

УДК 622.27

В.К. СЛОБОДЯНЮК, канд. техн. наук, доц., Ю.Ю. ТУРЧИН, магистр
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Определены параметры карьера, при достижении которых усложняется технология горных работ из-за вероятности периодического затопления глубоких горизонтов. Предложены технологические схемы производства горных работ при вскрытии новых уступов.

Постановка проблемы и её связь с научными и практическими задачами. Анализ работы горнодобывающих предприятий показал, что в последние годы с увеличением глубин карьеров и их размеров по дневной поверхности возросло число случаев периодического затопления глубоких горизонтов. При неблагоприятных метеорологических условиях на откачивание из карьера объема ливневого стока уходит 10-20 рабочих смен, что приводит к отклонениям от разработанных квартально-месячных планов развития горных работ, к снижению скорости углубки карьера и к уменьшению его производительности по руде. Быстрое затопление дна карьера также может стать причиной выхода из строя горнотранспортного оборудования, действующего во вскрытии новых горизонтов. Решение данной проблемы только за счет увеличения мощности и количества насосов карьерного водоотлива нельзя признать рациональным, вследствие увеличения затрат на разработку месторождения. Таким образом, разработка ресурсосберегающих технологий вскрытия глубоких горизонтов, допускающих частичное или периодическое затопление дна карьера, является важной научно-практической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Проблеме организации водоотлива посвящены работы [1,2]. В них приведён сравнительный технико-экономический анализ схем размещения карьерных водоотливных установок в глубоких карьерах. В работах [3, 4] рассмотрены технологические схемы вскрытия глубоких горизонтов в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях. В этих работах недостаточно исследована зависимость открытых горных работ от метеорологических условий, не установлена зависимость объёма ливневого стока, поступающего в карьер, от геометрических параметров карьера, отсутствуют рекомендации по выбору и обоснованию технологии проходки траншей в сложных гидрогеологических условиях.

Постановка задач исследования. Целью данной работы является исследование зависимости между геометрическими параметрами карьера и вероятностью затопления ливневым стоком глубоких горизонтов, анализ технологических схем вскрытия глубоких горизонтов и разработка ресурсосберегающей технологической схемы вскрытия и подготовки горизонтов в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.

Изложение основного материала и результаты. Для решения поставленной задачи на базе формулы В.В. Ржевского была построена математическая модель для расчета в зависимости от главных параметров карьера (длины и ширины нижнего горизонта карьера, угла откоса борта) объема выработанного пространства карьера, площади его верхнего контура и объема ливневого стока при том или ином предположении об интенсивности выпадения осадков (л/с×га). На рис. 1 приведены результаты моделирования затопления нижних горизонтов карьера для следующих условий: длина дна 400 м, ширина дна 300 м, угол откоса борта карьера 35°. С шагом в 25 м были рассчитаны параметры карьеров в интервале глубин от 50 до 400 м. Для каждого из карьеров на основе известных зависимостей интенсивности ливня от его продолжительности и данных гидрогеологических наблюдений были определены объёмы ливневых осадков при различных интенсивностях (от 100 до 250 л/с-га).

Анализ результатов моделирования показывает, что для карьеров глубиной более 250-300 м существует опасность затопления глубоких горизонтов ливневыми осадками. На рис. 1 штриховой линией указан объем въездной траншеи. При глубине карьера более 250 м объема ливневого стока достаточно для полного затопления въездной траншеи на дне карьера (глубина траншеи 15 м, ширина понизу 30 м, уклон 80%). При дальнейшей углубке карьера объёмы ливневых вод, поступающих в карьер, будут возрастать.

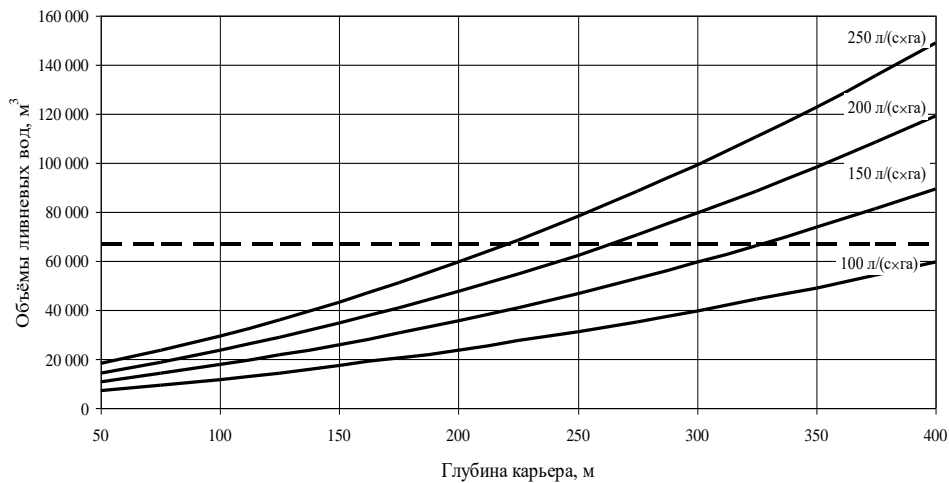


Рис. 1 Залежність об'єму поверхнового стоку (м^3) від глибини кар'єра при різній інтенсивності (л/с·га) ливневих осадків. Штрихова лінія - геометричний об'єм в'їздної траншеї (м^3)

Использование в глубоких карьерах для вскрытия новых горизонтов только экскаваторов типа ЭЖГ уже не является эффективным технологическим решением. Кинематическая схема прямой мехлопаты определяющая ее расположение на дне траншеи (т.е. в самой глубокой части карьера), и наличие электрического привода не позволяют безопасно эксплуатировать экскаватор при подтоплении выработок. Очевидно, что для вскрытия и подготовки глубоких горизонтов в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях необходимо применять технологические схемы и комплексы горнотранспортного оборудования, допускающие полное или частичное затопление дна карьера.

В качестве базовой выемочно-погрузочной машины для ведения работ на глубоких горизонтах могут быть использованы: драглайн, гидравлическая обратная лопата, одноковшовый погрузчик, прямая гидравлическая лопата. При выборе выемочно-погрузочного оборудования следует учитывать его технические параметры, во многом предопределяющие эффективность применения той или иной технологической схемы вскрытия. Такими параметрами являются: высота/глубина черпания, радиус поворота кузова, или в случае одноковшового погрузчика - радиус разворота, вес и т. д. Решение конкретной технологической задачи предполагает одновременное сопоставление основных параметров сравниваемого оборудования, определяющих эффективность применения той или иной машины.

Известен метод [5], который на основе сравнения площадей полигонов, построенных в полярной системе координат по показателям сравниваемых вариантов, позволяет из множества вариантов выбрать лучший. Полигон, очерчивающий меньшую площадь, соответствует лучшему варианту. Количество осей на графике соответствует числу показателей, характеризующих оборудование. Направление отсчета показателя по конкретной оси предполагает, чтобы лучшие, с точки зрения рассматриваемой технологии горных работ варианты располагались ближе к началу координат, а менее выгодные дальше.

Для повышения эффективности метода [5] использовались не абсолютные значения сравниваемых показателей, а их рейтинговые оценки. При этом выборка по каждому из показателей оборудования лучших значений позволяет определить рабочие характеристики лучшей идеальной машины. Расчетная рейтинговая оценка каждого параметра идеальной машины принимается равной нулю (соответственно площадь полигона ноль). Аналогично отбираются худшие значения и определяются рабочие характеристики худшей идеальной машины. В нашем исследовании рейтинговая оценка параметров идеальной худшей машины равна 5.

На основе линейных зависимостей, определенных для каждого из параметров по данным лучшей и худшей машин, для каждого показателя сравниваемых выемочно-погрузочных машин были рассчитаны рейтинговые оценки рабочих параметров оборудования (рис. 2).

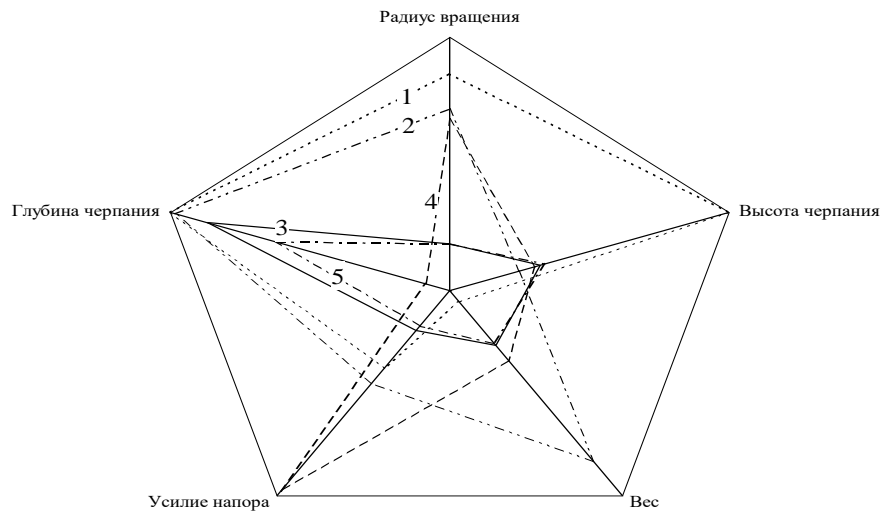


Рис. 2 Диаграмма для выбора выемочно-погрузочного оборудования (1 - погрузчик Komatsu WA-800-2; 2 - ЭКГ-15; 3- прямая лопата Hitachi EX 2500; 4 - ЭШ-6,5/45; 5 - обратная лопата Hitachi EX 2500)

Площадь каждого полигона, соответствующая обобщенной рейтинговой оценке сравниваемого выемочно-погрузочного оборудования, определяется по формуле

$$S = \frac{1}{2} \sin \gamma \cdot (K_1 K_2 + K_2 K_3 + K_3 K_4 + K_4 K_5 + K_5 K_1),$$

где γ - угол между осями, град.; K_1, K_2, K_3, \dots - рейтинговая оценка соответствующих рабочих параметров данного выемочно-погрузочного оборудования.

Лучшую рейтинговую оценку (табл. 1) имеют гидравлический экскаватор обратная лопата Hitachi EX 2500 (5,44), драглайн ЭШ-6,5/45 (6,21) и гидравлический экскаватор прямая лопата (6,89). Худшая рейтинговая оценка у механической лопаты и одноковшового погрузчика. Работе в условиях возможного подтопления нижнего горизонта наиболее лучшим образом отвечают гидравлические экскаваторы и драглайн.

Таблица 1

Обобщенная рейтинговая оценка оборудования

Марка оборудования	Глубина черпания	Высота черпания	Усилие напора	Вес	Радиус вращения	Обобщенная рейтинговая оценка
Hitachi EX 2500 (обратная лопата)	3,1	1,7	0,87	1,29	0,92	5,44
ЭШ-6,5/4У	0,43	1,52	4,9	1,71	3,39	6,21
Hitachi EX 2500 (прямая лопата)	4,34	1,62	0,97	1,34	0,92	6,89
ЭКГ-15	4,91	1,24	2,25	4,17	3,59	18,21
Komatsu WA-800-2	5	5	1,89	0,27	4,28	22,94

В практике открытых горных работ наиболее часто используются две схемы проходки траншей – на полную высоту уступа и послойную проходку. При проходке капитальных траншей на полную высоту уступа имеется высокая вероятность подтопления вскрываемого горизонта поверхностными или подземными водами, что исключает применение одноковшового погрузчика, прямых механических и гидравлических лопат. Область применения обратной гидравлической лопаты ограничивается уступами, имеющими высоту меньше глубины черпания экскаватора. То есть, при обводненном нижнем горизонте и условии проходки въездных и разрезных траншей на полную высоту можно использовать только экскаватор-драглайн, рабочие параметры которого удовлетворяют предъявленным требованиям (обобщенная рейтинговая оценка 6,21). С учетом того, что глубокие горизонты железорудных карьеров представлены скальными горными породами, для эффективного использования драглайнов необходимо улучшить качество взрывного дробления горных пород.

При послойной проходке траншей поперечное сечение траншеи по высоте и ширине делят на ряд отдельных заходов, которые последовательно обрабатывают экскаватором. Высота каж-

дого слоя определяется рабочими параметрами экскаватора. Важным условием при проходке траншей на глубоких обводнённых горизонтах является создание зумпфа, который будет размещаться по мере понижения горных работ [2]. Порядок работ по проходке траншеи будет различным для машин с верхним черпанием и машин с нижним черпанием. При использовании машин с верхним черпанием прежде всего должны быть организованы водоприёмные выработки. При использовании машин с нижним черпанием водоприёмные выработки создаются в последнюю очередь в самой глубокой части траншеи.

При послойной проходке траншей механической лопатой особое значение имеет комплекс мероприятий по организации водоотлива и предотвращению подтопления экскаватора. Как правило, на нижней площадке обрабатываемого слоя сооружается несколько временных зумпфов, расположенных друг от друга на расстоянии 3-5 м. Объем каждого временного зумпфа в среднем составляет 300 м³, глубина до 4 м. Расположенные во взорванной горной массе временные зумпфы работают как единая дренажная система, обеспечивая необходимые условия для работы карьерного водоотлива. При переходе к отработке нижележащего слоя временные зумпфы на вышележащем слое продолжают использоваться до момента их подработки экскаватором. Скорость строительства траншеи ограничивается интенсивностью поступления карьерных вод. При повышении объёма стока проходческие работы прекращаются на время необходимое для откачки вод, при этом экскаватор необходимо вывести из траншеи. В случае, когда вывести экскаватор из траншеи невозможно, экскаватор отсыпает для себя насыпь (площадку) высотой 4-5 м. После подъема экскаватора на насыпь он отключается от электрического питания. Насосные агрегаты в траншее продолжают работу вплоть до момента их возможного затопления.

При послойной проходке слоями высотой 3-5 м риск затопления снижается благодаря большой высоте слоя, параллельному и опережающему осушению вскрываемой толщи горных пород. При использовании экскаваторов ЭКГ, учитывая кинематическую схему экскаватора и его технические параметры (обобщённая рейтинговая оценка 18,21), имеем наиболее сложную, длительную и небезопасную технологию подготовки глубоких горизонтов.

Обратные гидравлические лопаты способны обрабатывать слой горных пород, расположенный на 4-8 м ниже горизонта установки экскаватора, что упрощает организацию работ по созданию временных зумпфов. Транспортные средства могут подаваться под погрузку, как на уровне установки экскаватора, так и ниже его. Технические параметры обратной гидравлической лопаты (обобщённая рейтинговая оценка 5,44) и ее кинематическая схема наиболее полно отвечают требованиям послойной проходки капитальных выработок в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.

Технологические схемы послойной проходки капитальных траншей при вскрытии и вводе в эксплуатацию глубоких горизонтов в условиях риска их затопления намного более эффективны и предпочтительны, нежели схемы проходки капитальных траншей на полную высоту уступа.

Выполненный анализ выемочно-погрузочного оборудования и технологических схем проходки траншей позволяет предложить, как наиболее эффективную, комбинированную послойную схему проходки траншей. Даная схема предполагает использование нескольких видов оборудования. Рациональным будет использование обратной гидравлической лопаты в сочетании с базовой выемочно-погрузочной машиной, предусмотренной проектом. Работа обратного гидравлического экскаватора в этом случае направлена на создание безопасных условий ведения горных работ для механических лопат.

Выводы и направления дальнейших исследований. Установлено, что при достижении карьером глубины более 250 м, объёма ливневого стока достаточно для полного затопления въездной траншеи на дне карьера.

На большинстве карьеров в качестве базового выемочно-погрузочного оборудования используются мехлопаты типа ЭКГ. Наличие электропривода не позволяет безопасно эксплуатировать экскаваторы в сложных гидрогеологических условиях. Как следствие, снижается скорость углубки и производительность карьера.

Анализ технических параметров оборудования и технологических схем проходки траншей показал, что для эффективного ведения работ по углубке карьера предпочтительно применять гидравлические экскаваторы типа обратная и прямая лопата. Применение драглайнов требует корректировки паспорта буровзрывных работ. Для обеспечения безопасных условий производства горных работ на глубоких горизонтах следует использовать комбинированную послойную

схему проходки траншей.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку, технико-экономическое и практическое обоснование ресурсосберегающих технологических схем вскрытия и ввода в эксплуатацию глубоких горизонтов карьеров в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.

Список литературы

1. Методическое обоснование выбора рациональной схемы водоотлива в условиях кимберлитовых карьеров. / Е.Л. Алькова, С.В. Панишев, С.А. Ермаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. - № 10.- С.192-198.
2. Арсентьев А.И. Устойчивость бортов и осушение карьеров / А. И. Арсентьев, И. Ю. Букин, В.А. Мироненко. - М.: Недра, 1982. - 165 с.
3. Руководство по дренированию карьерных полей / под ред. В.А.Мироненко. - Л.: ВНИМИ, 1968. - 171 с.
4. Организация горных работ при подготовке новых горизонтов на обводненных карьерах / И.И. Дуданов, Д.Н. Лигоцкий, Г.А. Холодняков, В.С. Авраамов // Записки Горного института. 2009. - Том 181.- С. 61-64.
5. Науман Э. Принять решение – но как? – М.:Мир, 1987. – 198 с.

Рукопись поступила в редакцию 06.03.12

УДК 622.83: 622.271.33

Ю.М. НИКОЛАШИН, д-р техн. наук, проф.,

Ю.В. ПЕРЕГУДОВ, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ СХЕМА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДРАБОТАННОГО БОРТА КАРЬЕРА С КРУТОПАДАЮЩЕЙ СЛОИСТОСТЬЮ

Предложена схема расчета устойчивости подработанного борта глубокого карьера с учетом развития областей сдвижения горных пород при крутопадающей слоистости массива

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Решение проблемы устойчивости подработанных бортов карьеров глубиной 500-700 м связана с обеспечением безопасного ведения открытых горных работ. В основе решения проблемы лежат научные представления о формировании зон сдвижения горных пород в подработанном массиве и призме возможного обрушения борта карьера.

На основе данных о сдвижении горных пород и деформациях бортов карьеров назначают меры защиты откосов от обрушений.

Горные меры охраны бортов карьера от обрушений обеспечивают специальный порядок ведения горных работ, позволяющий уменьшить проявление процесса сдвижения горных пород на поверхности борта. К этим мерам относят: применение различных видов закладки выработанного пространства, погашение пустот, прогнозирование состояния массива горных пород и определение условий устойчивого состояния подработанных бортов. Если безопасность горных пород не обеспечена, возможны катастрофические последствия.

Анализ исследований и публикаций. Основным источником информации о реальном ходе процесса сдвижения горных пород являются натурные наблюдения. Так, на Глееватском месторождении геомеханические наблюдения ведутся с 1950 г. (службой сдвижения карьера №1 с 1965 г.). Исследования процесса сдвижения горных пород в карьере выполняли институты ВНИМИ, ВИОГЕМ, КГРИ и др. В результате наблюдений и исследований установлены границы зон возможного воронкообразования, обрушения, полных и плавных сдвижений в действующем карьере № 1 от подземной разработки до глубины 1000 м [1]. Инструментальными и геофизическими наблюдениями за деформациями подработанного восточного борта на его поверхности и в штольнях гор.(-20) и (-50) м выявлено одновременное влияние на состояние массива развития процессов сдвижения от подземных работ и оползневых - от открытых [2,3].

По результатам инструментальных наблюдений за смещениями реперов, заложенных на поверхности восточного борта, установлено преимущественное влияние на верхних горизонтах открытого выработанного пространства карьера №1 в пределах 0,5 высоты борта. Затем направление векторов смещения изменяется на обратное: в сторону подземного выработанного пространства, и на нижних горизонтах направление смещение реперов имеет наклон в пределах