

**О**пределение оптимальных параметров автомобильно-бульдозерных отвалов является сложным процессом, связанным с необходимостью комплексного учета большого количества технологических, параметрических и экономических факторов.

В соответствии с Нормами технологического проектирования [1], расположение отвалов, относительно карьера, их количество и параметры, а также порядок формирования должны определяться на основании технико-экономических расчетов с целью обеспечения минимальных затрат на транспортирование пород и природоохранные мероприятия.

При определении рационального варианта отвалообразования рекомендуется учитывать следующие затраты:

- на транспортирование породы от карьера (или мест погрузки) до отвала;
- на строительство и содержание дорог от карьера до отвала;
- на транспортирование пород по отвалу;
- на строительство и содержание постоянных и временных дорог на отвале;
- на освоение новых земель, взамен изымаемых;
- на компенсацию ущерба, причиняемого нарушенными землями окружающей среде;

- на рекультивацию отвалов.

Предыдущими исследованиями [2] было установлено следующее.

В общих затратах на отвалообразование 92-97 % составляют затраты на транспорт. Поэтому за критерий оценки был взят минимум транспортных расходов.

Многовариантность факторов, влияющих на затраты, связанные с транспортированием горной массы от мест погрузки в карьере до мест разгрузки на отвале, анализ их взаимосвязи, исследовалась для установления оптимальных параметров отвала. За критерий была взята минимизация транспортных расходов.

Форма, размеры в плане отвала и ярусов оказывают существенное влияние на транспортную работу по перемещению породы в пределах отвала.

Существуют формы с соотношением размеров яруса в плане, обеспечивающие минимальное средневзвешенное расстояние транспортирования породы по поверхности ярусов и, следовательно, транспортную работу при формировании отвала.

Оптимальная форма – прямоугольная, с соотношением сторон от 1:1, 5 до 1: 2, близка к ней эллиптическая форма (транспортные затраты по сравнению с прямоугольной больше лишь на 4 %).

Влияние формы и соотношения размеров в плане на землеемкость (при прочих равных условиях) незначительно, эти параметры в большей степени влияют на объем работ по выполаживанию откосов, связанных с последующей рекультивацией отвала, за счет увеличения периметра. При изменении соотношения сторон основания отвала от 1:1 до 1:4 периметр увеличивается на 26%.

Схемы движения автосамосвалов от заезда от мест разгрузки оказывают большое влияние на расстояние транспортирования по поверхности ярусов.

Веерная схема обеспечивает наименьшее расстояние транспортирования от въезда на ярус до места разгрузки, однако ее реализация затруднена ввиду невозможности поддерживать всю поверхность отвала в проезжем состоянии.

Прямоугольная схема приводит к увеличению расстояния транспортирования на 10-30%, кольцевые схемы – в 1,5-3,5 раза.

Рекомендуется к применению комбинированная схема, при которой от места въезда на поверхность яруса автосамосвалы следуют по основным дорогам, затем по вспомогательным, ответвляющимся от основных, к месту разгрузки. Расстояние транспортирования породы по комбинированной схеме, при расположении основных дорог с оптимальными углами, приближается к наиболее выгодной – веерной схеме. Анализ показал, что оптимальный угол основных дорог в плане с учетом оптимального соотношения сторон при комбинированной схеме движения автосамосвалов приблизительно  $45^\circ$ .

Результаты исследований указывают на необходимость строительства усовершенствованных дорог на

поверхности отвала (с сопротивлением движению до 30 кг/т). В отличие от внутрикарьерных ширина проезжей части дорог на отвале не связана с объемом горно-капитальных работ и поэтому должна полностью обеспечивать реализацию тяговых возможностей автомобиля, т.е. высоких скоростей движения. Рациональный шаг переноса временных дорог – не более 200 м, уклон заезда – 0,08.

С увеличением высоты отвалов (особенно одноярусных) резко снижается расстояние транспортирования породы по поверхности ярусов, но возрастает средневзвешенное расстояние подъема породы на отвал, за счет переподъема по сравнению с оптимальным вариантом, что увеличивает транспортные расходы. Наибольшие затраты приходятся на одноярусные отвалы большой высоты.

Затраты на строительство дорог в большей степени зависят от высоты яруса и почти не зависят от количества ярусов и составляют в затратах от 0,5 до 3,35%.

Рациональный порядок формирования отвала выбирается на основе экономического сравнения вариантов, при этом отмечается, что применяемые при проектировании варианты формирования отвала имеют свои преимущества и недостатки. Например, отсыпка отвала одним ярусом до проектной высоты увеличивает транспортные расходы на 6 - 8% за счет переподъема при высоте яруса более 30 м. Последовательная отсыпка ярусов имеет следующие преимущества: минимальные транспортные затраты за счет рациональной схемы движения автосамосвалов по поверхности ярусов, возможность формирования отвала с любым заданным углом откоса в ра-

бочем и предельном положении, упрощение организации работ и уменьшение затрат, связанных с выполнением откосов для последующей рекультивации. Недостатком является то, что рекультивационные работы, как правило, можно начинать только после окончания отсыпки отвала. При параллельной отсыпке ярусов преимуществом является возможность регулирования расстояния транспортирования пород по мере отсыпки отвала, а недостатком – невозможность реализации рациональных схем движения автосамосвалов по поверхности ярусов, увеличение в связи с этим транспортных затрат на 25-30 %. При комбинированная схема отсыпки ярусов – различные сочетания первых трех порядков формирования, что позволяет уменьшить влияние недостатков, присущих второй и третьей схеме, хотя увеличивает транспортные затраты по сравнению со второй.

Интерес представляет вариант комбинированной схемы, предложенный и внедренный нами при проектировании отвалов на Джусинской карьере. Он позволяет в значительной степени устранить недостатки каждой из четырех схем. Его особенностью является то, что последующий ярус начинает возводиться сразу после того, как транспортные затраты на его формирование становятся равными затратам на перевозку породы на предыдущий ярус. Отсыпка предыдущего яруса временно прекращается и в дальнейшем возобновляется с высоты последующего яруса.

В этом проекте по корректировке горно-транспортной части ТЭО строительства горно-обогатительного комплекса на базе Джусинского месторождения, выполненного

ИГД УрО РАН в 2001 году использованы исследования по оптимизации высоты отвалов, количества ярусов. Изменены проектные решения, которые были рекомендованы ранее в ТЭО «Гипроруды» следующим образом:

1. Параметры отвала скальных пород:

- количество ярусов – 4, изменено на 2;

- высота ярусов, м – 2-12 и 12 изменено на 6-21 и 20;

2. Параметры отвала рыхлых пород:

- количество ярусов – 2, изменено на 3;

- высота ярусов, м – 10-14 и 12 изменено на 10.

Несмотря на то, что в «Пособии...» [2] для определения оптимальных значений высоты отвалов ( $H_0$ ), количества ярусов ( $N_y$ ), соответственно высоты ярусов, а также соотношения сторон основания отвалов ( $m$ ) были разработаны весьма детальные алгоритмы решения задачи, они не нашли применения в практике проектирования из-за их громоздкости, большого количества исходных данных, а главное - из-за отсутствия оценки степени влияния на оптимальные решения отдельных факторов. С целью исправления этого положения на основе разработанных алгоритмов было проведено экономико-математическое моделирование для отвалов с объемами от 10 до 300 млн.м<sup>3</sup>, количеством ярусов 1-6, с соотношением сторон 1:1 до 1:2.

Методами статистического анализа получены следующие зависимости, позволяющие определять высоту, количество ярусов, а также рациональное соотношение сторон основания отвала:

$$H_0 = 3,5 \cdot V_0^{0,52} \text{ м}, \quad (1)$$

где  $H_0$  - оптимальная высота отвала по условиям текущих затрат на его возведение, м;  $V_0$  – объем отвала, млн.м<sup>3</sup>;  $r_h = 0,936$ ;  $\sigma_h = 5,6\%$  ;  $F_0 = 11,3$ ;

$$N_a = 0,6 + 0,04 H_0, \quad (2)$$

$N_a$  - оптимальное количество ярусов отвала.

$$r_N = 0,902; \varepsilon_N = 15,6\%; F_N = 7,0, \\ m = 2,1 - 0,01 H_0, \quad (3)$$

$$r_m = 0,893; \varepsilon_m = 13,9\%; F_m = 5,8; \\ r_h, r_N, r_m, \sigma_h, \varepsilon_N, \varepsilon_m, F_0, F_N, F_m - \text{соот-}$$

ветственно корреляционное отношение, среднеквадратическое отклонение и критерий Фишера для высоты, количества ярусов и соотношения сторон основания отвала.

Угол откоса отвала принят 38°.

Полученные зависимости с достаточно высокой достоверностью позволяют определять оптимальные значения основных параметров автомобильно-бульдозерных отвалов.

**ГЛАВА**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий с открытым способом разработки. М.: 1986. – 109 с.

2. Пособие по проектированию автомобильных отвалов: утв. Минметом 07.06.90. № 41-2-9/2 –М.: ЦНИИцветмет экономики и информации, 1990.- 88 с.

### Коротко об авторах –

Саканцев М.Г., Свешинская Н.А. – Институт горного дела УрО РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 16 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. В.С. Коваленко.



## ДИССЕРТАЦИИ

### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
БАТУГИН Андреан Сергеевич	Совершенствование методов оценки геодинамического состояния блочного массива горных пород в целях повышения экологической безопасности освоения недр и земной поверхности	25.00.36	д.т.н.