

5. СКЛАДИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

5.1. Общие сведения о складировании горных пород

В процессе открытой разработки месторождений полезных ископаемых возникает необходимость в складировании горных пород карьерного поля, которые временно или вообще не могут быть использованы в народном хозяйстве. При планомерной выемке основного полезного ископаемого складированию подлежат плодородный слой; некондиционное полезное ископаемое; попутные полезные ископаемые; горные породы, экономическая целесообразность использования которых в народном хозяйстве может стать перспективной в будущем; горные породы — отходы карьера, утилизация которых в будущем невозможна или экономически нецелесообразна.

Насыпи горных пород-отходов называются отвалами. Складирование (отвалообразование) является четвертым основным производственным процессом открытых горных работ. В настоящее время объем работ по отвалообразованию на современных карьерах значительно превышает объем добываемого полезного ископаемого. Расходы на отвалообразование на железорудных карьерах составляют до 15 % себестоимости полезного ископаемого.

Способ отвалообразования зависит от физико-механических свойств пород, принятой схемы механизации горных работ и вида транспорта (табл.7). Внешние отвалы применяются при разработке крутопадающих месторождений и любом виде транспорта. При выборе места их расположения обычно стремятся использовать естественные рельефные условия: склоны холмов, овраги и т.п. Внешние отвалы располагаются за контуром карьера. Внутренние отвалы применяются при разработке горизонтальных и слабонаклонных месторождений, в основном при разработке мягких пород по бестранспортной или транспортно-отвальной схеме. Число ярусов отвалов с целью сокращения общей площади под отвалами стремятся сделать как можно большим. Многоярусные отвалы особенно эффективно можно использовать в гористых условиях.

Таблица 7

Классификация отвалов (по Н.И.Мельникову)

Классификационный признак	Типы отвалов	Характеристика
По местоположению	Внешние	За контуром карьера
	Внутренние	В контуре карьера
По числу рабочих ярусов	Одноярусные	Отсыпка одним уступом
	Двухъярусные	Отсыпка двумя уступами
По способу механизации отвальных работ	Плужные	Отвальными плугами
	Экскаваторные	При помощи механических лопат и драглайнов
	Бульдозерные	При автомобильном и железнодорожном транспорте
	Конвейерные	При конвейерном транспорте
По числу обслуживаемых вскрышных участков	Общие	Для всего карьера
	Групповые	Для нескольких участков
	Отдельные	Для отдельного горизонта карьера
По рельефу местности	Равнинные, нагорные	Любой тип механизации

в равнинной же местности строительство многоярусных отвалов ограничивается допустимыми уклонами транспортных коммуникаций.

Современная концепция комплексного использования всей горной массы карьерного поля диктует стремление к сокращению отвальных работ и увеличению работ по временному дифференцированному складированию горных пород.

5.2. Экскаваторное отвалообразование

Основным видом складирования скальных пород при использовании железнодорожного транспорта является экскаваторное отвал-

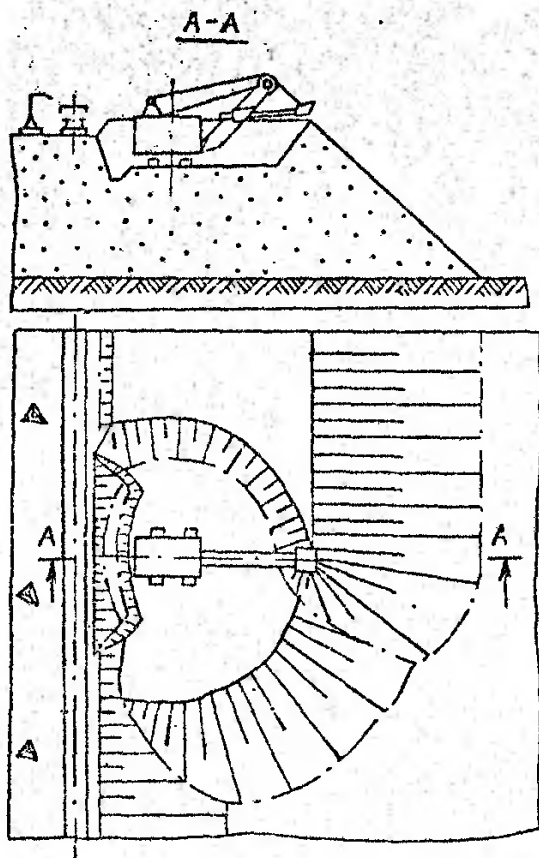


Рис.28. Схема отвалообразования с помощью механической лопаты

лообразование, имеющее следующие преимущества перед старинным плужным: приемная емкость тупика увеличивается в 2-3 раза; объем путеукладочных работ сокращается в 10-20 раз; устойчивость отвальных путей повышается за счет балластировки и благодаря более длительному сроку их службы; скорость движения поездов возрастает.

Этот способ практически вытеснил плужное отвалообразование. Порядок формирования экскаваторных отвалов показан на рис.28. Составы с породой подаются в отвальный тупик, путь которого расположен выше уровня стояния экскаватора. Породы разгружаются в приемок, из которого экскаватор укладывает ее в отвал. Вместимость

приямка 200-250 м³, что примерно соответствует емкости железнодорожного состава.

Основным способом экскаваторного отвалообразования скальных и полускальных пород является складирование их при помощи механических лопат. При размещении в отвал рыхлых, особенно обводненных пород конкурентами механических лопат являются шагающие драглайны. Хотя производительность механических лопат выше, стоимость отвалообразования при использовании драглайнов ниже. Это достигается за счет резкого увеличения приемной способности отвалов и сокращения путевых работ.

Применение драглайнов позволяет резко (до пяти раз) увеличить шаг передвижения отвальных путей, благодаря чему целе-

сообразно применять балластировку и усиливать конструкцию пути; сократить объем работ, а зачастую и расстояние перевозок, в случае отсыпки выше уровня пути с использованием верхней погрузки; избежать сокращения длины отвала; устранить или свести до минимума оползневые явления и повысить безопасность труда.

Недостатками отвалообразования шагающими эскаваторами являются меньшая производительность на 1 м^3 емкости ковша, чем при механических лопатах; ограниченная область применения по крепости пород ($f < 6-8$).

5.3. Плужное и бульдозерное отвалообразование

Отвалообразование при помощи плугов является одним из наиболее давних способов механизации складирования вскрышных пород. Плужные отвалы обычно применяют в следующих условиях:

- при разработке месторождений с небольшими объемами пород;
- при складировании скальных пород, физико-механические свойства которых позволяют отсыпать отвалы высотой 25 м и более;
- в нагорных месторождениях, где по условиям вскрытия и отработки горизонтов при использовании железнодорожного транспорта требуются отдельные погоризонтные отвалы;
- при раздельном складировании небольшого по объему, но многостороннего полезного ископаемого.

Состав работ при плужном отвалообразовании следующий: разгрузка думпкаров всего состава или каждого в отдельности; вспашка и планировка кромки отвала; передвижка путей. Основное оборудование: отвальные плуги и путепередвижатели циклического действия.

Бульдозерное отвалообразование применяется при автомобильном транспорте горных пород. Основными достоинствами этого способа являются простота производства работ, возможность быстрого и несложного строительства отвалов, мобильность применяемого оборудования, сравнительно небольшие строительные и эксплуатационные расходы. К недостаткам относится следующее: зависимость эффективности работ от характера вскрышных пород и кли-

матических условий; повышенный износ автопокрышек при движении автосамосвалов на отвале; жесткие требования к обеспечению безопасности ведения работ.

Отвалы формируют площадным и периферийным способами. Площадное отвалообразование применяют при недостатке бульдозеров для сталкивания породы под откос отвала; при заваливании просевших участков отвала и поверхности отвального уступа первого яруса при переходе на второй ярус; при продолжительных дождях и распутице, когда дороги сильно разбиты и приходится отсыпать породы на поверхность отвала в отступающем порядке; при погашении отвалов; при наращивании высоты отвала и его формировании в начальный период; в других случаях, когда затруднен или становится опасным подъезд к бровке отвала.

При периферийном способе отвалообразования породу разгружают непосредственно вблизи бровки отвального откоса или под откос.

На практике в подавляющем большинстве случаев применяют периферийный способ отвалообразования, вследствие меньших затрат на планировочные работы, чем при площадном отвалообразовании.

5.4. Обеспечение устойчивости отвалов

Большое значение при формировании отвалов уделяется мероприятиям по обеспечению их устойчивости. При вывозке различных типов пород в отвалы необходимо вести раздельную многоярусную отсыпку. В нижний ярус в любое время года отсыпают скальные породы. В верхний ярус в летний период отсыпают скальные и глинистые породы, в зимний период и при большом количестве осадков — только скальные породы. Режим работы карьера должен быть таким, чтобы основной объем глинистых пород вскрывали в летний период. Высота нижнего яруса должна обеспечивать выдавливание илов из основного отвала. Если площадь, отводимая под отвалы, недостаточна, то можно отсыпать породы и на отвалах глинистых пород, однако только после того как основные деформации уже

закончены. При отсыпке пород на заболоченное основание необходимо по возможности удалять верхний неустойчивый слой. Для предотвращения деформаций отвала следует его своевременно осушать. Для этой цели на предполагаемой под отвал поверхности нужно провести серию канав, заваливая их хорошо дренируемым материалом, например скальной взорванной массой.

Одним из основных условий предотвращения оползней является организация наблюдений за отвалами, что входит в обязанности маркшейдерской службы карьера. Перпендикулярно фронту отвалов намечают ряд линий, по которым закладывают реперы. За подвижкой реперов должно вестись постоянное наблюдение.

Пример 33. Определить инвентарный парк автосамосвалов марки БелАЗ-7509 (табл. П.1), грузоподъемностью $P_a = 75$ т и вместимостью кузова $V_a = 35$ м³, а также сменную и годовую производительность автосамосвала, если известно, что заданный годовой объем перевозки вскрышных пород в отвал $A_g = 20$ млн м³ / год; плотность вскрышных пород $\gamma = 2,1$ т / м³; коэффициент разрыхления $K_p = 1,2$. Количество рабочих дней в году $N_{\text{он}} = 353$ сут. / год. Продолжительность смены $T_{\text{см}} = 12$ ч. Число смен в сутки $n = 2$ смен / сут. Расстояние транспортирования породы от забоя до отвала $S_o = 3,5$ км. На выемке вскрышных пород применяется экскаватор марки ЭКГ-8И. Коэффициент наполнения ковша экскаватора $K_{н.к} = 0,92$.

Решение:

1. Фактическая масса груза в кузове автосамосвала (P , т) определяется по формуле

$$P = V_a \times \gamma. \quad (6.44)$$

Тогда $P = 35 \times 2,1 = 73,5$ т.

2. Количество ковшей экскаватора, разгружаемых в кузов автосамосвала, определяется по формуле 6.42

$$n_k = 35 \times 1,2 / 8 \times 1,0 = 5 \text{ шт.}$$

3. Продолжительность рейса автосамосвала

$$T_p = t_{\text{пог}} + t_p + t_{\text{дв}} + t_m, \quad (6.45)$$

где $t_{\text{пог}}$ – время погрузки автосамосвала, мин (формула 6.40):

$$t_{\text{пог}} = 5 \times 26 / 60 = 2,1 \text{ мин};$$

t_p – время разгрузки автосамосвала, $t_p = 1,0$ мин;

где $t_{\text{дв}}$ – время движения автосамосвала, мин (формула 6.38):

$$t_{\text{дв}} = 60 \times \frac{3,5}{15} + 60 \times \frac{3,5}{35} = 20,0 \text{ мин};$$

t_m – время маневровых операций автосамосвала, $t_m = 1,0$ мин.

По формуле 6.45 имеем: $T_p = 2,1 + 1,0 + 20,0 + 1,0 = 24,1$ мин.

4. Сменная производительность автосамосвала (Q_a^s , т / смену) определяется по формуле

$$Q_a^B = 60 \times T_c \times K_u \times P / T_p, \quad (6.46)$$

где K_u – коэффициент использования автосамосвала в течение рабочей смены, $K_u = 0,8$.

Тогда $Q_a^B = 60 \times 12 \times 0,8 \times 73,5 / 24,1 = 1\,756$ т / смену.

5. Годовая производительность автосамосвала ($Q_{\text{год}}^s$, м³ / год)

$$Q_{\text{год}}^B = Q_{\text{см}} \times n \times T_{\text{раб}} \times \eta_u / \gamma, \quad (6.47)$$

где η_u – коэффициент использования автосамосвала в течение одного года, $\eta_u = 0,7$.

Тогда $Q_{\text{год}}^{\text{в}} = 1\,756 \times 2 \times 353 \times 0,7 / 2,1 = 413\,000 \text{ (м}^3 \text{ / год)}$.

6. Эксплуатационная годовая производительность вскрышного экскаватора ($Q_{\text{в}}$, млн $\text{м}^3 \text{ / год}$) определяется по формуле 6.35:

$$Q_{\text{в}} = \frac{3\,600 \times 8 \times 0,92 \times 0,8 \times 0,8 \times 0,85 \times 0,75 \times 12 \times 0,7 \times 2 \times 353}{26 \times 1,2} =$$

$$= 2\,052\,000 \text{ (м}^3 \text{ / год)}.$$

7. Количество автосамосвалов обеспечивающих эффективную работу одного вскрышного экскаватора определяются по формуле

$$N_{\text{а}}^{\text{в}} = Q_{\text{в}} / Q_{\text{год}}^{\text{в}}. \quad (6.48)$$

$$\text{Тогда } N_{\text{а}}^{\text{в}} = 2\,052\,000 / 413\,000 = 5 \text{ шт.}$$

8. Количество экскаваторов, обеспечивающих выполнение заданных годовых объемов вскрыши ($N_{\text{э}}^{\text{в}}$, шт.), определяется по формуле 3.22:

$$N_{\text{э}}^{\text{в}} = 20\,000\,000 / 2\,052\,000 = 10 \text{ шт.}$$

9. Пробег автосамосвала за смену ($S_{\text{см}}$, км / смену) определяется по формуле

$$S_{\text{см}} = 2 \times S_0 \times 60 \times T_{\text{с}} / T_{\text{р}}. \quad (6.49)$$

$$\text{Тогда } S_{\text{см}} = 2 \times 3,5 \times 60 \times 12 / 24,1 = 209 \text{ (км / смену)}.$$

10. Годовой пробег автосамосвала ($S_{\text{год}}$, км / год) составит:

$$S_{\text{год}} = S_{\text{см}} \times \eta_{\text{и}} \times N_{\text{дн}} \times n. \quad (6.50)$$

$$\text{Тогда } S_{\text{год}} = 209 \times 0,7 \times 353 \times 2 = 103\,287 \text{ км / год}.$$

11. Общее количество автосамосвалов, занятых на вскрышных работах (N_B , шт.), определяется по формуле 6.43:

$$N_B = 5 \times 10 = 50 \text{ (шт.)}.$$

12. Более точный результат рассчитывается по формуле

$$N_B = A_B / Q_{\text{год}}^B. \quad (6.51)$$

$$\text{Тогда } N_B = 20\,000\,000 / 413\,000 = 49 \text{ шт.}$$

13. Инвентарный парк автосамосвалов рассчитывается с учетом коэффициента технической готовности, определяемого в зависимости от среднесуточного пробега автосамосвала $K_{m.z} = 0,76$ (табл. П.39):

$$N_{\text{и.а}}^B = N_a^B / K_{\text{т.г}}. \quad (6.52)$$

$$\text{Тогда } N_{\text{и.а}}^B = 49 / 0,76 = 64 \text{ шт.}$$

Таблица П.1

Техническая характеристика карьерных автосамосвалов [47, 55]

Показатель	Модель автосамосвала									
	КрАЗ-256Б	БелАЗ-540А	БелАЗ-75401	БелАЗ-75402	БелАЗ-7522	БелАЗ-548А	БелАЗ-7548	БелАЗ-549В	БелАЗ-7509	БелАЗ-75199
Грузоподъемность, т	12	27	30	30	30	40	42	75	75	105
Колесная формула	6 х 4	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	н.д.
Полная масса, т	23,02	48,00	51,44	51,85	51,54	68,80	75,10	142,30	142,48	195,00
Вместимость кузова, м ³	6	15	15	15	15	19	21	35	35	82
Габариты, м:										
длина	8,10	7,25	7,25	7,32	7,25	8,12	8,12	10,25	10,25	11,70
ширина	2,64	3,48	3,48	3,48	3,48	3,79	3,79	5,36	5,36	6,98
высота	2,80	3,58	3,56	3,55	3,50	3,91	3,91	4,75	4,79	5,70
Минимальный радиус поворота, м	11,0	8,5	8,7	8,7	8,7	10,2	10,0	10,5	10,5	12,0
Максимальная скорость движения, км / ч	68	55	50	50	50	50	55	50	50	60
Наибольший преодолеваемый подъем, %	32	25	25	25	25	н.д.	16	35	35	н.д.
Номинальная мощность двигателя, кВт	176,8	265,0	309,0	309,0	302,0	367,7	405,0	809,0	772,0	809,0

Окончание табл. П.1

Техническая характеристика карьерных автосамосвалов [47, 55]

Показатель	Модель автосамосвала									
	БелАЗ-7519	БелАЗ-75191	БелАЗ-7512	НД-1200	НД-1600	БелАЗ-7521	БелАЗ-75211	БелАЗ-75213	М-200	БелАЗ-75202
Грузоподъемность, т	110	110	120	120	160	180	170	180	180	200
Колесная формула	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2	4 х 2
Полная масса, т	195,00	195,50	210,00	208,90	276,56	325,00	329,00	337,00	324,00	319,13
Вместимость кузова, м ³	41,0	41,0	47,0	46,1	61,0	70,0	70,0	80,0	92,5	84,1
Габариты, м: длина	11,25	11,25	11,25	10,98	11,64	14,26	14,26	14,57	14,63	13,28
ширина	6,10	6,10	6,10	6,55	6,60	7,80	7,80	7,70	7,80	7,78
высота	5,13	5,13	5,28	5,51	5,68	6,03	6,06	6,38	6,45	6,58
Минимальный радиус поворота, м	12,0	12,0	16,0	10,3	10,9	15,0	16,0	16,0	16,4	15,0
Максимальная скорость движения, км / ч	60,0	50,0	50,0	60,7	62,0	50,0	50,0	н.д.	42,0	н.д.
Наибольший преодолеваемый подъем, %	4 600	4 600	4 900	4 610	н.д.	5 700	5 700	6 055	5 510	5 870
Номинальная мощность двигателя, кВт	955	809	956	1 200	1 116	1 691	1 691	1 691	1 820	1 641

