УДК 622.271

Е.В. Злобина, В.Г. Проноза, М.А. Тюленев

К ВОПРОСУ ВЫБОРА МОДЕЛИ ДРАГЛАЙНА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КУЗБАССА

На Новоказанковском и Жерновском угольных месторождениях Ерунаковского геолого-экономического района Кузбасса в перспективе подлежат отработке по бестранспортной технологии пологие (4÷15º) рабочие пласты (от стратиграфически верхнего к нижнему: 91, 88-87, 86-84, 82, 81-80, 78, 73-71, 66, 64, 63, 62, 61-60-59, 58, 56, 52). Нормальная мощность пластов: от минимального – 2 м (рекомендуется ФГУ ГКЗ) до 16,7 м. Доля пластов мощностью 2÷5 м составляет 45%, 5÷11 м – 33%, более 11 м – 22%.

Высота породной толщи над угольным пластом из-за его пологого залегания может изменяться от 15÷20 м на выходах до 70÷80 м на конец отработки карьерного поля (при граничном коэффициенте вскрыши 6÷8 м^3/т). Это приводит к тому, что с каждой нарезаемой заходкой увеличивается высота бестранспортного уступа, и соответственно происходит изменение структуры и параметров бестранспортных схем экскавации.

При проектировании технологии решаются задачи по выбору модели шагающего драглайна и типовых схем экскавации. Их структура и параметры зависят от числа отсыпаемых ярусов отвала, что является следствием как высоты разрабатываемого уступа, так и величины рабочих параметров драглайна.

Поскольку при решении проектных задач широко используется метод вариантов, то для решения поставленных задач важным моментом является назначение обоснованного ряда вариантов для их технико-экономического сравнения.

В данной работе предлагается решение вопроса по обоснованию выбора вариантов с учетом следующих положений.

В настоящее время при бестранспортной технологии на разрезах Кузбасса применяют шагающие драглайны рабочей массой 650÷1740 т (ЭШ 10.70А, ЭШ 11.70, ЭШ 15.90Б, ЭШ 20.90), используемые на протяжении всего срока отработки карьерного поля (до 20-25 лет и более).

При проектировании разрезов на перспективных месторождениях необходимо будет заказывать новые экскаваторы с учетом некоторых требований: на основании мирового опыта необходимо подбирать модель шагающего драглайна по его рабочей массе соответственно горно-техническим условиям залежи и планируемой годовой производительности разреза по углю; в процессе эксплуатации для обеспечения рациональных технико-экономических показателей планировать изменение длины стрелы и вместимости ковша (опыт разрезов «Кедровский», «Красногорский» и др.). Изменение длины стрелы производят добавлением (снятием) секции.

Соответственно изменяется и вместимость ковша в соответствии с зависимостью [5, 6]:

$$G_э = K \cdot E^{0,65} \cdot L_{ст}^{1,65},$$

где $G_э$ – рабочая масса драглайна, т; E – вместимость ковша, м^3; $L_{ст}$ – длина стрелы, м; K – весовой коэффициент (К = 0,146).

Формула используется при конструировании драглайнов на ОАО «Уралмашзавод». Результаты, полученные по этой формуле, хорошо согласуются со статистическими данными отечественных и зарубежных шагающих экскаваторов с ковшом вместимостью до 40 м^3 и длиной стрелы до 100 м [6].

Условием заказа на завод-изготовитель планируемого экскаватора является необходимость наличия сменной секции стрелы и ковшей.

При разработке начальных заходок с небольшой высотой бестранспортного уступа можно работать с укороченной длиной стрелы и повышенной вместимостью ковша, что при годовом планировании дает возможность предусмотреть повышенные объемы годовой добычи.

По мере увеличения высоты бестранспортного уступа и на основе календарного плана можно будет увеличить длину стрелы, но уменьшить вместимость ковша. Таким способом можно регулировать высоту отрабатываемого бестранспортного уступа.

В данной работе исследовано влияние длины стрелы, в пределах рабочей массы драглайна, на высоту бестранспортного уступа.

В соответствии с методическими положениями высота бестранспортного уступа определяется как слой вскрышной породы, эквивалентный вместимости внутреннего отвала [2].

Высота и радиус разгрузки драглайна в зависимости от его рабочей массы определялись по статистическим моделям [7].

На основании опыта разрезов Кузбасса исследования проводились при условии отсыпки двух- и трехъярусных отвалов (рис. 1).

На схемах обозначено: А – ширина отвальной заходки, равная ширине бестранспортной вскрышной заходки (согласно работе [1] А = (0,42÷0,6)·$R_ч$, где $R_ч$ – радиус черпания драглайна; в расчетах принимаем А = 0,5·$R_ч$, м); $A_г$ – горизонтальная ширина отвальной заходки, м; φ – угол наклона основания отвала, численно равный углу залегания пласта, градус.; α_0 – устойчивый угол откоса породы в отвальных ярусах, градус.; h_φ –

понижение отвального слоя между двумя смежными заходками, м; Δ – ширина свободной емкости в верхней части отвального яруса, не заполняемая при его отсыпке с целью уменьшения угла поворота экскаватора на разгрузку [2], м; $Е_Δ$ – величина свободной емкости, м^2 (решение задачи в плоскости); $Н_{я1}$ – максимальная высота первого яруса по условию устойчивости ($Н_{я1}$ = 25 м по данным СФ ВНИМИ [3]); $Е_{я1}$ – вместимость первого яруса двух- и трехъярусного отвала, м^2; $Н_{отк.1}$ – высота откоса первого яруса [4] (на практике до 30 м); $Н_{я2}$, $Н_{я3}$ – высота второго и третьего ярусов (в расчетах $Н_{я1} = Н_{я3} = Н_р$, где $Н_р$ – высота разгрузки драглайна, м); $Б_{1-2}$ – ширина бермы между верхней бровкой первого яруса и нижней бровкой второго яруса при двухъярусном отвалообразовании, м; $Б_3$ – то же, при трехъярусном отвалообразовании (на практике 5÷15 м, в расчетах $Б_3$ = 10 м); $Б_{2-3}$ – ширина бермы между верхней бровкой второго яруса и нижней бровкой третьего яруса, м; $S_{пр.1}$ – объем, занимаемый во втором ярусе породой, отсыпанной при формировании первого яруса предыдущей отвальной заходки, м^2; $S_{пр.2}$ – объем, вырезаемый из постоянного отвала в контурах второго яруса и переваливаемый в третий ярус, м^2; $γ_г$ – общий (генеральный) угол откоса внутреннего отвала (принимается согласно рекомендациям СФ ВНИМИ, приведенным в табл. 1).

В табл. 2 приведены расчетные формулы для определения высоты бестранспортного уступа при отсыпке двухъярусного отвала ($Н_{02}$) и трехъярусного ($Н_{03}$). Результаты расчетов см в табл. 3

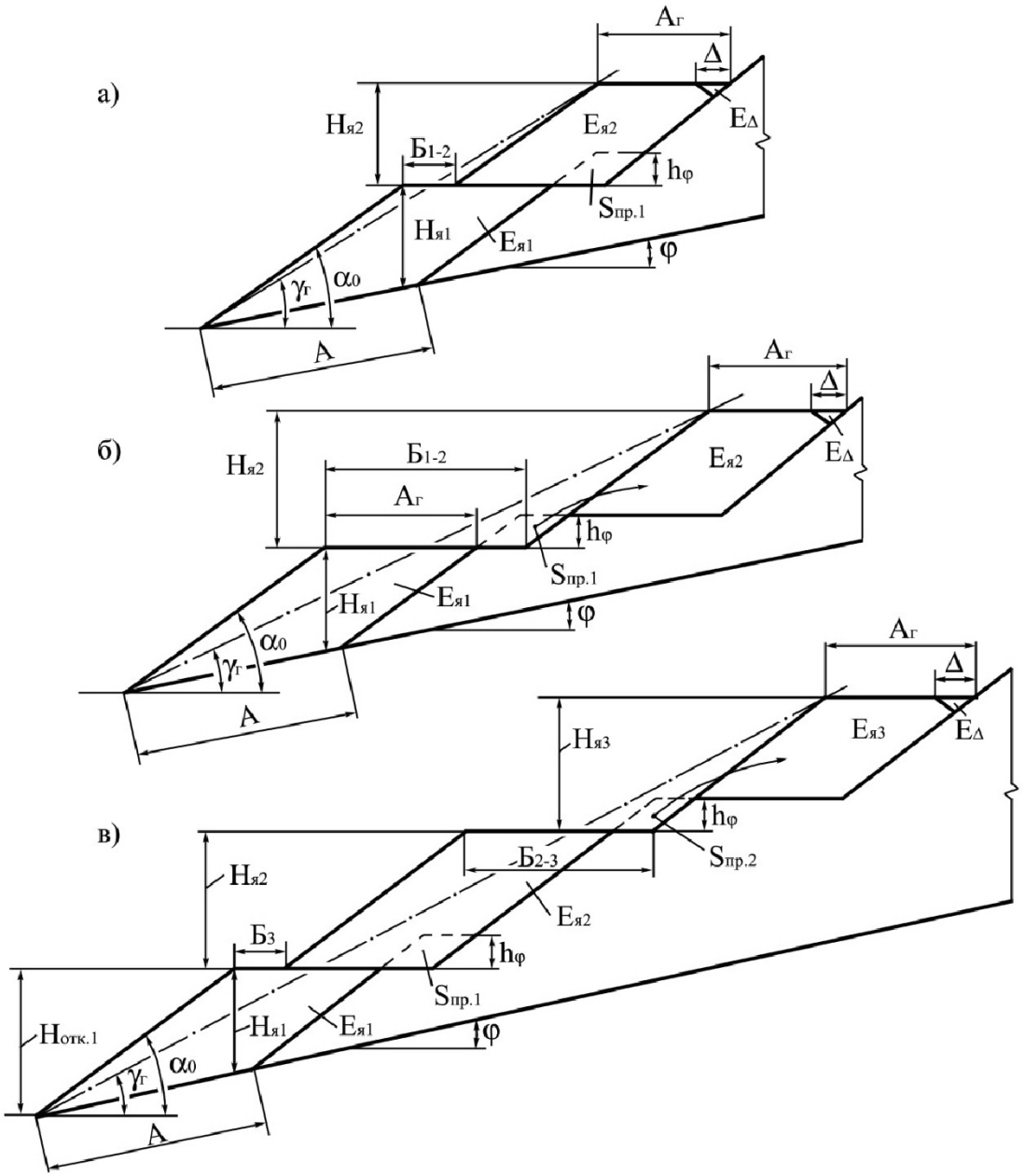

Рис.1. Структура и параметры внутренних отвалов: а – двухъярусный при $Б_{1-2} < А_г$; б – то же, при $Б_{1-2} ≥ А_г$; в – трехъярусный.

Таблица 1. Значения генерального угла откоса отвалов

φ, градус	Высота откоса отвала (H_0), м			
	30÷40	41÷50	51÷60	61÷70
4÷6	32	31	30	29
7÷9	31	30	29	28
10÷12	27	26	25	24

Таблица 2. Формулы расчета параметров внутренних двух- и трехъярусных отвалов

Общие параметры для всех ярусов отвала
$A_г = A \cdot \frac{\sin(\alpha_0 - \varphi)}{\sin \alpha_0}$; $h_\varphi = A \cdot \sin\varphi$; $\Delta = 0,25 \cdot A_г$; $E_\Delta = 0,25 \cdot \Delta^2 \cdot \operatorname{tg}\alpha_0$.
Вместимость и эквивалентная мощность породного слоя в массиве от первого яруса в двух- и трехъярусном отвале
$E_{я1} = A_г \cdot \left(\left(\frac{H_{я1}}{1 - \operatorname{ctg}\alpha_0 \cdot \operatorname{tg}\varphi} \right) - 0,5 \cdot A \cdot \sin\varphi \right)$; $H_{я1} = \frac{E_{я1}}{A \cdot K_p}$.
Двухъярусный отвал
а) вместимость 2-го яруса двухъярусного отвала (при $H_{я2} = H_р$)
$Б_{1-2} = (H_{отк.1} + H_{я2}) \cdot (\operatorname{ctg}\gamma_г - \operatorname{ctg}\alpha_0)$.
При $Б_{1-2} < A_г$: $S_{пр.1} = h_\varphi \cdot Б_{1-2}$; $E_{я2} = A_г \cdot H_р - S_{пр.1} - E_\Delta$;
При $Б_{1-2} \geq A_г$: $S_{пр.1} = h_\varphi \cdot (Б_{1-2} - A_г)$; $E_{я2} = A_г \cdot (H_р - h_\varphi) - S_{пр.1} - E_\Delta$; $H_{я2} = \frac{E_{я2}}{A \cdot K_p}$.
б) то же, всего двухъярусного отвала $E_{02} = E_{я1} + E_{я2}$; $H_{02} = \frac{E_{02}}{A \cdot K_p}$.
Трехъярусный отвал
а) Вместимость 2-го яруса трехъярусного отвала
$S_{пр} = h_\varphi \cdot Б_3$; $E_{я2} = A_г \cdot H_р - S_{пр}$; $H_{я2} = \frac{E_{я2}}{A \cdot K_p}$.
б) Вместимость 3-го яруса
$H_{отк.1} = \frac{H_{я1}}{1 - \operatorname{ctg}\alpha_0 \cdot \operatorname{tg}\varphi}$; $Б_{2-3} = (H_{отк.1} + H_{я2} + H_{я3}) \cdot (\operatorname{ctg}\gamma_г - \operatorname{ctg}\alpha_0) - Б_3$;
$S_{пр.2} = h_\varphi \cdot (Б_{2-3} - A_г)$; $E_{я3} = A_г \cdot (H_р - h_\varphi) - S_{пр.2} - E_\Delta$; $H_{я3} = \frac{E_{я3}}{A \cdot K_p}$.
в) Всего трехъярусного отвала $E_{03} = E_{я1} + E_{я2} + E_{я3}$; $H_{03} = \frac{E_{03}}{A \cdot K_p}$.

.Как показывают расчеты, высота бестранспортного уступа существенно зависит от четырех факторов: числа отсыпаемых отвальных ярусов; угла наклона основания отвала; рабочей массы драглайна, применяемого на отсыпке отвала; длины стрелы моделей драглайна в пределах одной рабочей массы.

Данные табл. 3 позволяют при проектировании обосновать варианты схем экскавации во взаимосвязи с рабочей массой драглайна и его моделями для технико-экономического анализа.

Таблица 3 Значения высот бестранспортных уступов при отсыпке двух- и трехъярусных отвалов моделями драглайнов различной рабочей массы ($G_э$) и разных углах наклона основания отвала (φ)

φ, градус	$G_э$ = 550 т	H_{02}, м	H_{03}, м	$G_э$ = 750 т	H_{02}, м	H_{03}, м	$G_э$ = 850 т	H_{02}, м	H_{03}, м
4	ЭШ 8,7.67 $R_р$ = 60 м $H_р$ = 26,5 м A = 30 м	34,0	50,0	ЭШ 13,8.66,1 $R_р$ = 60 м $H_р$ = 25 м A = 30 м	33,1	47,9	ЭШ 16,5.65,6 $R_р$ = 60 м $H_р$ = 24,4 м A = 30 м	32,7	47,1
6		31,8	45,7		31,0	44,1		30,8	43,5
8		29,3	41,1		28,6	39,3		28,4	39,1
10		26,5	36,1		25,9	34,8		25,7	34,3
12		23,1	30,5		21,6	28,3		22,6	29,0
4	ЭШ 7,2.67,5 $R_р$ = 60,5 м $H_р$ = 27,3 м A = 30,2 м	34,6	50,9	ЭШ 11,4.68 $R_р$ = 61,6 м $H_р$ = 26,7 м A = 30,8 м	34,1	50,0	ЭШ 13,7.68,2 $R_р$ = 62,2 м $H_р$ = 26,4 м A = 31,1 м	33,9	49,6
6		32,3	46,6		31,9	45,9		31,9	45,8
8		29,8	42,0		29,5	41,4		29,3	41,1
10		27,0	37,0		26,6	36,3		26,5	36,6
12		23,4	31,0		23,2	30,5		23,0	30,1
4	ЭШ 5,7.74 $R_р$ = 65,9 м $H_р$ = 31,3 м A = 32,9 м	36,7	55,4	ЭШ 9.74,6 $R_р$ = 67,1 м $H_р$ = 30,8 м A = 33,5 м	36,6	55,1	ЭШ 10,9.74,6 $R_р$ = 67,5 м $H_р$ = 30,4 м A = 33,7 м	36,4	54,5
6		34,4	51,0		34,0	50,2		33,9	49,9
8		31,5	45,7		31,3	45,2		30,8	44,4
10		28,2	39,9		28,0	39,3		27,8	38,9
12		24,2	33,3		24,0	32,5		23,9	32,4
4	ЭШ 4,2.83,5 $R_р$ = 73,7 м $H_р$ = 36,8 м A = 36,9 м	40,2	62,3	ЭШ 6,7.83,8 $R_р$ = 74,7 м $H_р$ = 36,3 м A = 37,4 м	39,8	61,6	ЭШ 8.84,3 $R_р$ = 75,5 м $H_р$ = 36,3 м A = 37,8 м	39,8	61,6
6		37,0	56,5		36,8	56,1		36,7	55,9
8		33,8	50,8		33,6	50,1		33,3	49,8
10		29,8	43,6		29,6	43,2		29,6	43,3
12		25,2	36,0		25,0	35,4		25,2	35,9
4	ЭШ 2,7.100 $R_р$ = 87,4 м $H_р$ = 46,1 м A = 43,7 м	45,5	73,4	ЭШ 4,3.100 $R_р$ = 88,2 м $H_р$ = 45,6 м A = 44,1 м	45,2	72,7	ЭШ 5,2.100 $R_р$ = 88,5 м $H_р$ = 45,3 м A = 44,3 м	44,9	72,2
6		41,6	66,3		41,3	65,7		41,1	65,3
8		37,2	58,5		37,4	58,6		36,9	57,8
10		32,1	50,1		32,0	49,3		32,0	49,4
12		26,4	40,5		26,3	39,8		26,2	39,9
4	ЭШ 25,4.64,3 $R_р$ = 60 м $H_р$ = 22,8 м A = 30 м	31,7	45,2	ЭШ 35,2.62,9 $R_р$ = 60 м $H_р$ = 21,4 м A = 30 м	30,8	43,4	ЭШ 50,7.60,9 $R_р$ = 60 м $H_р$ = 19,7 м A = 30 м	29,7	41,2
6		29,8	41,6		29,0	40,0		28,0	38,1
8		27,6	37,5		26,9	36,2		26,0	34,4
10		25,1	33,1		24,5	31,9		23,8	30,5
12		22,1	28,0		21,7	27,1		21,1	25,9
4	ЭШ 21,1.69,1	33,7	49,2	ЭШ 29,4.69,8	33,4	48,7	ЭШ 42,5.71,1	31,9	47,2

6	$R_р$ = 64 м $H_р$ = 26 м A = 32 м	31,6	45,2	$R_р$ = 65,7 м $H_р$ = 25,7 м A = 32,8 м	31,9	45,3	$R_р$ = 68,4 м $H_р$ = 25,8 м A = 34,3 м	29,0	42,4
8		29,1	40,6		28,6	40,0		28,9	40,3
10		26,2	35,5		26,1	35,3		25,9	35,1
12		22,9	29,8		22,8	29,7		22,7	29,7
4	ЭШ 16,8.75.6 $R_р$ = 69,4 м $H_р$ = 30,2 м A = 34,7 м	36,3	54,4	ЭШ 23,5.76,2 $R_р$ = 65,7 м $H_р$ = 25,7 м A = 32,8 м	37,7	55,5	ЭШ 34,3.77,4 $R_р$ = 73,6 м $H_р$ = 30 м A = 36,8 м	34,3	52,2
6		33,7	49,7		33,5	49,3		31,2	47,0
8		30,8	44,4		30,6	43,9		30,8	44,3
10		27,7	38,7		27,6	38,5		27,5	38,4
12		24,0	32,3		23,7	31,9		23,7	32,0
4	ЭШ 12,6.84,7 $R_р$ = 76,9 м $H_р$ = 35,8 м A = 38,5 м	39,5	60,9	ЭШ 17,6.85,4 $R_р$ = 78,7 м $H_р$ = 35,7 м A = 39,3 м	39,5	60,9	ЭШ 26,1.86,2 $R_р$ = 80,9 м $H_р$ = 35,7 м A = 40,5 м	37,5	58,9
6		36,6	55,6		36,5	55,4		36,4	55,3
8		33,2	49,4		33,1	49,2		33,1	49,4
10		29,3	42,6		29,3	42,6		29,3	42,7
12		24,9	35,1		24,8	35,1		24,9	35,3
4	ЭШ 8,3.100 $R_р$ = 89,7 м $H_р$ = 44,8 м A = 44,8 м	44,6	71,6	ЭШ 11,8.100 $R_р$ = 90,8 м $H_р$ = 44,5 м A = 45,4 м	44,3	71,0	ЭШ 17,9.100 $R_р$ = 92,4 м $H_р$ = 44,2 м A = 46,2 м	44,2	70,8
6		40,9	64,9		40,8	64,6		40,4	64,0
8		36,6	57,3		36,5	57,0		36,2	56,6
10		31,7	48,8		31,9	49,0		31,5	48,5
12		26,3	39,7		26,5	39,8		25,7	39,1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. – М., Недра, 1982. – 405 с.

2. *Гвоздкова, Т.Н.* Структуры бестранспортных схем разработки свит из трех пологих пластов / Т.Н. Гвоздкова // Вестник КузГТУ. – 2006. – №3. – С. 42-48.

3. *Костин, Е.В., Хашин, В.Н*. Отчет Сибирского филиала ВНИМИ по работе 020203 (этап 0200) «Разработать рекомендации по параметрам устойчивых бортов и отвалов на разрезах производственного объединения «Кемеровоуголь»». – Прокопьевск, 1975. (Фонды СФ ВНИМИ, г. Прокопьевск).

4. *Винницкий, К.Е*. Управление устойчивостью внутренних отвалов разрезов / К.Е. Винницкий, О.И. Шушкина, Э.И. Реентович: – Обзор ЦНИЭИуголь. – М., 1984. – 48 с.

5. *Винокурский, Х.А.* Строительные конструкции в тяжелом машиностроении / Х.А. Винокурский // Свердловск. Урало-Сибирское отделение Машгиз, 1960.

6. Горное оборудование Уралмашзавода / Колл. авт. Ответственный редактор-составитель Г.Х. Бойко. – Екатеринбург: Уральский рабочий. – 2003. – 240 с.

7. *Злобина, Е.В.* Статистические модели определения рабочих параметров шагающих экскаваторов / Е.В. Злобина // Вестник КузГТУ. – 2010. – №5. – С. 90-92.

□Авторы статьи:

Злобина
Елена Владимировна ,
аспирант,

Проноза
Владимир Григорьевич,
докт.техн.наук, проф. каф. открытых горных работ, КузГТУ.
. E-mail: pvg.rmpio@kuzstu.ru

Тюленев
Максим Анатольевич,
канд. техн. наук, доцент . каф. открытых горных работ, КузГТУ.
E-mail: tma.geolog@kuzstu.ru