

**Н.П. Сеинов, Ю.П. Самородов,
С.А. Сушенкова, Л.С. Ким**

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВСКРЫШНЫХ
РАБОТ С ВЫСОТОЙ ОТРАБАТЫВАЕМЫХ
УСТУПОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ НОВЫХ
ВЬЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫХ МАШИН**

Повышение высоты вскрышных уступов при колесных видах транспорта основывается на создании выемочно-погрузочных машин с рабочими параметрами, обеспечивающими безопасную отработку таких уступов. При железнодорожном транспорте такие решения привели к созданию и применению для отработки уступов высотой до 20 м экскаваторов с удлиненным рабочим оборудованием типа ЭКГ-12ус (на базе ЭКГ-15) для погрузки на уровне установки, имеющих максимальную высоту черпания 22 м. Перспективной моделью для таких схем является экскаватор ЭКГ-16ус с высотой черпания около 22 м и ковшем емкостью 16 м³.

В технологических схемах с использованием крупных экскаваторно-автомобильных комплексов повышение высоты уступов в 1,3-2 раза можно достигнуть путем увеличения как единичной мощности выемочно-погрузочных машин, так и их рабочих параметров. В частности, конструкторские проработки, проведенные АО "Ижорские заводы" на стадии разработки технического проекта, показали возможность создания карьерного экскаватора с ковшем емкостью 30 м³ и высотой черпания 20,7 м, что обеспечивает безопасную отработку уступов высотой 20 м. Новые возможности по повышению высоты уступов (до 30 м) появляются в результате реализации предложений ИГД им. А.А. Скочинского и ИПКОН РАН по созданию на базе драглайнов экскаваторов нового типа - кранлайнов, обеспечивающих отработку уступов нижним черпанием с погрузкой в автосамосвалы.

Повышение высоты уступа благоприятно отражается на показателях всех технологических процессов: буровзрывных работах, выемочно-погрузочных, транспортировании. Дополнительная экономия в годовых эксплуатационных расходах, в том числе и на отвалообразовании, обеспечивается за счет увеличения угла откоса

Рис. Схема к определению показателей вскрышных работ в зависимости от угла откоса рабочего борта

рабочего борта и сокращения благодаря этому текущего коэффициента вскрыши.

Повышение высоты уступа позволяет получить новое положение рабочего борта, определяемое углом его откоса $\gamma_{рн}$ (рисунок). В период перестройки рабочего борта, связанного с переходом его из базового положения, определяемого углом откоса $\gamma_{рб}$, в новое положение, происходит снижение объемов вскрышных работ. В расчете на 1 пог. м длины фронта работ это снижение по всей высоте рабочего борта, обозначенное как $\Delta V_{вз}$, соответствует заштрихованной площади на рисунке.

Для определения эффективности применения экскаватора нового типа, обеспечивающего отработку вскрыши более высокими уступами, производится расчет годового снижения объемов вскрыши в расчете на экскаватор $\Delta V_{вз}$ в

период перестройки рабочего борта. Этот показатель определяет дополнительную экономию в годовых эксплуатационных затратах от увеличения высоты уступов и угла откоса рабочего борта. От него зависит годовая экономия в затратах $\Theta = \Delta C_б \cdot \Delta V_{вз}$, где $\Delta C_б$ - себестоимость 1 м³ вскрыши в базовом варианте.

Исходными горно-техническими данными для определения показателей вскрышных работ в зависимости от высоты уступа в период перестройки рабочего борта являются: номинальная мощность пласта полезного ископаемого, $m_{пл}$, м; угол падения пласта, $\beta_{пл}$, градусы; годовое подвигание фронта работ по угольному пласту (по падению), $\beta_{уг}$, м;

плотность угля, γ_y , т/м³; коэффициент, учитывающий потери угля, $K_{пот}$; мощность вскрыши, $H_{в}$, м.

Подвигание фронта вскрышных работ в новом варианте за период перестройки рабочего борта, соответствующее разнице в углах откоса рабочего борта в базовом $\gamma_{рб}$ и новом $\gamma_{рн}$ вариантах составит

$$B_{ВН} = H_{в} (ctg \gamma_{рб} - ctg \gamma_{рн}). \quad (1)$$

Подвигание фронта по угольному пласту (по падению)

$$B_y = \frac{B_{ВН} \cdot \sin \gamma_{рн}}{\sin(\gamma_{рн} + \beta_{пл})}. \quad (2)$$

Период перестройки борта

$$T = \frac{B_y}{B_{yT}}. \quad (3)$$

Углубление горных работ по пласту

$$V_{II} = B_y \sin \beta_{III}. \quad (4)$$

Подвигание фронта вскрышных работ в базовом варианте

$$B_{B6} = B_{BH} + V_{II}(ctg \gamma_{p6} - ctg \gamma_{pH}). \quad (5)$$

Объем вскрыши на 1 пог.м длины рабочего борта :
базовый вариант

$$V_{B6} = B_{B6}(H_B + 0,5V_{II}), \quad (6)$$

новый вариант

$$V_{BH} = 0,5B_{BH}(H_B + V_{II}). \quad (7)$$

Снижение объема вскрыши на 1 пог.м длины рабочего борта

$$\Delta V_v = V_{B6} - V_{BH}. \quad (8)$$

Объем вскрыши на длине экскаваторного фронта $L_{фэ}$ по всей высоте рабочего борта:

базовый вариант

$$V_{эб} = V_{B6}L_{фэ}, \quad (9)$$

новый вариант

$$V_{эH} = V_{BH}L_{фэ}. \quad (10)$$

Объем вскрываемого угля на 1 пог. м фронта работ

$$V_D = B_y m_{III} K_{ПОГ}. \quad (11)$$

Объем вскрываемого угля на длине экскаваторного фронта

$$V_{Дэ} = V_D L_{фэ} \gamma_y. \quad (12)$$

Коэффициент вскрыши:
базовый вариант

$$K_{ТВH} = \frac{V_{эб}}{V_{Дэ}}, \quad (13)$$

новый вариант

$$K_{ТВH} = \frac{V_{эH}}{V_{Дэ}}. \quad (14)$$

Разница в коэффициентах вскрыши

$$\Delta K_{ТВ} = K_{ТВ6} - K_{ТВ}. \quad (15)$$

Годовой объем вскрываемого экскаватором угля

$$V_{yэ} = \frac{Q_{Гэ}^H}{K_{ТВH}}, \quad (16)$$

где $Q_{Гэ}^H$ – годовая производительность экскаватора в новом варианте, млн. м³/год

Годовое снижение объемов вскрыши в расчете на экскаватор

$$\Delta V_{Bэ} = V_{yэ} \Delta K_{ТВ}. \quad (17)$$

Результаты расчетов показателей вскрышных работ для базового варианта с высотой уступа 15 м и новых вариантов с высотой уступов 20 и 30 м приведены в табл. 1. В качестве исходных для расчетов, приняты условия разреза "Нерюнгринский": $m_{III} = 27$ м, $\beta_{III} = 7^0$, $b_{yT} = 60$ м, $\gamma_y = 1,35$ т/м³. За основу принята схема с тупиковым заездом автосамосвалов, которая позволяет уменьшить ширину рабочих площадок на уступах. Углы откоса рабочего борта рассчитаны из условия, что рабочие площадки устраиваются на каждом уступе на всем протяжении фронта.

С увеличением ширины рабочей площадки уменьшается подвигание фронта вскрышных работ за период перестройки рабочего борта. При ширине рабочей площадки 49, 60 и 64 м оно составляет 352, 314 и 283 м. При увеличении ширины рабочей площадки в новом варианте изменяются в сторону уменьшения показатели базового варианта. Это связано с тем, что подвигание фронта вскрышных работ в базовом варианте V_{B6} , подвигание фронта по угольному пласту V_y и углубление горных работ по пласту V_{II} зависят от угла откоса рабочего борта в новом варианте. Величины этих показателей и других уменьшаются с увеличением ширины рабочей площадки в новом варианте. В том числе уменьшается и результирующий показатель - годовое снижение объемов вскрыши в расчете на экскаватор $\Delta V_{Bэ}$. При ширине рабочей площадки в новом варианте (с высотой уступа 30 м) 60 и 64 м годовое снижение объемов вскрыши в расчете на один экскаватор $\Delta V_{Bэ}$ в период перестройки рабочего борта составляет соответственно 3,97 и 3,84 млн.м³ в год.

В определенных горно-технических условиях, характеризующихся величинами m_{III} , β_{III} , β_{yT} и заданных высотах уступов (в базовом и новом вариантах) при установлении показателя $\Delta V_{Bэ}$ в качестве исходных принимаются значения мощности вскрыши H_B , длины фронта работ в расчете на экскаватор $L_{фэ}$ и годовая производительность экскаватора $Q_{Гэ}$. Эти показатели могут быть различными при одних и тех же горно-технических условиях, характеризующихся указанными выше параметрами.

В качестве основного варианта на основе анализа данных по разрезу "Нерюнгринский" приняты: длина фронта уступа на экскаватор $L_{фэ}$, равная 3 км, мощность вскрыши $H_B = 250$ м, расчетная годовая производительность экскаваторов в базовом и новых вариантах (см. табл. 1). Влияние изменения этих параметров на величину результирующего показателя $\Delta V_{Bэ}$ показано в табл. 2 в варианте увеличения высоты уступа с 15 до 30 м.

При определенной мощности вскрыши H_B в первую очередь переменным параметром может являться длина экскаваторного фронта $L_{фэ}$ на уступе. Как видно из табл. 1, многие показатели вскрышных работ не зависят от этого параметра. Изменения начинаются с показателя, характеризующего объема вскрыши на длине экскаваторного фронта по всей высоте рабочего борта V_3 . Этот показатель с уменьшением длины экскаваторного фронта уменьшается соответственно. Снижается соответственно и объем вскрываемого угля $V_{Дэ}$ в расчете на длину экскаваторного фронта. Такие же показатели как коэффициент вскрыши, разница в коэффициентах вскрыши, годовой объем вскрываемого экскаватором угля $V_{yэ}$ остаются неизменными. Остается неизменным и снижение годового объема вскрыши в расчете на экскаватор $\Delta V_{Bэ}$. Таким образом, этот результирующий показатель не зависит от длины экскаваторного фронта.

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛИ ВСКРЫШНЫХ РАБОТ

Наименование показателей	Величина показателей по вариантам			
	базовый-1	новый-1	базовый-2	новый-2
Высота вскрышного уступа, H_v , м	15	20	15	30
Ширина рабочей площадки, $Ш_{рп}$, м	49	54	49	60
Угол откоса рабочего борта разреза, γ_p , градусы	15,8	18,6	15,8	23,7
Мощность вскрыши, H_b , м	250			
Подвигание фронта вскрышных работ за период перестройки рабочего борта, V_b , м	148	140,7	352	314
Подвигание фронта по угольному пласту (по падению), V_v , м	103,9		247	
Период перестройки борта, T , лет	1,73		4,12	
Углубление горных работ (по пласту) за период перестройки рабочего борта, U_p , м	12,7		30,1	
Длина фронта работ на экскаватор, $L_{фэ}$, км	3,0		3,0	
Объем вскрыши на 1 пог.м длины рабочего борта, V_v , тыс. м ³ /м	37,9	18,5	93,3	43,9
Снижение объема вскрыши на 1 пог.м длины рабочего борта, ΔV_v , тыс.м ³ /м	—	19,4	—	49,4
Объем вскрыши на длине экскаваторного фронта по всей высоте рабочего борта, V_v , млн.м ³	113,8	55,4	279,9	131,9
Объем вскрываемого угля на 1 пог.м фронта работ, м ³ /м	2629		6249	
Объем вскрываемого угля на длине экскаваторного фронта за период перестройки рабочего борта, $V_{дэ}$, млн.т	10,6		25,3	
Коэффициент вскрыши, $K_{тв}$, м ³ /т	10,7	5,2	11,1	5,2
Разница в коэффициентах вскрыши, $\Delta K_{тв}$, м ³ /т	—	5,5	—	5,9
Годовая производительность экскаватора, $Q_{гэ}$, млн.м ³ /год	3,5	5,6	3,5	3,5
Годовой объем вскрываемого угля экскаватором, $V_{уэ}$, тыс.т / год	—	1077	—	673
Снижение объемов вскрыши в расчете на экскаватор, $\Delta V_{вэ}$, млн.м ³ /год	—	5,92	—	3,97

Таблица 2

СНИЖЕНИЕ ГОДОВОГО ОБЪЕМА ВСКРЫШИ В РАСЧЕТЕ НА ЭКСКАВАТОР, $\Delta V_{вэ}$

а - в зависимости от длины экскаваторного фронта, $L_{фэ}$ (при $H_b=250$ м, $Q_{гэ}=3,5$ млн.м ³)					
$L_{фэ}$, км	1,0	1,5	2,0	3,0	
$\Delta K_{тв}$, т/м ³	5,85	5,85	5,85	5,9	
$V_{уэ}$, тыс.т	672	672	672	673	
$\Delta V_{вэ}$, млн.м ³	3,93	3,93	3,93	3,97	
б - в зависимости от мощности вскрыши, H_b (при $L_{фэ} = 3,0$ км, $Q_{гэ} = 3,5$ млн.м ³)					
H_b , м	100	150	200	250	
$\Delta K_{тв}$, т/м ³	2,34	3,50	4,67	5,90	
$V_{уэ}$, тыс.т/год	1680	1120	840	673	
$\Delta V_{вэ}$, млн.м ³	3,92	3,92	3,93	3,97	
в - в зависимости от годовой производительности экскаватора, $Q_{гэ}$ (при $H_b=250$ м, $L_{фэ}=3,0$ км)					
$Q_{гэ}$, млн.м ³	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
$V_{уэ}$, тыс.т/год	537	577	615	654	692
$\Delta V_{вэ}$, млн.м ³	3,14	3,37	3,60	3,82	4,05

Не является стабильным и такой исходный параметр как мощность вскрыши H_v . С уменьшением мощности вскрыши сокращаются такие показатели как подвигание фронта вскрышных работ в базовом и новом вариантах, подвигание фронта по угольному пласту, углубление горных работ, длительность периода перестройки рабочего борта, объем вскрыши в расчете на 1 пог.м длины рабочего борта, текущий коэффициент вскрыши. Однако увеличивается годовой объем вскрываемого экскаватором угля, и, исходя из этого показателя и текущего коэффициента вскрыши, остается неизменным снижение объемов вскрыши в расчете на экскаватор $\Delta V_{вз}$ (см. табл. 2).

Переменной величиной в исходных данных может быть также годовая производительность экскаваторов в базовом и новом вариантах. При анализе влияния этого исходного параметра на расчетные показатели вскрышных работ (см. табл. 2) сохранялось условие, что соотношение годовой производительности экскаваторов в базовом и новом вариантах остается на уровне расчетного значения (см. табл. 1). Анализ показывает, что с уменьшением годовой производительности экскаваторов в базовом и новом вариантах пропорционально уменьшаются годовой объем вскрываемого экскаватором угля и результирующий

показатель – снижение объемов вскрыши в расчете на экскаватор.

Таким образом, величина снижения объемов вскрыши в расчете на экскаватор при увеличении высоты обрабатываемого уступа уменьшается с увеличением ширины рабочей площадки в новом варианте, не зависит от длины фронта работ на экскаватор и мощности вскрыши, изменяется пропорционально изменению годовой производительности экскаватора. Годовое снижение объемов вскрыши в расчете на экскаватор, позволяющий обрабатывать уступы повышенной высоты, составляет значительную величину, сопоставимую с годовой производительностью экскаватора. В связи с этим получаемая экономия в ресурсах сопоставима с годовыми эксплуатационными затратами на выполняемый экскаватором объем вскрышных работ. Длительность периода перестройки рабочего борта, в течение которого достигается ежегодная экономия в эксплуатационных затратах, зависит от мощности вскрыши. Фактическая длительность периода перестройки рабочего борта будет зависеть от графика ввода новых типов экскаваторов для формирования нового положения рабочего борта.

Коротко
об авторах

Сеинов Николай Павлович – кандидат технических наук, зав. лабораторией, «Институт горного дела им. А.А. Скочинского».

Самородов Юрий Петрович – профессор, доктор технических наук, «Институт горного дела им. А.А. Скочинского».

Сушенкова С.А. – инженер, «Институт горного дела им. А.А. Скочинского».

Ким Л.С. – инженер, «Институт горного дела им. А.А. Скочинского».