

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ ТРАНШЕЙ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ

Визначені параметри кар'єру, при досягненні яких ускладнюється технологія гірничих робіт через ймовірність періодичного затоплення глибоких горизонтів. З точки зору умов глибоких горизонтів проаналізовано основні схеми проходки траншей та параметри виймально-навантажувального обладнання. Запропоновано комбіновану технологічну схему проходки траншей з використанням гідравлічних та механічних екскаваторів.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF THE DRIVING OF TRENCHES IN DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE DEEP HORIZONS OF IRON ORE PITS

Pit parameters in which bottom flooding is possible are defined. The main schemes of a driving of trenches and parameters of the loading equipment are analysed. The combined scheme of a driving of a trench with use of hydraulic and mechanical excavators is offered.

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 глибоких горизонтов. При неблагоприятных метеорологических условиях на откачивание из карьера объема ливневого стока уходит 10-20 рабочих смен, что приводит к отклонениям от разработанных кварталнo-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, задействованного 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 глибоких 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 глибоких карьерах. В работах [3, 4] рассмотрены технологические схемы вскрытия глибоких горизонтов в сложных гидрогеологических и горно-технических 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 400м, ширина дна 300м, угол откоса борта карьера 35°. С шагом в 25м были рассчитаны параметры карьеров в интервале глубин от 50м до 400м. Для каждого из карьеров на основе известных зависимостей интенсивности ливня от его продолжительности и данных гидрогеологических наблюдений были определены объемы ливневых осадков при различных интенсивностях (от 100 до 250 л/с×га).

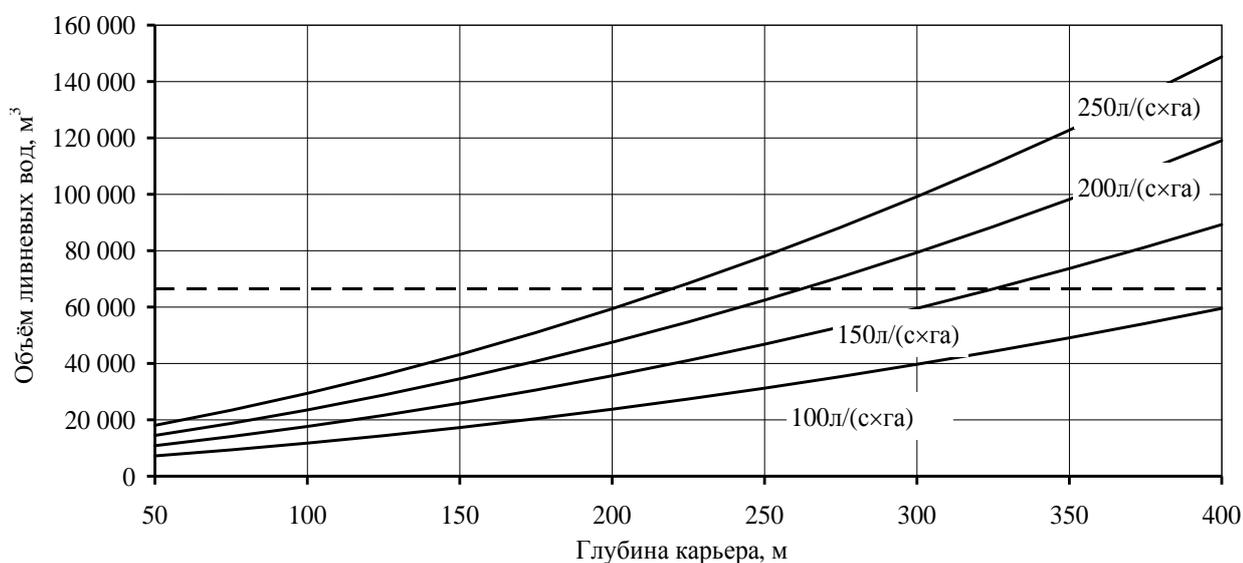


Рис. 1 - Зависимость объема поверхностного стока (м³) от глубины карьера при разной интенсивности (л/с×га) ливневых осадков. Штриховая линия - геометрический объем въездной траншеи (м³)

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 тран-

шей 15 м, ширина понизу 30 м, уклон 80 ‰). При дальнейшей углубке карьера объёмы ливневых вод, поступающих в карьер, будут возрастать.

Использование в глубоких карьерах для вскрытия новых горизонтов только экскаваторов типа ЭКГ 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 горно-транспортного оборудования, допускающие полное или частичное затопление дна карьера.

В качестве 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 скорость передвижения. 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, табл. 1).

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

$$S = \frac{1}{2} \sin \gamma \times (K_1 K_2 + K_2 K_3 + K_3 K_4 + K_4 K_5 + K_5 K_6 + K_6 K_1);$$

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

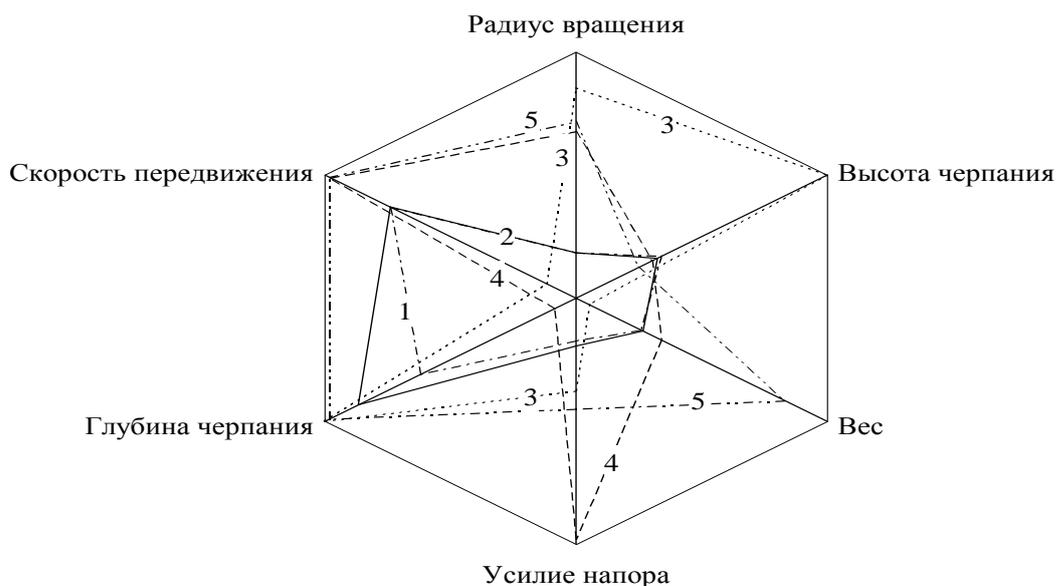


Рис. 2 - Диаграмма для выбора выемочно-погрузочного оборудования (1 - обратная лопата EX 2500; 2 - прямая лопата EX 2500; 3- погрузчик Komatsu; 4 - ЭШ-6,5/45; 5 - ЭКГ-15)

Таблица 1 - Обобщенная рейтинговая оценка оборудования

Марка оборудования	глубина черпания	высота черпания	усилие напора	вес	радиус вращения	скорость передвижения	обобщенная рейтинговая оценка
Hitachi EX 2500 (обратная лопата)	3,1	1,7	0,87	1,29	0,92	3,7	11,54
Hitachi EX 2500 (прямая лопата)	4,34	1,62	0,97	1,34	0,92	3,7	14,67
Komatsu WA-800-2	5	5	1,89	0,27	4,28	0,58	19,18
ЭШ-6,5/45	0,43	1,52	4,9	1,71	3,39	4,88	22,26
ЭКГ-15	4,91	1,24	2,25	4,17	3,59	4,92	33,55

Лучшую рейтинговую оценку (табл. 1) имеют гидравлический экскаватор

Hitachi EX 2500 (обратная лопата - 11,54 ; прямая лопата 14,67) и одноковшовый погрузчик Komatsu WA-800-2 (19,18). Худшая рейтинговая оценка у драглайна (22,26) и механической лопаты (35,55). Одной из причин низкой оценки драглайна и механической лопаты является невысокая скорость перемещения. Причем большая глубина черпания у драглайна обеспечила расчетную рейтинговую оценку на 11,29 балла более высокую, чем у прямой мехлопаты. Работе в условиях возможного подтопления нижнего горизонта наиболее лучшим образом отвечают гидравлические экскаваторы и одноковшовый погрузчик.

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, глубина черпания которого удовлетворяет предъявленным требованиям (обобщённая рейтинговая оценка 22,26). 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 отрабатывают экскаватором. Высота каждого слоя определяется рабочими параметрами экскаватора. Важным условием при проходке траншей на глубоких обводнённых горизонтах является создание зумпфа, который будет перемещаться 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 отрабатываемого слоя сооружается несколько временных зумпфов, расположенных друг от друга на расстоянии 3-5 м (рис. 3). Объем каждого временного зумпфа в среднем составляет 300 м^3 , 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 вышележа-

щем 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 его отключают от электрического питания. Насосные агрегаты в траншее продолжают работу вплоть до момента их возможного затопления.



Рис. 3 – Послойная проходка траншеи механической лопатой

При послойной проходке слоями высотой 3–5 м риск затопления снижается благодаря небольшой высоте слоя, параллельному и опережающему осушению вскрываемой толщи горных пород. При использовании экскаваторов ЭЖГ, учитывая кинематическую схему экскаватора и его технические параметры (обобщённая рейтинговая оценка 33,55), мы 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 11,54) 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. Данная 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. Предлагается следующая организация работ по проходке капитальной траншеи (рис. 4).

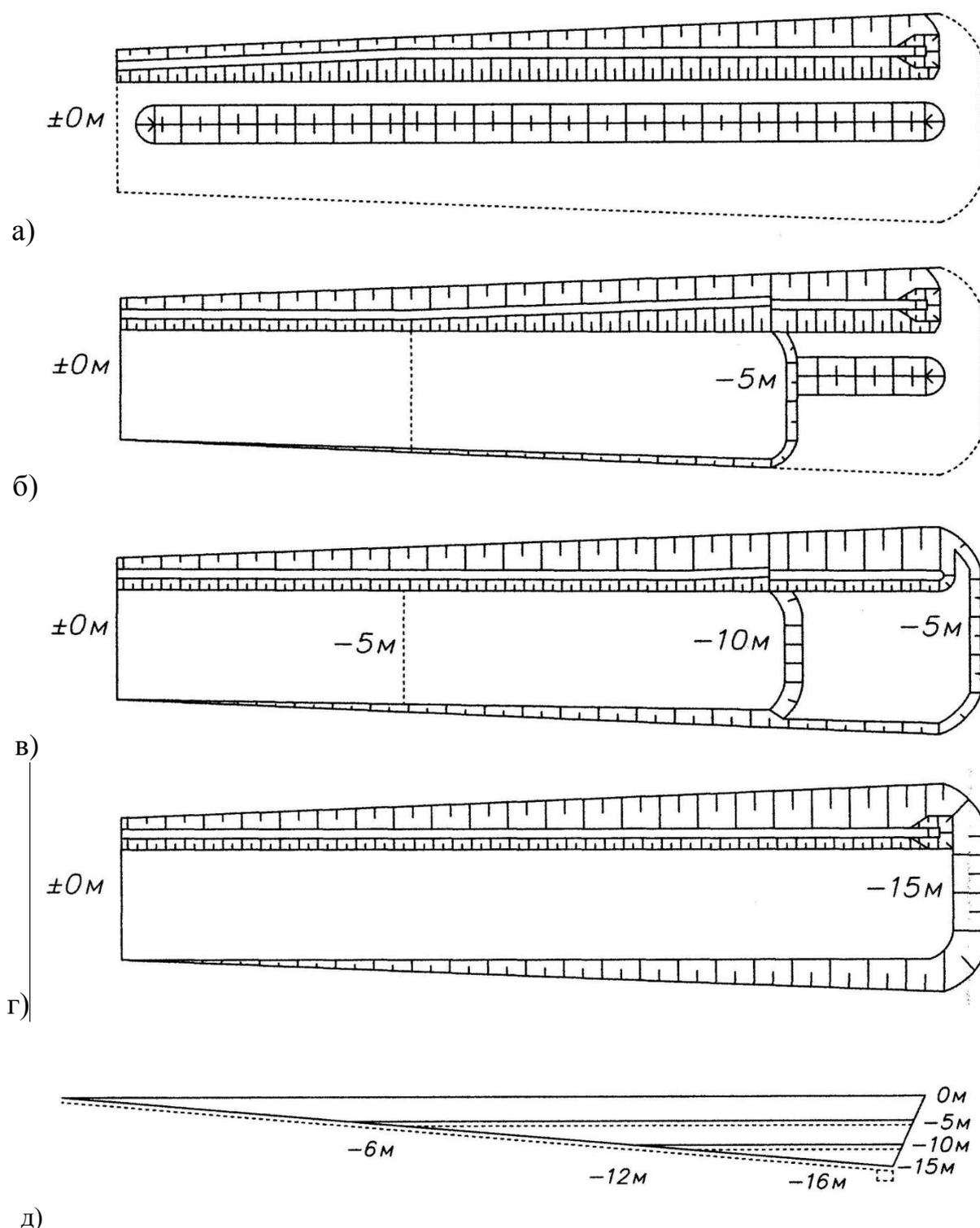


Рис. 4 – Комбинированная послойная схема проходки траншей (а, б, в, г –этапы формирования траншеи, д –продольный разрез)

Вдоль проектного борта сооружаемой капитальной траншеи обратная лопата бестранспортным способом проходит опережающую водопонижающую траншею глубиной 6-7 м с шириной по основанию 2-3 м. Горная масса, извлекаемая из опережающей траншеи, укладывается в навал в проектной контуре капитальной траншеи для последующей отгрузки мехлопата в средства автомобильного транспорта. В самой глубокой части водопонижающей траншеи устраивается временный зумпф.

После понижения уровня воды, мехлопата начинает обработку горной массы в пределах первого слоя высотой 5 м. По высоте траншея разбивается на три слоя равной высоты. При ширине траншеи по низу 30 м, уклоне 80‰, высоте уступа 15 м, в пределах каждого из слоев будут вынуты соответственно 33.8, 18.2 и 5.6 тыс.м³ горной массы.

После формирования по подошве первого слоя площадки с параметрами, допускающими безопасную эксплуатацию второго экскаватора, обратной гидравлической лопатой начинаются работы по углублению водопонижающей траншеи. Горная масса отгружается экскаватором в средства автотранспорта. Углубленную часть водопонижающей траншеи используют как временный зумпф, обеспечивающий осушение второго слоя. Далее порядок работ повторяется. При завершении обработки мехлопата третьего слоя, гидравлический экскаватор формирует зумпф, который будет эксплуатироваться в ходе подготовки горизонта к сдаче в эксплуатацию.

Выводы и направления дальнейших исследований. Установлено, что при достижении карьером глубины более 250 м, объема 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. Для обеспечения безопасных условий производства горных работ на глубоких горизонтах следует использовать комбинированную послонную 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.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТУПИКОВЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМ РАСЧЕТЕ КОЭФФИЦИЕНТА УТЕЧЕК

Розроблено методи розрахунку основних параметрів провітрювання тупикових виробок місцевого провітрювання. Визначається витрата повітря, що надходить в привибійний простір і довжина трубопроводу.

DEFINITION OF PARAMETERS VENTILATION SYSTEM DEADLOCK WORKING IN THE CALCULATION OF THE COEFFICIENT LEAKAGE

The methods calculating the basic parameters ventilation of deadlock workings of local ventilation. Determined by the flow air entering the space in the bottom hole and the length of the pipeline.

Основным способом проветривания тупиковых выработок является нагнетательный, при котором обычно применяются гибкие трубопроводы. При совместной работе двух вентиляторов установка их на трубопровод может производиться каскадом или параллельно. Для определения параметров совместной работы двух вентиляторов местного проветривания (ВМП) используют графические методы [1]. Предлагаются аналитические методы определения этих параметров.

При совместной работе двух вентиляторов с разной парциальной производительностью работа эффективна только в том случае, когда необходимая производительность вентиляторной установки не превышает производительность меньшего вентилятора. Если между двумя вентиляторами в вентиляционной сети существует противодействие, то парциальный режим меньшего вентилятора превращается в дополнительное сопротивление для большего вентилятора.

Математическая модель вентиляционной системы тупиковой выработки при гибком трубопроводе может описываться уравнением

$$\frac{6,48\alpha l_{mp}}{d_{tr}^5} Q_{zn}^2 k_{ym} = a_0 - a_1 k_{ym} Q_{zn}, \quad (1)$$

где Q_{zn} – расход воздуха, поступающего в призабойное пространство тупиковой выработки, α – коэффициент аэродинамического сопротивления трубопровода,

l_{tr} – длина трубопровода, м; d_{tr} – диаметр трубопровода, м; k_{ym} – коэффициент утечек воздуха в трубопроводе, a_0, a_1 – коэффициенты в формуле, описывающей характеристику вентилятора.