

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ВЫСОТЫ ШАХТНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ (ТЕРРИКОНИКОВ) ДЛЯ УСЛОВИЙ КУЗБАССА

П. А. ЛЕОНОВ

Вопрос определения безопасной высоты шахтных породных отвалов до настоящего времени мало изучен и слабо разработан. Правильный расчет высоты породного отвала имеет большое значение для эксплуатации и безопасности работ. Отвалы небольшой высоты требуют значительных площадей, эксплуатация их обходится гораздо дороже, чем отвалов большой высоты. С другой стороны, высокие конические отвалы, как показывает практика, являются более опасными, чем низкие отвалы.

Оптимальной высотой породного отвала следует считать такую, при которой обеспечиваются безопасность работ, наименьшие капитальные затраты и минимальные эксплуатационные расходы по отвалообразованию.

За последнее время на породных отвалах шахт Кузбасса произошло несколько крупных аварий, анализ их дает основание утверждать, что при определении высоты отвала решающим фактором должен быть вопрос безопасности. С точки зрения размеров капитальных затрат и эксплуатационных расходов наиболее экономичными будут конические отвалы большой высоты. Но на таких отвалах нередко нарушаются условия равновесия насыпанных пород и происходят большие деформации. Они являются главными причинами аварий и несчастных случаев.

Таким образом можно сказать, что определение безопасной высоты отвала должно быть тесно увязано с установлением условий равновесия пород в отвале.

Для исследования указанных условий взят отвал конической формы (рис. 1). Он состоит из трех зон: нижней (I), сложенной крупнокусовым материалом, средней (II), где преобладает порода средней крупности и мелочь, и верхней (III) из кусков породы разной величины. Границы зон показаны точечными линиями. ОВС—поперечный контур воронкообразной впадины при деформации склона отвала.

Общее уравнение равновесия массы породы, отрывающейся от откоса, предложенное Бернацким [1], состоит из трех частей: 1) произведения количества веса призмы «упора» на тангенс разности угла трения между опорными поверхностями этой призмы и угла наклона этой поверхности к горизонту минус; 2) произведение веса призмы активного давления на тангенс разности угла 45° и половины угла внутреннего трения породы плюс; 3) удвоенное произведение величин поверхно-

сти обрушения в пределах призмы «активного давления» и силы сцепления породы на единицу площади. Равновесие не нарушается, если указанное уравнение равно или больше нуля. Опасная поверхность обрушения проходит под углом 45° минус половина угла внутреннего трения. Наиболее тяжелые условия равновесия имеют место при прохождении граничной плоскости между призмами через точку «В», где

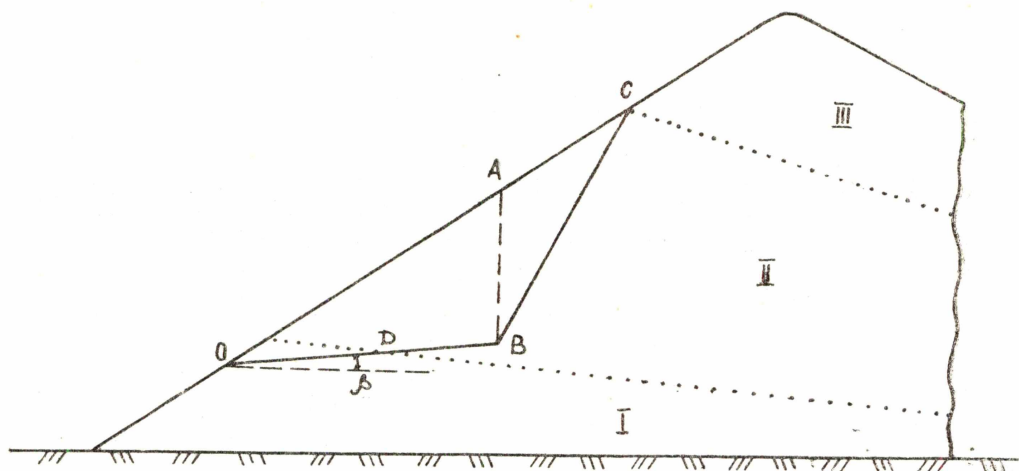


Рис. 1. Разрез породного отвала по продольной оси.
ОВС — воронка деформации; ОВА — призма «упора»;
АВС — призма «активного давления»; ВС — поверхность обрушения;
 β — угол наклона поверхности опирания к горизонту

поверхность обрушения меняет наклон, встречая опорную поверхность призмы «упора». В натуре у точки «В» получается цилиндрическая поверхность обрушения. Боковые грани призм сначала почти вертикальны, затем вследствие обрушения породы они становятся наклонными и впадина, занимаемая призмами переместившейся массы породы, приобретает вид воронки.

Степень устойчивости откоса отвала находится в прямой зависимости от величин углов внутреннего трения, трения между поверхностями опирания «призмы упора», силы сцепления, веса призмы «упора» и обратной от значения веса призмы «активного давления» и угла наклона поверхности опирания к горизонту, а при связных породах и от высоты отвала.

Указанные величины могут изменяться под влиянием влажности, внешней нагрузки, гидростатического и гидродинамического давления и обжига пород. Повышение влажности, обжиг их на горящих отвалах понижает величину углов внутреннего трения, трения между поверхностями опирания «призмы упора» и силы сцепления.

На шахтных породных отвалах наблюдаются следующие деформации: выбросы, оползни, обрушения и ряд других. Изучение их показало, что 1) отвал внизу имеет крупнокусковой материал, в середине — средний и мелочь, на вершине — несортированную массу пород; 2) интенсивное горение наблюдается в средней зоне отвала; 3) внизу кусковой материал под действием высокой температуры и давления спекается и уплотняется; 4) наиболее рыхлый материал после обжига получается в средней зоне; здесь изменяется величина угла внутреннего трения и силы сцепления, происходят обрушения и комбинированные деформации; 5) наблюдения за углами естественного откоса на моде-

лях установили для горелых пород уменьшение этих углов на $2-2,5^\circ$; 6) крупные деформации на отвалах в ясную погоду происходят вследствие изменения угла внутреннего трения и силы сцепления в результате обжига и давления; 7) деформации на отвалах во время ливней и сильных дождей представляют собою выбросы или комбинации выброса, оползня и обрушения; 8) вода при этом увеличивает влажность пород, уменьшает их связность и 9) пар, образующийся при попадании воды на раскаленные породы, оказывает такое же действие.

Для расчета высоты отвала имеется много различных способов: Терцаги, Фаллекуса, Маслова, Жаки и других. Попов [2], сравнивая расчеты по этим способам, пришел к выводу, что отклонения, получаемые по указанным методам, незначительны ($\pm 15\%$). Попов [2] и Милушицкий [3] для расчета высоты отвалов рекомендуют применять способ Жаки, как наиболее простой.

Формула Жаки представляет собою дробь, где числитель есть произведение коэффициента 4, величины силы сцепления породы и множителя, зависящего от угла откоса, внутреннего трения и силы сцепления, а знаменатель — величину объемного веса породы. Указанный множитель определяется по специально составленным графикам [2].

Ниже приводятся результаты определения высоты отвала по указанной формуле для следующих конкретных условий: отвал сложен скальными породами с $5-10\%$ глинистых частиц, угол откоса — 40° , угол внутреннего трения — 30° , объемный вес — $1,6 \text{ т/м}^3$, сила сцепления — $0,5$; $0,8$ и $1,1 \text{ т/м}^2$ и множитель — 20. Величина высоты по расчетам получается 25, 40 и 55 м, средняя 40 м. Как видно из результатов вычислений, изменение силы сцепления сильно влияет на высоту отвала.

Сложная структура тела шахтных отвалов, наличие в них самых разнообразных по свойствам горных пород не дают возможности пользоваться для расчетов оптимальной высоты формулами, принятыми для проектирования отвалов открытых разработок и земляных работ железнодорожного строительства. Указанные формулы следует считать пригодными только для ориентировочных расчетов. Предельная высота плоских отвалов скальных пород с внешней нагрузкой на карьерах и разрезах Мельниковым [4], Шешко [5], Зурковым [6] и др. рекомендуется порядка 25—30 м. Правила технической эксплуатации [7] эту величину определяют в 30—40 м. По тем же источникам высота отвалов, образованных применением транспортно-отвальных мостов, не должна превышать 40—60 м.

Таким образом, можно считать, что ориентировочные расчеты и практика открытых работ определяют максимальную высоту конических отвалов пустых пород в 40 м (с учетом внешней нагрузки в виде подъемной скиповой установки).

Необходимо проверить эту высоту по фактору безопасности. Для указанной цели взяты результаты исследования по 129 породным отвалам шахт Кузбасса. Данные их следующие: 1) оползней, оползней — обрушений на отвалах высотой 30 м не было; 2) на террикониках, где высота 31—40 м, наблюдалось три выброса и оползня без несчастных случаев, два обрушения в ясную погоду (деформация в виде уступа в один метр); 3) на отвалах высотой 41—80 м зафиксировано десять крупных деформаций в разную погоду с объемом перемещенной породы от 500 до 8000 м^3 и несчастными случаями и две в ясную погоду; 4) раскат кусков породы при указанных деформациях у отвалов высотой 40 м составлял 20 м, у отвалов в 70—80 м доходил до 60 м; 5) дальность разлета пыли и мелочи соответственно была 60 и 200 м.

Анализ приведенных фактических данных показывает, что на отвалах высотой до 40 м крупных деформаций не бывает, несчастные случаи отсутствуют. Отвалы же большой высоты, особенно в 70—80 м, имеют благоприятные условия для возникновения крупных аварий, они часто являются причинами тяжелых и смертельных несчастных случаев.

Отвалы высотой до 30 м не дают значительных деформаций как от внешней нагрузки, так и из-за горения пород и других причин. Они приемлемы и с точки зрения безопасности. Существенным недостатком этих отвалов следует считать небольшой объем их и большую площадь земной поверхности под основанием (подошвой). Отвалы высотой до 40 м имеют несколько большие деформации, чем терриконники высотой 30 м. По степени безопасности отвалы в 30—40 м следует считать одинаковыми.

Большим преимуществом отвалов в 40 м является более экономное использование площади земной поверхности и резкое увеличение объема их.

Проведенные исследования дают основание, исходя из требований безопасной эксплуатации конических породных отвалов, определить максимальную (безопасную) высоту этих отвалов в 40 м.

Выводы

1. Деформации типа оползней, оползней — обрушений и комбинированные на горящих породных отвалах высотой 30—40 м происходят значительно реже, и по величине эти деформации меньше, чем на высоких отвалах 60—80 м.

2. Опасность деформаций на отвалах высотой 30—40 м очень незначительная, несчастных случаев там не было. На больших отвалах (высотой 60—80 м) некоторые деформации (оползни, комбинация выброса, оползня и обрушения) отличаются большим масштабом, очень опасны и являются причиной несчастных случаев.

3. Расчеты, данные практики открытых работ, исследования условий равновесия и безопасности работ дают основание определить максимальную высоту породных отвалов шахт в 40 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернацкий Л. Н. Условия устойчивости земляных масс, 1925.
2. Попов С. И. К вопросу о расчете высоты отвального уступа. Научные труды Магнитогорского горнометаллургического института. Выпуск II, 1945.
3. Милушицкий Ю. Н. К вопросу об устойчивости бортов карьеров. Углетехиздат, 1952.
4. Мельников Н. В. Справочник инженера и техника по открытым горным работам. Углетехиздат, 1956.
5. Шешко Е. Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых, 1951.
6. Зурков П. Э. Разработка рудных месторождений открытым способом, Металлургиздат, 1953.
7. Правила технической эксплуатации при разработке угольных месторождений открытым способом. Углетехиздат, 1956.