

Д.В. Пастихин, Н.У. Толипов

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО БОРТА
КАРЬЕРА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
ЭКСКАВАТОРНО-АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА
ОБОРУДОВАНИЯ**

Изложены основные принципы и результаты моделирования работы экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования с учетом конструкции рабочего борта карьера.

Ключевые слова: конструкция рабочего борта карьера; математическая модель; производительность оборудования; экскаваторно-автомобильный комплекс.

Семинар № 17

На сегодняшний день глубина многих карьеров, в которых работают экскаваторно-автомобильные комплексы оборудования, давно превышает 250, 300 и даже 400 метров и это далеко не предел, уже существуют проекты разработки месторождений карьерами до глубины 1000 м. Не секрет, что при работе в карьерах с такими глубинами количество факторов, которые оказывают существенное влияние на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса существенно возрастает. Не будем подробно останавливаться на уже известных, достаточно хорошо изученных факторах, а попробуем обратить внимание на новый на наш взгляд фактор, влияние которого на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса стало существенным только в последние десятилетия.

Стремление сократить текущие объемы вскрышных работ привело на многих предприятиях к тому, что угол откоса рабочего борта существенно увеличился. Это однозначно свидетельствует о том, что предприятия сократили ширину площадок в рабочей

зоне карьера. Достигалось это в основном за счет сдваивания уступов или сокращения ширины площадок на уступах до ширины бермы безопасности. И хотя очевидно, что ухудшение условий работы экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования не может не отразиться на его производительности, на сегодняшний этот фактор, особенно на практике, совершенно не учитывается. Выполненные ранее исследования в основном базировались на том, какая должна быть оптимальная рабочая зона, а не на том, как наиболее эффективно работать в тех условиях, в которых по различным причинам мы сейчас оказались. Кроме этого существующие параметры и показатели работы карьера не позволяют в достаточной степени оценить конструкцию рабочей зоны карьера, роль которой в этом случае, несомненно, должна резко возрастать. Например, зная угол рабочего борта карьера, длину рабочего фронта и количество вскрытых запасов невозможно без плана горных работ ответить на вопрос: В рабочей зоне карьера есть сдвоенный уступ или те же самые показатели свиде-

тельствуют о наличии в рабочей зоне помимо рабочих площадок двух берм безопасности.

Для того, чтобы установить оказывает ли конструкции рабочего борта карьера влияние на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования была создана математическая модель рабочего борта карьера, учитывающая влияние на производительность комплекса параметров рабочей площадки на горизонте.

Модель описывает рабочий борт карьера, состоящий из 3 добычных и 13 вскрышных уступов (рис. 1). Высота всех уступов 15 метров. Длина горизонтов изменяется в пределах от 2400 до 3000 м. Суммарная длина уступов моделируемого рабочего борта составляет 40,2 км. Из них на долю добычных приходится 7,2 км. Отработка карьера ведется с использованием экскаваторно-автомобильных комплексов оборудования. В добычной зоне выемка угля осуществляется тремя экскаваторами ЭКГ-15. Работы во вскрышной зоне выполняют 12 экскаваторов ЭКГ-20. Плановый годовой объем добычи угля 6480 тыс м³. При среднем коэффициенте вскрыши $K_{ср} = 5 \text{ м}^3/\text{м}^3$, что соответствует извлечению 32400 тыс. м³ вскрышных пород. Качество добываемого угля не рассматривалось, но предложенная модель позволяет его учитывать.

Для расчета производительности комплексов оборудования было введено понятие расчетной (базовой) производительности, она соответствовала оптимальным условиям работы. В качестве оптимальных условий работы была принята "нормальная" рабочая площадка. Увеличение ширины площадки относительно "нормальной" рабочей площадки не отражается на производительности ком-

плекса оборудования. Уменьшение ширины – ведет к снижению производительности. Расчетная производительность экскаваторов ЭКГ-15 и ЭКГ-20 принятая при моделировании составила соответственно 2160 и 2700 тыс. м³.

Созданная модель оказалась достаточно универсальной и позволила имитировать различные сценарии развития горных работ и изменения конструкции борта карьера. Остановимся подробнее на моделировании и его результатах по сценарию, согласно которому требуется ежегодно выполнять плановый (фиксированный) объем добычи полезного ископаемого, а в случае недостатка производительности вскрышного оборудования невыполнение объемов вскрышных работ приводит к выкручиванию угла рабочего борта карьера. Принципиальная схема этого сценария развития работ представлена на рис. 2.

Величина отрезка AD на рис. 2 соответствует годовому подвиганию фронта горных работ по полезному ископаемому ($P_{пл}$). Если производительности вскрышных комплексов оборудования достаточно для выполнения годовых объемов вскрышных работ, подвигание фронта работ по всей высоте вскрышной зоны одинаковое и равно AD, угол откоса рабочего борта карьера (α_1) не меняется. Когда производительность вскрышных комплексов не обеспечивает выполнения плановых объемов вскрышных работ, подвигание фронта вскрышных работ становится неравномерным по высоте вскрышной зоны. И если для обеспечения плановых объемов добычи подвигание нижнего вскрышного уступа равно подвиганию добычных уступов, то на верхних горизонтах оно становится меньше на величину P_0 , что позволяет определить новый угол рабочего борта карьера (α_2).

Таблица 1

Варианты конструкции рабочего борта карьера

Конструкция борта карьера *	Размеры рабочих и нерабочих площадок, м			
	50		40	
	20	0	20	0
3	3.20.50.	3.0.50.	3.20.40.	3.0.40.
2	2.20.50.	2.0.50.	2.20.40.	2.0.40.
23	23.20.50	23.0.50.	23.20.40	--

* цифра в колонке “Конструкция борта карьера”, указывает последовательность и количество горизонтов, на которых размер площадки уменьшен до 20 м или до 0.

Моделирование развития горных работ в соответствии с описанным сценарием осуществляется до тех пор, пока угол откоса рабочего борта карьера не достигал значения предельного угла нерабочего борта.

В качестве предельного рабочего борта карьера - был принят борт карьера со сдвоенным каждым вторым уступом. Величина площадок оставшихся на остальных горизонтах составляла 30 м. В дальнейшем этот вариант будем именовать – конечным.

В качестве базового – был принят контур рабочего борта с 50 метровыми площадками на каждом горизонте карьера. Для формирования различных вариантов рабочего борта были выделены 4 типа площадок шириной 50, 40, 20 и 0 м.

Первые два типа площадок соответствуют различной ширине рабочих площадок. Площадка шириной 20 метров рассматривается, как минимальная транспортная бермы или предохранительная берма. Нулевое значение площадки говорит о том, что на данном горизонте уступы сдвоены. На основе различного сочетания различных типов площадок были сформированы варианты конструкции борта карьера (табл. 1).

Обозначение варианта соответствует принципу его формирования. Например, номер 3.20.50 получен в результате пересечения вертикального столбца “20” поля таблицы “50” с

горизонтальной строкой “3” из колонки “Конструкция борта карьера”, и означает, что в данном варианте в начальном положении на каждом третьем уступе ширина площадки 20 м, на остальных горизонтах ширина рабочей площадки принята - 50 м.

Исследуемый период моделирования работы предприятия был ограничен 20-ю годами. В каждой итерации определялись годовые показатели работы комплексов оборудования и изменения формы и параметров рабочей зоны карьера.

При моделировании нового положения борта карьера за основу принималась существующая конструкция борта карьера. Например, если на каждом третьем уступе была оставлена берма безопасности (транспортная берма) шириной 20 м увеличение угла откоса борта происходит только за счет сокращения средней ширины рабочей площадки на остальных горизонтах. Фактически, за счет сокращения объемов подготовленных запасов на этих горизонтах.

Процесс изменения конструкции борта начинался, когда объем подготовленных запасов, достигал некоторой минимальной величины. В этом случае, дальнейшее увеличение угла откоса происходило за счет сокращения числа нерабочих площадок (сдваивания уступов), то есть выбытия запасов расположенных под бермами безопасности и транспортными бермами.

Геометрическая и количественная характеристики вариантов конструкции борта карьера

№	Вариант	Отстава- ние объе- мов вскрыши тыс. м ³	Площадь борта карьера,			Вскрытые запасы,			Средний размер площадки,			Угол откоса борта, град.
			п.и тыс., м ²	вскрыша, тыс. м ²	всего, тыс. м ²	п.и., тыс. м ³	вскры- ша, тыс. м ³	всего, тыс. м ³	п.и., м	Вскрыша, м	Всего, м	
1	базовый	0	360	1657,5	2017,5	54000	113784	167784	50,0	50,0	50,0	15,9
2	3.20.50.	56700	288	1332	1620	39960	87324	127284	40,0	40,2	40,1	19,2
3	2.20.50.	71064	288	1164,6	1452,6	32400	70368	102768	40,0	35,1	36,0	20,9
4	3.0.50.	94500	240	1115	1355	30600	69684	100284	33,3	33,6	33,6	22,1
5	3.20.40.	88440	288	1109	1349	29520	64704	94224	40,0	33,5	33,4	22,1
6	2.20.40	98868	288	997,4	1237,4	25560	58350	83910	40,0	30,1	30,7	23,6
7	23.20.50.	107370	216	1000,5	1216,5	24840	55914	80754	30,0	30,2	30,1	24,0
8	2.0.50.	118440	240	836	1076	18000	41424	59424	33,3	25,2	26,7	26,1
9	23.20.40	122220	192	888	1080	19440	43764	63204	26,7	26,8	26,8	26,1
10	3.0.40.	126240	240	892	1084	20160	47064	67224	33,3	26,9	26,9	26,1
11	2.0.40.	145392	192	668,8	860,8	10080	24456	34536	26,7	20,2	21,3	30,3
12	23.0.50.	178950	120	562,5	682,5	5400	17334	22734	16,7	17,0	16,9	35,2
13	конечный	183468	72	492,9	564,9	0	0	0	10,0	14,9	14,0	38,7

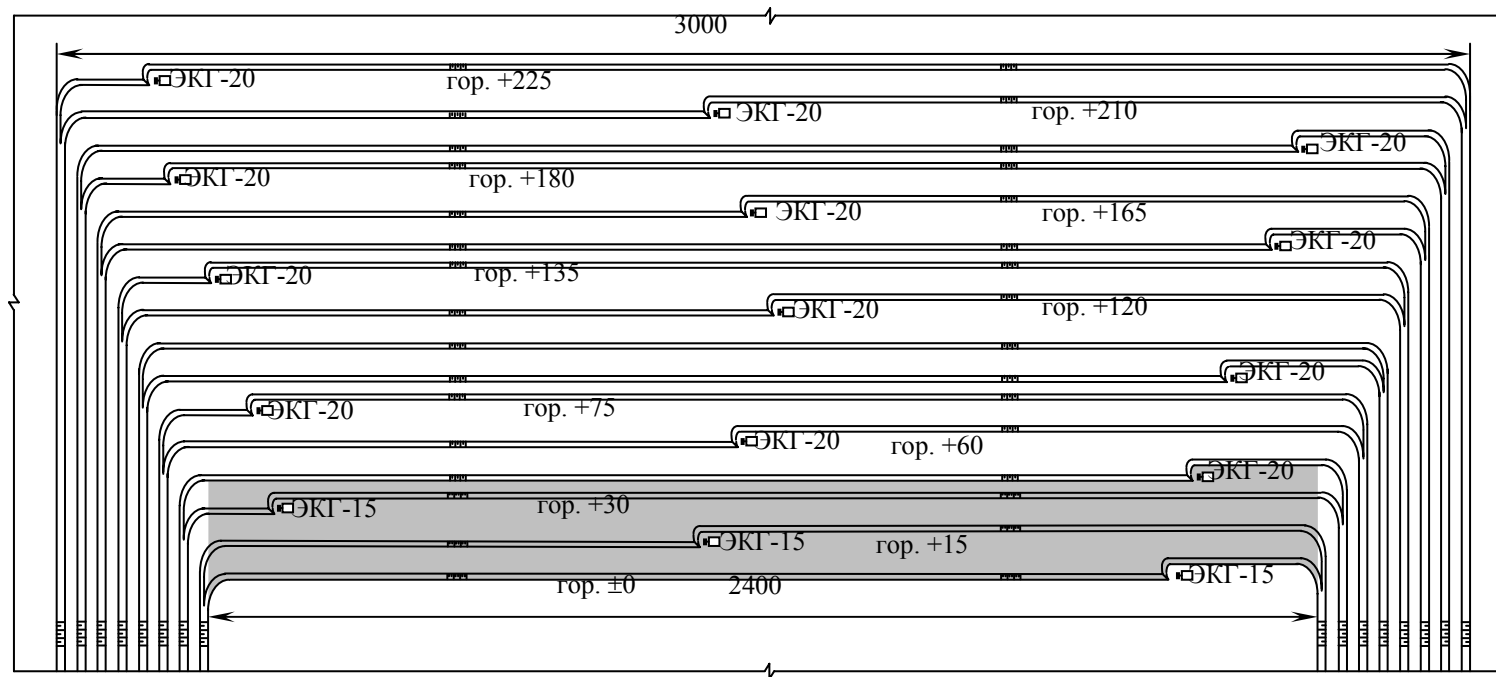


Рис. 1. Модель рабочего борта карьера

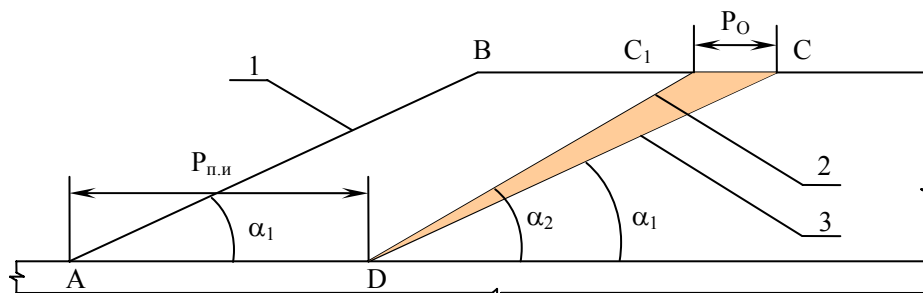


Рис. 2. Схема к определению новых положения и угла откоса борта карьера: P_0 – величина отставания перемещения фронта работ по кровле вскрышной толщи; $P_{п.и}$ – величина перемещение фронта работ по полезному ископаемому; $S_{оп}$ – площадь, соответствующая невыполнению плановых объемов вскрышных работ; α_1, α_2 – первоначальный и новый углы откосов борта карьера; 1,2,3 – положение борта карьера соответственно начальное, при невыполнении и выполнении плановых объемов вскрышных работ

Для всех вариантов были проведены расчеты в соответствии с принятым сценарием развития горных работ. Основные показатели и результаты моделирования представлены в табл. 2.

Как показали расчеты, сокращение площадей нерабочих площадок существенно ускоряет процесс снижения производительности выемочного оборудования. Это проиллюстрировано на графике, представленном на рис. 3. На кривых, описывающих производительность предприятия, можно увидеть точку, после которой процесс падения производительности ускоряется.

Эта точка соответствует моменту начала сокращения площадей нерабочих площадок уступов. Проведенные расчеты подтверждают, что угол откоса борта, хотя и оказывает существенное влияние на производительность предприятия в целом, не является единственным определяющим фактором. Например, начальный угол откоса рабочего борта в варианте 23.20.50. 24° , что на $1,9^\circ$ круче, чем в варианте 3.0.50. ($22,1^\circ$), а срок

службы предприятия по этому варианту больше. А в вариантах 23.20.40., 3.0.40. и 2.0.50. угол откоса рабочего борта одинаковый и составляет $26,1^\circ$, однако срок службы карьера по вариантам достаточно существенно различается и составляет соответственно 14, 11 и 8 лет. Очевидно, что существенная разница срока службы между вариантами вызвана различной конструкцией рабочего борта карьера, при этом, варианту с наибольшей производительностью и сроком службы соответствует наибольшее количество запасов расположенных под площадками соответствующими нерабочим площадкам.

Для вариантов 3.20.50. и 3.20.40 были проведены расчеты, имитирующие ввод дополнительных мощностей по вскрыше. Увеличение мощностей по вскрыше достигалось за счет ввода дополнительного вскрышного оборудования - одного или двух экскаваторов ЭКГ 20. На расчетный период отставание по вскрышным работам составляло в вариантах 3.20.50 и 3.20.40 соответственно 56,7 и 88,4 млн. м³.

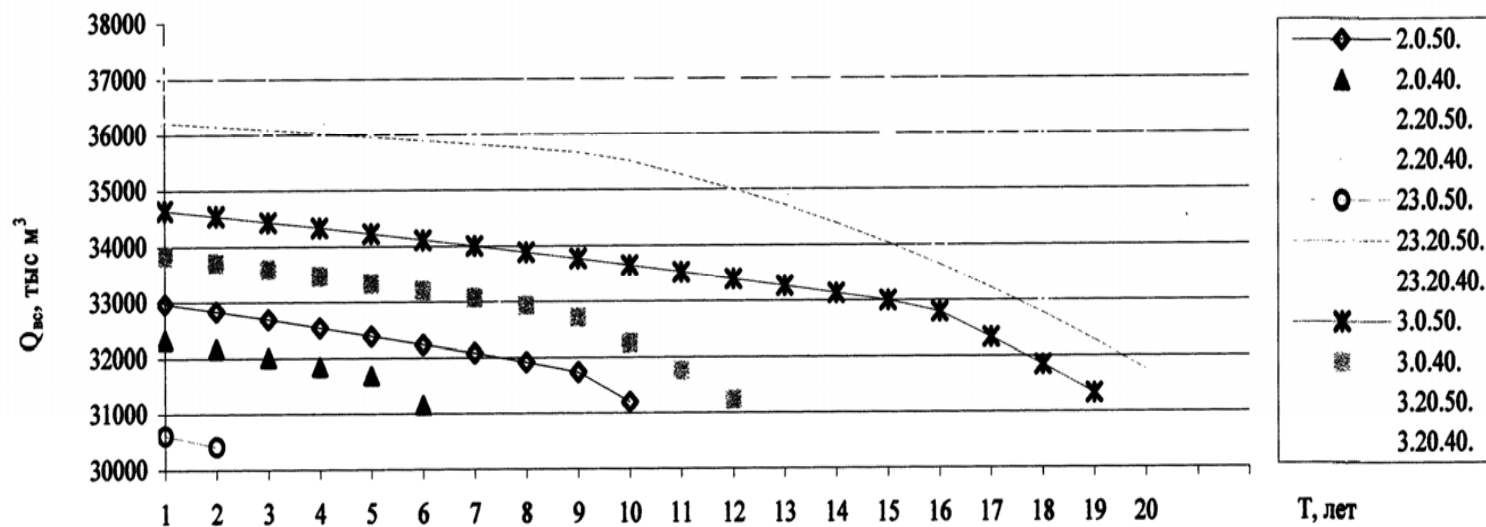


Рис. 3. Производительность вскрышных экскаваторно-автомобильных комплексов оборудования ($Q_{вс}$) и продолжительность работы карьера (T) при различных конструкциях его рабочего борта

В варианте 3.20.40 ввод одного экскаватора позволил стабилизировать показатели работы комплексов оборудования. Производительность карьера по вскрышным породам превысила значение планового показателя (32400 тыс. м³) и на первый расчетный год составила 33040 тыс. м³. Но величина превышения очень незначительна и ее влияние несущественно. К концу рассматриваемого периода (20 лет) изменение показателей работы карьера не превышало 0,03%.

В варианте 3.20.50. по сравнению с вариантом 3.20.40. условиям работы для экскаваторно-автомобильных комплексов оборудования лучше, поэтому, ввод еще одного вскрышного комплекса позволил выйти уже на

первом шаге расчета на годовую производительность по вскрышным породам - 33764 тыс. м³. Улучшение условий ведения работ за счет разноса борта позволило на конец рассматриваемого периода повысить показатели работы выемочного оборудования на 1,9%. Отставание по вскрышным работам было сокращено с 56,7 до 27.2 млн. м³.

Хотя созданная модель достаточно сильно упрощена и идеализирована, полученные нами результаты свидетельствуют о том, что, такой фактор как конструкция рабочего борта карьера оказывает существенное влияние на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса оборудования и требует более глубокого и основательного изучения. ■■

Коротко об авторах

Пастихин Д.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология, механизация и организация открытых горных работ», mail:msmu-orm@mail.ru
Толипов Н.У. – аспирант кафедры «Технология, механизация и организация открытых горных работ», mail: mggu_uz@list.ru
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia



РУКОПИСИ,

**ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ
МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Азимов О.А., Ананьев П.П., Наумов К.И. Теоретическое обоснование влияния импульсной электромагнитной обработки на изменение удельной поверхности материала в процессе измельчения (725/01-10 от 23.09.09 г.) 5 с.

Приведены результаты лабораторных исследований и расчетов удельной поверхности, по которым можно определить, что при ИЭМО выход класса -0,5 мм увеличивается, но при этом не изменяются его поверхностные свойства, что характеризует увеличение однородности материала и уменьшение шламов.

Ключевые слова: измельчение, удельная поверхность, коэффициент.