } \alpha) \quad (5)$$

где,

H – высота уступа, м. На Еристовском месторождении при работе драглайна ЭШ – 14/50 высота уступа приравнивается к 17 м. Принимаем $H = 17$ м.

α, α_{γ} – угол откоса и устойчивый угол откоса, град. Для условий Еристовского месторождения $\alpha = 30^{\circ}, \alpha_{\gamma} = 25^{\circ}$.

Подставив значение z из формулы (5) в значение величины r_{δ} в формулах (3,4), получаем:

$$\begin{aligned} B_1 &= H \cdot (\text{ctg } \alpha_{\gamma} - \text{ctg } \alpha) + 7, \text{ м} \\ B_2 &= H \cdot (\text{ctg } \alpha_{\gamma} - \text{ctg } \alpha) + 7, \text{ м} \end{aligned} \quad (6)$$

В нашем случае $B_1 = B_2$.

Тогда,

$$A_{max} \leq R_{p.max}, \text{ м}, \quad (7)$$

$$A_{max1} \leq 46,5 \text{ (м)},$$

$$A_{max2} \leq 66,5 \text{ (м)}$$

Принимаем $A_{max1} = 46$ м, $A_{max2} = 66$ м.

При разгрузке породы в автосамосвал, который находится ниже уровня стояния драглайна, последнему не надо преодолевать расстояние B_2 . Поэтому максимальная ширина заходки будет равняться:

$$A_{max} \leq R_{p.max} + B_1, \text{ м}, \quad (8)$$

$$A_{max1} \leq 46,5 + 17 \cdot (\cot 25^{\circ} - \cot 30^{\circ}) + 7 \leq 60,5 \text{ (м)};$$

$$A_{max2} \leq 66,5 + 17 \cdot (\cot 25^{\circ} - \cot 30^{\circ}) + 7 \leq 80,5 \text{ (м)}. \quad (9)$$

Принимаем $A_{max1} = 60$ м, $A_{max2} = 80$ м.

По технической характеристике драглайнов ЭШ–14/50 и ЭШ–11/70 максимальная высота черпания (что равняется максимальной высоте уступа) для них составляет $H_{ч.max1} = H_{max1} = 21$ м, $H_{ч.max2} = H_{max2} = 35$ м. Однако при условиях техники безопасности при разработке вскрышных пород Еристовского месторождения $H_{ч.max}$ также должна соответствовать ниже приведенным требованиям.

$$R_{ч.max} \geq H_{max} \cdot \cot \alpha + B_1, \text{ м} \quad (10)$$

При невыполнении данного условия экскаватор рискует сдвинуться с верхней площадки уступа из-за обвала породы, которая находится в зоне призмы возможного обрушения.

Заменив величину B_1 параметрами формулы (6) и превратив неравенство (10), получим:

$$\begin{aligned} R_{ч.max} &\geq H_{max} \cdot \text{ctg } \alpha_{\gamma} + 7, \text{ м} \\ H_{max} &\leq (R_{ч.max} - 7) / \text{ctg } \alpha_{\gamma}, \text{ м}, \end{aligned} \quad (11)$$

Для условий Еристовского карьера ($\alpha_\gamma = 25^\circ$).

$$H_{max1} \leq (46,5 - 7) / \operatorname{ctg} 25^\circ \leq 18,41 \text{ (м)}$$

$$H_{max2} \leq (66,5 - 7) / \operatorname{ctg} 25^\circ \leq 27,75 \text{ (м)}$$

Принимаем $H_{max1} = 18$ м, $H_{max2} = 27,5$ м.

На рис. 2 приведена схема для определения максимальной высоты уступа драглайна при нижнем черпании и разгрузке на уровне стояния.

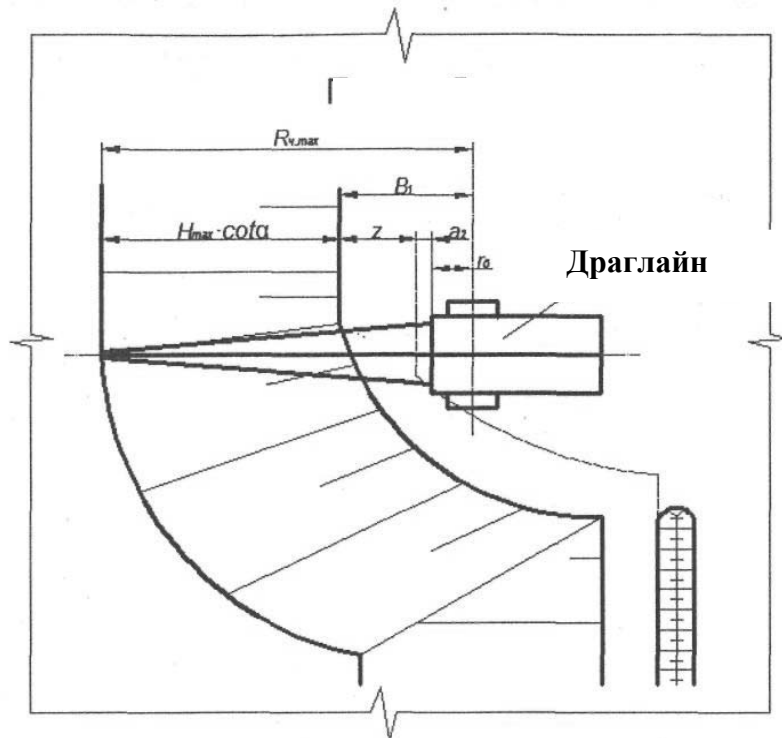


Рис. 2. Схема для определения максимальной высоты уступа драглайна при нижнем черпании и разгрузке на уровне стояния

При разгрузке в автосамосвал, который находится ниже уровня стояния экскаватора, должно также выполняться ниже следующее требование.

$$R_{p,max} \geq B_3 + H_{max} \cdot \operatorname{ctg} \alpha + z + l_{\text{дл.мин}} + a_2 + r_{\text{б}}, \text{ м}, \quad (12)$$

где,

B_3 – безопасное расстояние от нижней бровки забоя до центра массы кузова автосамосвала (точка разгрузки ковша драглайна), м.

$l_{\text{дл.мин}}$ – минимальная длина рабочего блока экскаватора, м. Принимаем $l_{\text{дл.мин}} = 1$ м.

a_2 – безопасное расстояние от мнимой верхней бровки устойчивого угла откоса уступа до базы шагающего экскаватора перед перемещением в новый блок, м. Принимаем $a_2 = 0,5$ м.

Превратив формулу (12), получим:

$$R_{p,max} \geq 10 + H_{max} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_\gamma + 1 + 0,5 + 5 \geq H_{max} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_\gamma + 16,5 \text{ м},$$

$$H_{max} \leq (R_{p,max} - 16,5) / \operatorname{ctg} \alpha_\gamma, \text{ м}, \quad (13)$$

$$H_{max1} \leq (46,5 - 16,5) / \operatorname{ctg} 25^\circ \leq 13,99 \text{ (м)};$$

$$H_{max2} \leq (66,5 - 16,5) / \operatorname{ctg} 25^\circ \leq 23,31 \text{ (м)}.$$

Принимаем $H_{max1} = 14$ м, $H_{max2} = 23$ м.

На рис. 3 приведена схема для определения максимальной высоты уступа драглайна при нижнем черпании и разгрузке ниже уровня его стояния.

На Еристовском месторождении драглайны ЭШ – 14/50 и ЭШ – 11/70 при проходе забоя

мягкой вскрыши работают нижним черпанием с разгрузкой в автосамосвал, который стоит на уровне или ниже уровня стояния драглайна. Высота уступа составляет $H=17\text{ м}$. Значение ширины заходки не регламентируется, тогда принимаем для ЭШ – 14/50, $A_1 = 30\text{ м}$, для ЭШ – 11/70, $A_2 = 50\text{ м}$

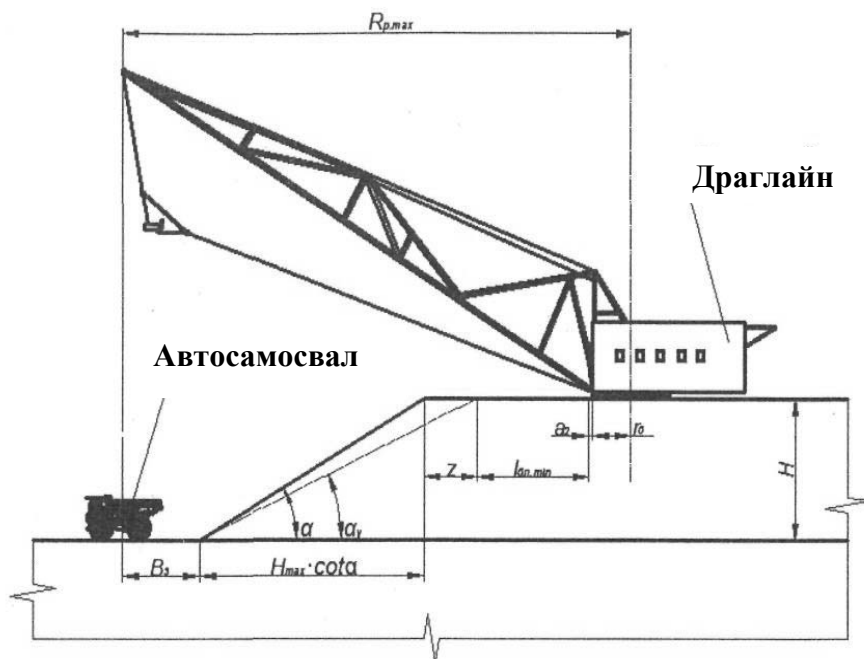


Рис. 3. Схема для определения максимальной высоты уступа драглайна при нижнем черпании и разгрузке ниже уровня его стояния.

Паспорта забоев экскаваторов, которые рассматриваются, представлены на рис. 4 и 5).

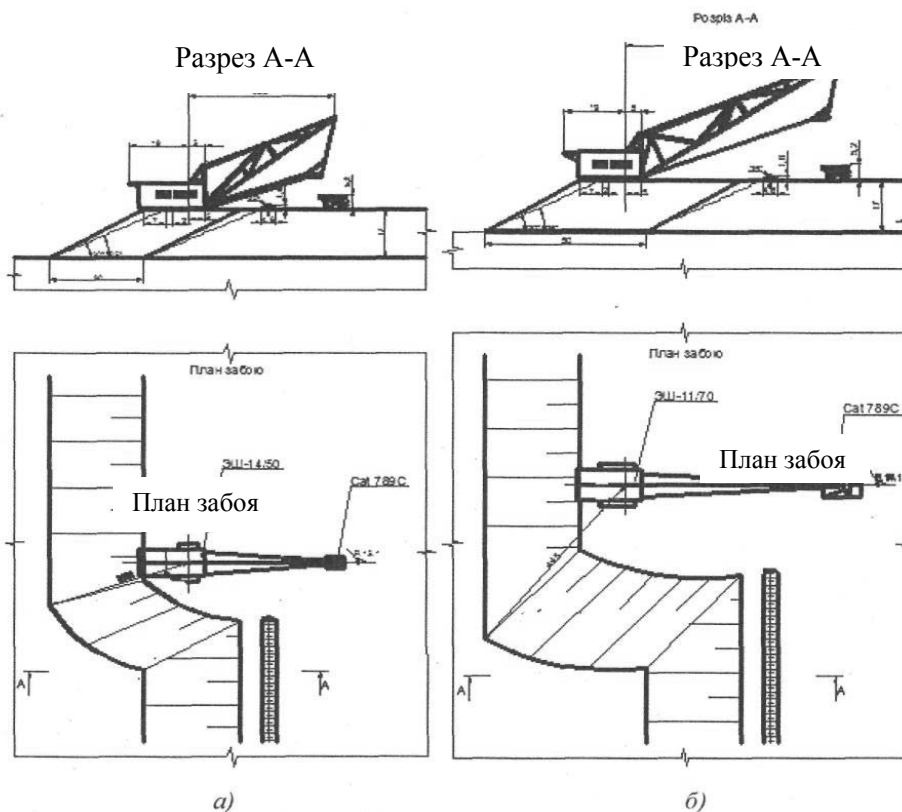


Рис. 4. Паспорт забоя экскаватора – драглайна при разработке мягких пород вскрыши и разгрузке в автосамосвал, который установлено на уровне его стояния: а) ЭШ – 14/50, б) ЭШ – 11/70.

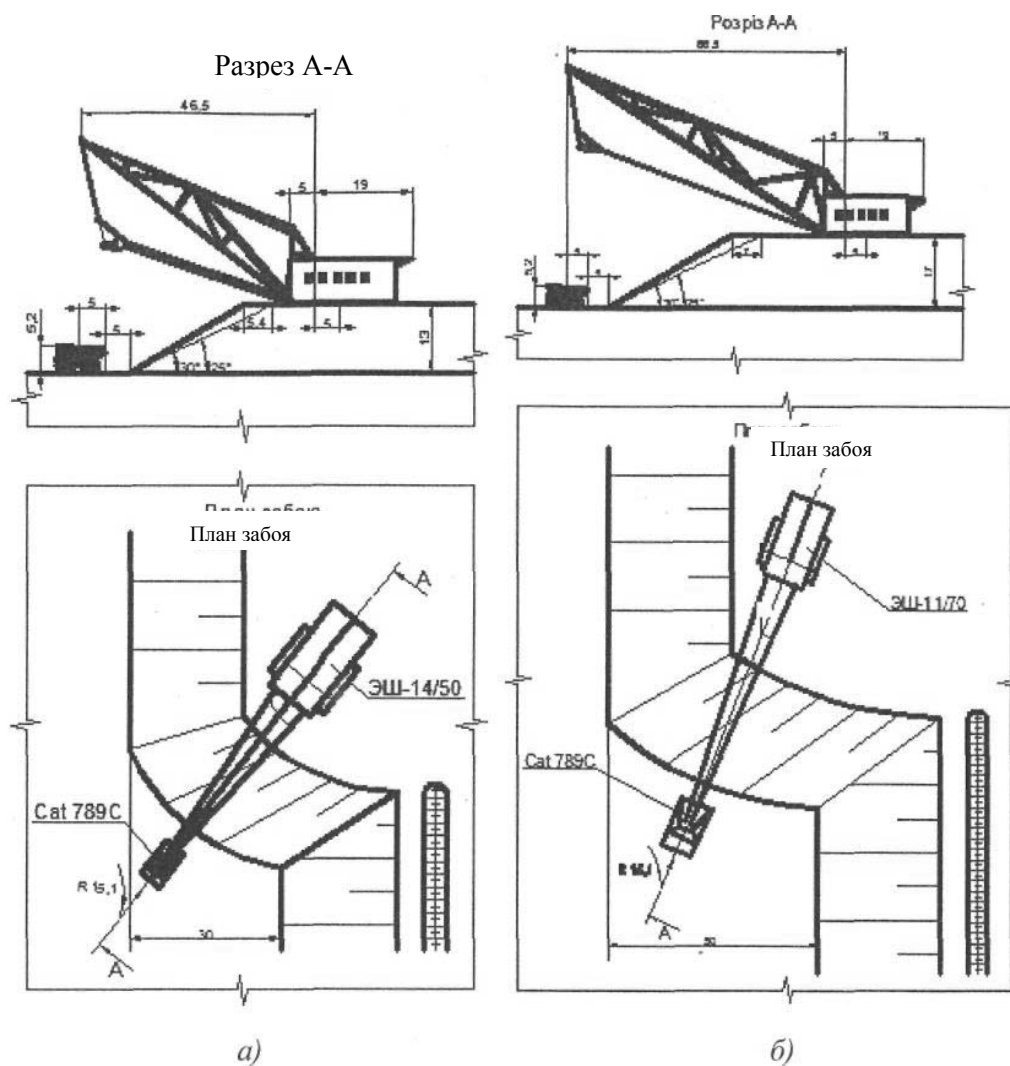


Рис. 5. Паспорт забоя экскаватора – драглайна при разработке мягких пород вскрыши и разгрузке в автосамосвал, который установлено ниже уровня его стояния: а) ЭШ – 14/50, б) ЭШ – 11/70.

Для сравнения эффективности работы двух схем при нижней разгрузке породы в автосамосвал и разгрузке на уровне стояния экскаватора, определяем годовую эксплуатационную производительность драглайнов по формуле:

$$Q_{э.г} = \frac{Q_{тех} \cdot K_{раз} \cdot K_{исп} \cdot (T_{с.м} - \Sigma T_{п.з} - \Sigma T_{р.л} - T_{л.п}) \cdot n_{см} \cdot N_{р.дн}}{60} \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (14)$$

где,

$Q_{тех}$ – часовая техническая продуктивность экскаватора, м³/год.

$$Q_{тех} = \frac{Q_m \cdot K_n \cdot K_3 \cdot K_{т.в} \cdot K_{н.п}}{K_p} \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (15)$$

где,

Q_m – часовая теоретическая продуктивность экскаватора, м³/год

$$Q_m = \frac{3600 \cdot E}{t_{ц}} \quad \text{м}^3/\text{год}, \quad (16)$$

K_n – коэффициент наполнения ковша. Для вскрышных пород Еристовского месторождения $K_n = 1,0 - 1,1$. Принимаем $K_n = 1,05$;

K_3 – коэффициент забоя, учитывающий влияние вспомогательных операций. $K_3 = 0,85 - 0,9$. Принимаем $K_3 = 0,88$;

$\kappa_{т.в}$ – коэффициент технологии выемки. $\kappa_{т.в} = 0,85$;
 $\kappa_{н.н}$ – коэффициент, учитывающий налипание породы в сложных гидрогеологических условиях Еристовского месторождения. $\kappa_{н.н} = 0,9$;
 κ_p – коэффициент разрыхления породы в ковше. Для вскрышных пород Еристовского месторождения $\kappa_p = 1,08 - 1,17$, принимаем $\kappa_p = 1,12$;
 $\kappa_{раз}$ – коэффициент разгрузки, учитывающий просыпи породы при разгрузке драглайна в автосамосвал вследствие особенностей конструкции ковша (обратный ковш), $\kappa_{раз} = 0,8$;
 $\kappa_{исп}$ – коэффициент использования экскаватора во времени по транспортным условиям, учитывающий время на обмен автосамосвалов, принимаем $\kappa_{исп} = 0,7$;
 $T_{см}$ – продолжительность смены, мин, $T_{см} = 480$ мин,
 $\Sigma T_{н.з}$ – суммарная продолжительность подготовительно – заключительных операций, мин. $\Sigma T_{н.з} = 20$ мин;
 $\Sigma T_{р.н}$ – суммарная продолжительность регламентированных перерывов, независимых от бригады, $\Sigma T_{р.н} = 30$ мин;
 $T_{л.н}$ – норматив времени на личные потребности машиниста экскаватора в смену, мин., $T_{л.н} = 10$ мин;
 $n_{см}$ – количество рабочих смен на день, смен, $n_{см} = 3$ смены;
 $N_{р.дн}$ – число рабочих дней на год. $N_{р.дн} = 300$ дней.
 Подставив значения Q_m и $Q_{тех}$ из формул (15) и (16) в формулу (14) получим:

$$Q_{э.э} = \frac{3600 \cdot E \cdot \kappa_n \cdot \kappa_z \cdot \kappa_{т.в} \cdot \kappa_{н.н} \cdot \kappa_{раз} \cdot \kappa_{исп} \cdot (T_{с.м} - \Sigma T_{н.з} - \Sigma T_{р.н} - T_{л.н}) \cdot n_{см} \cdot N_{р.дн}}{60} = \\
 = \frac{60 \cdot E \cdot \kappa_n \cdot \kappa_z \cdot \kappa_{т.в} \cdot \kappa_{н.н} \cdot \kappa_{раз} \cdot \kappa_{исп} \cdot (T_{с.м} - \Sigma T_{н.з} - \Sigma T_{р.н} - T_{л.н}) \cdot n_{см} \cdot N_{р.дн}}{\kappa_p \cdot t_{ц}} \cdot \text{м}^3/\text{Г} \quad (17)$$

Результаты расчетов по формуле 17 приведены в табл. 1, из которых видно, что производительность драглайнов в значительной степени зависит от места установки автосамосвала на погрузку. При погрузке автосамосвала на уровне стояния экскаватора угол поворота φ составляет в среднем 90° , а при погрузке ниже уровня стояния экскаватора угол φ равен 10° .

Значения годовой эксплуатационной производительности экскаватора $Q_{э.э}$ при изменении угла поворота φ_n

Таблица 1

Угол поворота φ_n , град.	Продолжительность цикла $t_{ц}$, с		Годовая эксплуатационная производительность $Q_{э.э}$, м ³ /год	
	ЭШ–14/50	ЭШ–11/70	ЭШ–14/50	ЭШ–11/70
10	28,4	28,5	3 954 563	3 094 284
20	33,5	33,5	3 345 941	2 629 918
30	37,9	37,7	2 963 404	2 335 893
40	41,7	41,5	2 688 999	2 123 943
50	45,3	45,0	2 478 099	1 960 453
60	48,6	48,2	2 308 787	1 828 827
70	51,7	51,3	2 168 667	1 719 643
80	54,7	54,2	2 050 057	1 627 040
90	57,6	57,0	1 947 883	1 547 137
100	60,4	59,7	1 858 626	1 477 235
110	63,1	62,3	1 779 752	1 415 386
120	65,7	64,8	1 709 381	1 360 142
130	68,2	67,3	1 646 080	1 310 398

Таким образом, при погрузке автосамосвалов ниже уровня стояния экскаватора угол его поворота под разгрузку уменьшается до 10 град., что значительно сокращает продолжительность рабочего цикла экскаватора, при этом возрастает его производительность. Например, годовая производительность драглайнов ЭШ–14/50 и ЭШ–11/70 при погрузке ниже их уровня стояния будет соответственно равна $3,95 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ и $3,1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. В другом случае, при погрузке автосамосвалов на уровне стояния экскаваторов и угле поворота $\varphi = 90^\circ$, производительность драглайнов уменьшается в два раза (см. табл. 1).

Список литературы

1. Домбровский Н. Г. Повышение производительности одноковшовых экскаваторов. – М.: Стройиздат, 1951. – 320 с.
2. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 509 с.
3. Егин Б. А., Щитов Д. И., Виноградская Т. В. Учёт влияния ширины заходки на производительность шагающих экскаваторов. Межвузовский сборник «Разработка угольных месторождений открытым способом». Выпуск 4. – Кемерово: Кузбасский политехнический институт, 1976. – с. 77-82.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ВОЗДУХА РАБОЧИХ ЗОН КАРЬЕРОВ ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Ю. Тыщук, "Научно-исследовательский институт безопасности труда и экологии в горнорудной и металлургической промышленности" ГВУЗ "Криворожский национальный университет", Украина

Рассмотрены способы борьбы с загрязняющими веществами, выделяющимися в карьерах при различных технологических процессах. Установлено, что наиболее эффективным для пылегазоподавления при массовых взрывах является способ с использованием твердой увлажненной забойки. Для борьбы с пылью при выемочно-погрузочных работах и дегазации разрыхленной горной массы необходимо предварительно ее увлажнять водным раствором углещелочного реагента.

Основными технологическими источниками загрязнения воздуха рабочих зон карьеров вредными примесями являются бурение взрывных скважин, массовые взрывы, выемочно-погрузочные работы.

Результаты исследований показывают, что при выполнении этих процессов масса выбросов пыли и вредных газов достигает сотен тонн за один год. Пылегазовые выбросы загрязняют воздух рабочих зон карьеров, что ухудшает санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих и ведет к росту числа профессиональных заболеваний органов дыхания у горнорабочих. Кроме того, часть пыли и вредных газов выносится за пределы карьерного пространства, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха на прилегающих территориях. Дальнейший рост производства, который наблюдается в последнее время, приводит к увеличению объема добычи горной массы, а соответственно, будет способствовать росту объемов выбросов загрязняющих веществ в воздух рабочих зон карьеров. В связи с этим решение проблемы пылегазоподавления в карьерах является важной и актуальной социально-экономической задачей, которая связана с выполнением отраслевой программы улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды.