

Слободянюк В. К. /к. т. н./, Турчин Ю. Ю.
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Совершенствование схем вскрытия глубоких горизонтов карьеров в сложных гидрогеологических условиях

Определены параметры карьера, при достижении которых усложняется технология горных работ из-за вероятности периодического затопления глубоких горизонтов. Выполнен анализ основных параметров существующих выемочно-погрузочных машин и технологических схем проходки траншей с точки зрения эффективности их применения на глубоких горизонтах. Разработана комбинированная технологическая схема проходки траншей с использованием обратных гидравлических и прямых механических экскаваторов. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 7 назв.

Ключевые слова: вскрытие горизонтов, технологические схемы проходки траншей

The parameters of open cut, attaining of which leads to complication of mining technology because of probability of deep intermittent flooding were determined.

The analysis of key parameters of the existing extraction and loading equipment and trenching flow sheets in terms of their efficient use on the deep levels was made. A combined process scheme of trenching with the use of back-shovel hydraulic and face-shovel excavators was developed.

Keywords: horizons striping, technological scheme of trenching

Постановка проблемы и ее связь с научными и практическими задачами

В последнее десятилетие климат Украины претерпел значительные изменения. По данным девятого ежегодного отчета «Глобальный индекс климатических рисков 2014», Украина занимает 23 место в мире по уровню уязвимости стихийными бедствиями [6]. В последние годы значительно возросло количество ливней и их интенсивность, что напрямую отобразилось на условиях ведения горных работ открытым способом.

С увеличением геометрических размеров карьеров (в первую очередь глубины и площади верхнего контура карьера) увеличилось количество случаев периодического затопления нижних горизонтов ливневыми и подземными водами. В то же время существующие технологии вскрытия и подготовки новых уступов небезопасны и неэффективны при ведении открытых горных работ на обводненных глубоких горизонтах. Возникает постоянная необходимость в осушении вскрываемых горизонтов, что приводит к остановке проходческих работ, снижению скорости углубки карьера, уменьшению его производительности по руде, невыполнению квартально-месячных планов развития горных работ. Быстрое затопление дна карьера также может стать причиной выхода из строя электрического оборудования экскаваторов, задействованных во вскрытии и подготовке новых горизонтов. Решение данной проблемы только за счет увеличения мощности систем карьерного водоотлива является нерациональным вследствие возрастания капитальных затрат на разработку месторождения и увеличения занятости рабочего пространства дна карьера для размещения водопонижающих вы-

работок и насосного оборудования. Таким образом, разработка и внедрение ресурсосберегающих, безопасных технологий вскрытия глубоких горизонтов, допускающих частичное или полное затопление дна карьера, является важной научно-практической задачей.

Анализ последних исследований и публикаций

Совершенствованию систем карьерного водоотлива, схем размещения насосного оборудования и водопонижающих выработок посвящены работы [1, 2]. В работах [3, 4] рассмотрены технологии вскрытия и подготовки новых уступов в сложных метеорологических условиях. В исследованиях [1-4] комплексно не решена задача обеспечения безопасного и эффективного производства горных работ в сложных гидрогеологических и метеорологических условиях глубоких карьеров. Отсутствуют рекомендации по выбору горного выемочно-погрузочного оборудования и схем вскрытия глубоких горизонтов в условиях их возможного подтопления.

Постановка цели и 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.

При выполнении работы решали следующие задачи:

- анализ современного состояния и особенностей горных работ на глубоких горизонтах железорудных карьеров;

- анализ существующих технологических схем вскрытия и подготовки глубоких горизонтов в условиях их подтопления ливневыми и подземными водами;
- исследование зависимости величины притока ливневых и подземных вод от главных параметров карьеров;
- сравнительный анализ и выбор выемочно-погрузочного оборудования с точки зрения его пригодности для ведения работ на глубоких обводненных горизонтах;
- разработка и обоснование технологических схем производства углубочных работ при вскрытии и подготовке новых уступов глубоких железорудных карьеров в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях;
- сравнительный анализ существующих и разработанных схем подготовки глубоких уступов карьеров;
- исследование влияния притока ливневых и подземных вод на скорость углубки и производительность карьера.

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, 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 объемы ливневых осадков при различных интенсивностях (от 100 до 250 л/с·га).

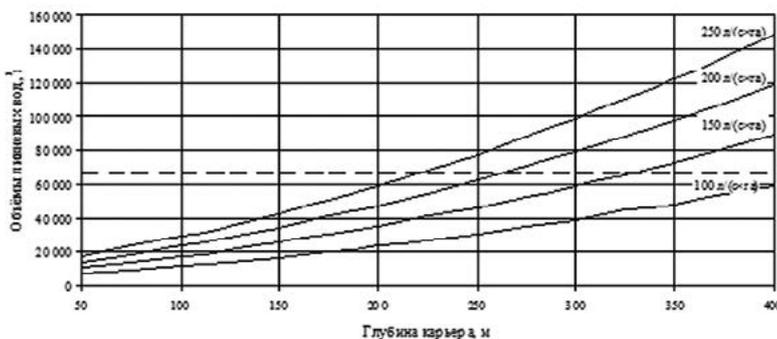


Рис. 1. Зависимость объема поверхностного стока (м³) от глубины карьера при разной интенсивности (л/с·га) ливневых осадков, штриховая линия – геометрический объем въездной траншеи (м³)

Анализ результатов моделирования показывает, что для карьеров глубиной более 250-300 м существует опасность затопления глубоких горизонтов

ливневыми осадками, объема ливневого стока достаточно для полного затопления въездной траншеи на дне карьера (см. рис. 1). При дальнейшей углубке карьера объемы 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. 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, 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. Выборка по каждому из показателей оборудования лучших значений позволяет определить рабочие характеристики лучшей идеальной машины. Рейтинговая оценка каждого параметра идеальной лучшей машины принимается равной нулю (соответственно, площадь полигона ноль). Аналогично отбираются худшие значения и определяются рабочие характеристики худшей идеальной машины. В нашем исследовании рейтинговая оценка каждого из параметров худшей машины равна 10.

На основе линейных зависимостей, определенных для каждого из параметров по данным лучшей и худшей машин, для каждого показателя сравни-

ваемых выемочно-погрузочных машин были рассчитаны рейтинговые оценки рабочих параметров оборудования.

Также для устранения присущих методу [5] недостатков, связанных с зависимостью площади полигона от порядка следования осей, нами предложено его модифицировать следующим образом. На круговой диаграмме каждому показателю отводится отдельный сектор с центральным углом, величина которого обратно пропорциональна числу показателей, характеризующих оборудование. Оценка показателя оборудования равна площади равнобедренного треугольника, построенного от центрального угла на линиях, ограничивающих сектор.

Площадь полигона, характеризующего конкретный вариант, определяется как сумма площадей треугольников, построенных в границах секторов, характеризующих соответствующие показатели (таблица)

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

где γ – центральный угол, град.; K1, K2, K3... - рейтинговая оценка соответствующих рабочих параметров данного выемочно-погрузочного оборудования.

Для сохранения простоты визуализации вариантов на диаграмме отстраиваются не равнобедренные треугольники, построенные от центрального угла на линиях, ограничивающих сектора, а полигон, соединяющий середины оснований этих треугольников (рис. 2).

Таблица. Обобщенная рейтинговая оценка оборудования

Марка оборудования	Глубина черпания	Высота черпания	Усилие напора	Вес	Радиус вращения	Скорость передвижения	Обобщенная рейтинговая оценка
ЭГО	7,59	6,04	4,33	4,46	3,35	7,49	86,68
ЭГП	9,12	5,79	2,26	4,52	3,50	7,63	92,07
Погрузчики	9,79	9,21	8,02	0,80	7,83	3,07	136,98
Драглайны	2,35	3,19	9,41	7,62	8,28	9,61	139,9
Мехлопаты	9,41	4,94	8,31	6,26	5,02	9,57	146,3

Лучшую рейтинговую оценку (таблица) имеют гидравлические экскаваторы (обратная лопата – 86,68; прямая лопата 92,07) и одноковшовые погрузчики (136,98). Худшая рейтинговая оценка у драглайнов (139,9) и мехлопаты (146,3). Работе в условиях возможного подтопления нижнего горизонта наиболее лучшим образом отвечают гидравлические экскаваторы и одноковшовый погрузчик.

В практике открытых горных работ при вскрытии глубоких горизонтов наиболее распространены технологические схемы послойной проходки капитальных траншей прямой механической лопатой. При послойной проходке траншей механической лопатой особое значение имеет комплекс мероприятий по организации водоотлива и предотвращению подтопления экскаватора. 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. 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 объема 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 пита-

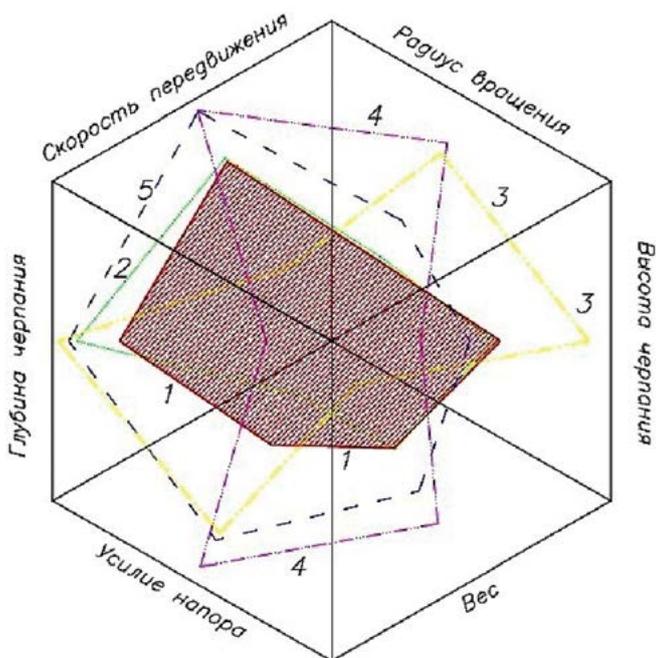


Рис. 2. Диаграмма для выбора выемочно-погрузочного оборудования: 1 – обратная лопата; 2 – прямая лопата; 3 – погрузчик; 4 – драглайн; 5 – мехлопата

ния. Насосные агрегаты в траншее продолжают работу вплоть до момента их возможного затопления. Вследствие выполняемых операций время подготовки горизонтов увеличивается более чем на 45-60 % в сравнении с работой в сухих условиях, что приводит к потере заданной производительности карьера и, следовательно, экономическим потерям предприятия.

Для повышения эффективности и безопасности работ по подготовке уступов к эксплуатации нами была разработана комбинированная послойная технологическая схема вскрытия горизонтов, предполагающая использование нескольких видов оборудования, а именно обратной гидравлической лопаты в сочетании с базовой выемочно-погрузочной машиной, предусмотренной проектом [7]. Работа обратной гидравлической экскаватора в этом случае направлена на создание безопасных условий ведения горных работ для механических лопат. Предлагается следующая организация работ по проходке капитальной траншеи (рис. 3).

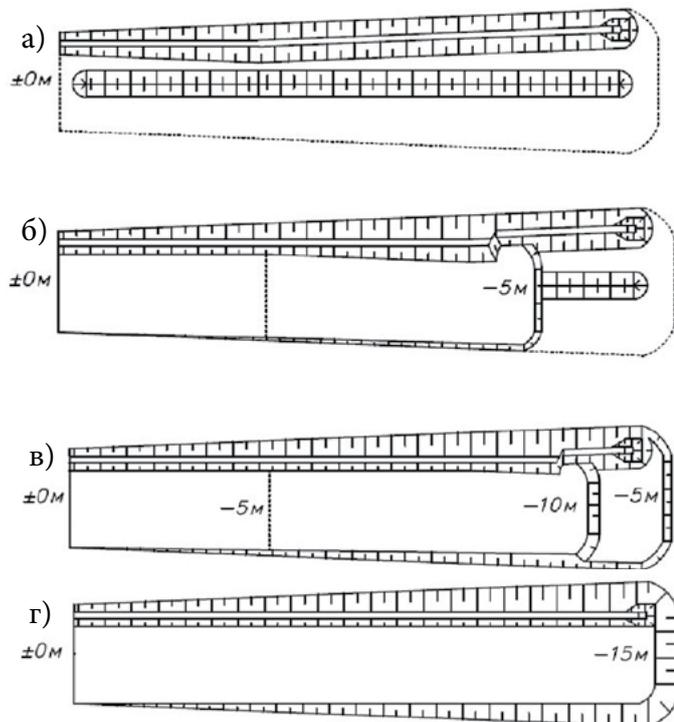


Рис. 3. Комбинированная послойная схема проходки траншей: а, б, в, г – этапы формирования траншей

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 проектном контуре капитальной траншеи для последующей отгрузки мехлопатай в средства автомобильного транспорта. В самой глубокой части водопонижающей траншеи обустраивается временный зумпф (см. рис. 3а).

После понижения уровня воды мехлопата начинает отработку горной массы в пределах первого слоя высотой 5 м. По высоте траншея разбивается на три слоя равной высоты.

После формирования по подошве первого слоя

площадки с параметрами, допускающими безопасную эксплуатацию второго экскаватора, обратной гидравлической лопатой начинаются работы по углублению водопонижающей траншеи (см. рис. 3б). Горная масса отгружается экскаватором в средства автотранспорта. Углубленную часть водопонижающей траншеи используют как временный зумпф, обеспечивающий осушение второго слоя. Далее порядок работ повторяется (см. рис. 3в). При завершении отработки мехлопатай третьего слоя гидравлический экскаватор формирует зумпф, который будет эксплуатироваться в ходе подготовки горизонта к сдаче в эксплуатацию (см. рис. 3г).

Выводы и направления дальнейших исследований

Выполненные исследования показали, что:

1. Вероятность затопления въездной и разрезной траншей поверхностным стоком возрастает с увеличением главных параметров карьера.
 2. Безопасная область использования в глубоких карьерах экскаваторов ЭКГ должна определяться с учетом главных параметров карьера и величин прогнозируемого стока поверхностных и подземных вод.
 3. При определении понижения горных работ и производительности карьеров необходимо влияние на время подготовки нового горизонта работ определять с учетом затрат времени на осушение новых горизонтов.
 4. Эффективная технология горных работ в глубоких карьерах обеспечивается допущением безопасного периодического затопления глубоких горизонтов, для вскрытия и подготовки которых применяется выемочно-погрузочное оборудование с нижним черпанием.
- 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.

Библиографический список

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. 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. Лиготский, Г. А. Холодняков, В. С. Авраамов // Записки Горного института. - 2009. - Т. 181. - С. 61-64.
5. Науман Э. Принять решение – но как? – М.: Мир, 1987. – 198 с.
6. Krefst S., Eckstein D. (2013) Global climate risk 2014 Germanwatch e. V., Berlin, Germany.
7. АС 85057U Украины МПК 2013.01. E21D 9/00 Способ вскрытия рабочих горизонтов карьеров в сложных гидрогеологических условиях / Слободянюк В. К., Турчин Ю. Ю.; заявл. 26.04.2013; опубл. 11.11.2013.

Поступила 17.01.2014