

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

З використанням методів імітаційного моделювання виконано дослідження впливу на ефективність екскаваторно-автомобільного комплексу кількості автосамоскидів. Визначена найбільш доцільна кількість автосамоскидів для транспортного обслуговування одного вибою.

DETERMINING THE RATIONAL AMOUNT OF QUARRY TIPPERS

With the use of simulation techniques studied the effect on the efficiency of a excavator-automobile complex of tippers studied. The most desirable number of tippers for transport services of one working face determined.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Анализ процессов открытых горных работ дает понимание того, что несогласованность в работе выемочно-погрузочных и транспортных машин определяет высокий уровень эксплуатационных затрат на разработку и снижение производительности горнотранспортного оборудования. Наибольшее влияние на эксплуатационные показатели экскаваторно-автомобильного комплекса оказывают:

- недостаточное использование производственной мощности выемочно-погрузочных машин;
- очереди при погрузке автосамосвалов в забое и разгрузке на отвал;
- маневры и остановки при движении автосамосвалов по карьерным дорогам с ненормативной шириной;
- снижение скорости движения автосамосвалов и увеличение времени маневров из-за неудовлетворительного состояния карьерных автодорог.

Первые две проблемы взаимосвязаны и определяются различным уровнем обеспечения экскаваторов средствами транспорта. При увеличении количества самосвалов происходит рост производительности экскаватора, вплоть до ситуации, в которой единственная задержка его работы связана с маневрами самосвалов в забое. Но это приводит к образованию очередей и усложнению движения самосвалов по карьерным дорогам, особенно на узких и крутых участках дорог.

Разработка и совершенствование методов планирования горных работ и производственных процессов является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность использования дорогостоящего горнотранспортного оборудования.

Анализ исследований и публикаций. В работах многих исследователей [1-4] решаются вопросы планирования и совершенствования работы экскаваторно-автомобильных комплексов. Работы 80-90-х годов прошлого столетия содержат материалы обобщения статистических данных о работе горнотранспортных комплексов карьеров, результаты исследований по проблеме ис-

пользования в одном транспортном потоке разнотипных карьерных автосамосвалов, теоретические обоснования методов определения рациональных параметров горнотранспортного комплекса [3].

Внедрение на горно-обогатительных комбинатах СНГ спутниковых систем мониторинга за положением и основными параметрами работы карьерных автосамосвалов обусловило накопление больших объемов статистических данных. В работе [4] проанализированы данные бортовых контроллеров системы загрузки карьерных автосамосвалов карьера №3 ОАО "ЦГОК" за январь 2011г. Подвижной состав представлен 7 карьерными автосамосвалами грузоподъемностью 120 т и 10 автосамосвалами грузоподъемностью 130 т. Сменные рапорты карьерных автосамосвалов включали: дату рейса, номер автосамосвала, продолжительность ожидания погрузки, время начала погрузки, продолжительность погрузки, продолжительность движения с грузом, продолжительность ожидания разгрузки, время начала разгрузки, продолжительность разгрузки, расстояние транспортирования, тип и массу перевезенного груза, среднюю скорость движения с грузом, номер пункта погрузки и разгрузки [4].

Обработка, анализ и обобщение этой информации могут служить основой для установления новых закономерностей в работе сложных горнотранспортных комплексов глубоких карьеров и разработке новых методов планирования горного производства, учитывающих актуальное положение горных работ, расстановку экскаваторов, положение пунктов разгрузки на отвале, топографию и возможный скоростной режим карьерных дорог.

В научно-технической литературе известно мало работ, посвященных обоснованию рациональных параметров экскаваторно-автомобильного комплекса методами имитационного моделирования.

Постановка задачи. Цель работы - разработка методики имитационного моделирования работы экскаваторно-автомобильного комплекса для решения задач рационального планирования горного производства в конкретных горнотехнических условиях.

При выполнении работы решались следующие задачи:

- сбор данных о работе выемочно-погрузочного и транспортного оборудования в условиях железорудных карьеров и разработка методики моделирования работы экскаваторно-автомобильного комплекса;
- выполнение исследований с использованием разработанной имитационной модели;
- анализ результатов моделирования и определение рационального количества карьерных автосамосвалов.

Изложение материала и результаты. В теории горного дела известен коэффициент, характеризующий степень соответствия друг другу в экскаваторно-автомобильном комплексе количества выемочно-погрузочного и транспортного оборудования. Физический смысл данного коэффициента заключается в оценке отношения времени задействования одного вида горнотранспортного оборудования другим. Причем эти два вида оборудования

представляют смежные, жестко взаимосвязанные технологические процессы: экскавацию и транспортирование горной массы. Рассмотрим горнотранспортный комплекс, состоящий из $N_{\text{Э}}$ экскаваторов и $N_{\text{А}}$ автосамосвалов. Время рейса автосамосвала $T_{\text{Р}}$ (мин), время погрузки автосамосвала $T_{\text{П}}$ (мин). Тогда в ходе выполнения одного рейса суммарно автосамосвалы проведут под погрузкой $N_{\text{А}} \times T_{\text{П}}$ мин. При этом суммарное время последующего ожидания экскаваторами автосамосвалов, только что ставших под погрузку, равно $N_{\text{Э}} \times T_{\text{Р}}$.

Тогда коэффициент, характеризующий степень соответствия друг другу количества выемочно-погрузочного и транспортного оборудования, определим по формуле:

$$k = \frac{N_{\text{А}} \times T_{\text{П}}}{N_{\text{Э}} \times T_{\text{Р}}}$$

Если $k=1$, это означает, что достигнуто теоретическое равновесие количества самосвалов и экскаваторов. Если $k>1$ - существует избыток автосамосвалов, создались условия для обеспечения максимальной производительности экскаваторов, но в ущерб достижению максимальной производительности автосамосвалами. Если $k<1$ - существует избыток экскаваторов и недостаток самосвалов. В этом случае экскаваторы простаивают в ожидании порожних самосвалов.

Данный коэффициент характеризует идеальный экскаваторно-автомобильный комплекс, в котором для всех самосвалов время рейса одинаково, для всех экскаваторов одинаково время погрузки. В то же время система «карьер» и образующие ее подсистемы «технологические процессы» являются стохастическими, то есть изменения показателей, их характеризующих, носят вероятностный, случайный характер. Для исследования работы экскаваторно-автомобильного комплекса целесообразно применять положения теории массового обслуживания.

Таким образом, задачу оптимизации параметров экскаваторно-автомобильного комплекса нельзя решить, опираясь только на инженерные расчеты процессов горного производства. Исследование совместной работы экскаваторов и карьерных автосамосвалов методами имитационного моделирования для различных горнотехнических условий, возможных в рассматриваемый период развития карьера, позволит повысить качество проектных решений, достоверность годовых производственных программ, позволяет выполнить обоснованный анализ конкретных горнотехнических ситуаций.

С целью исследования влияния количества автосамосвалов на производительность экскаваторно-автомобильного комплекса была построена следующая имитационная модель (рис. 1). Имеются самосвалы с грузоподъемностью $q_{\text{А}}$ (т) и экскаватор, обеспечивающий погрузку автосамосвала за время $T_{\text{П}} \pm \Delta t_{\text{П}}$ (мин). Директивно задано количество самосвалов $N_{\text{А}}$, обслуживающих экскаватор. Расстояние от места погрузки до места разгрузки автосамосвал

преодолевают за время $t_{гр} \pm \Delta t_{гр}$ (мин), время движения в порожняковом направлении - $t_{пор} \pm \Delta t_{пор}$ (мин). Время разгрузки принято равным - $t_p \pm \Delta t_p$ (мин). Время погрузки самосвалов и скорость движения в грузовом и порожняковом направлениях для определения базовых случайных величин в рассматриваемой модели приняты по данным карьера-прототипа[4].

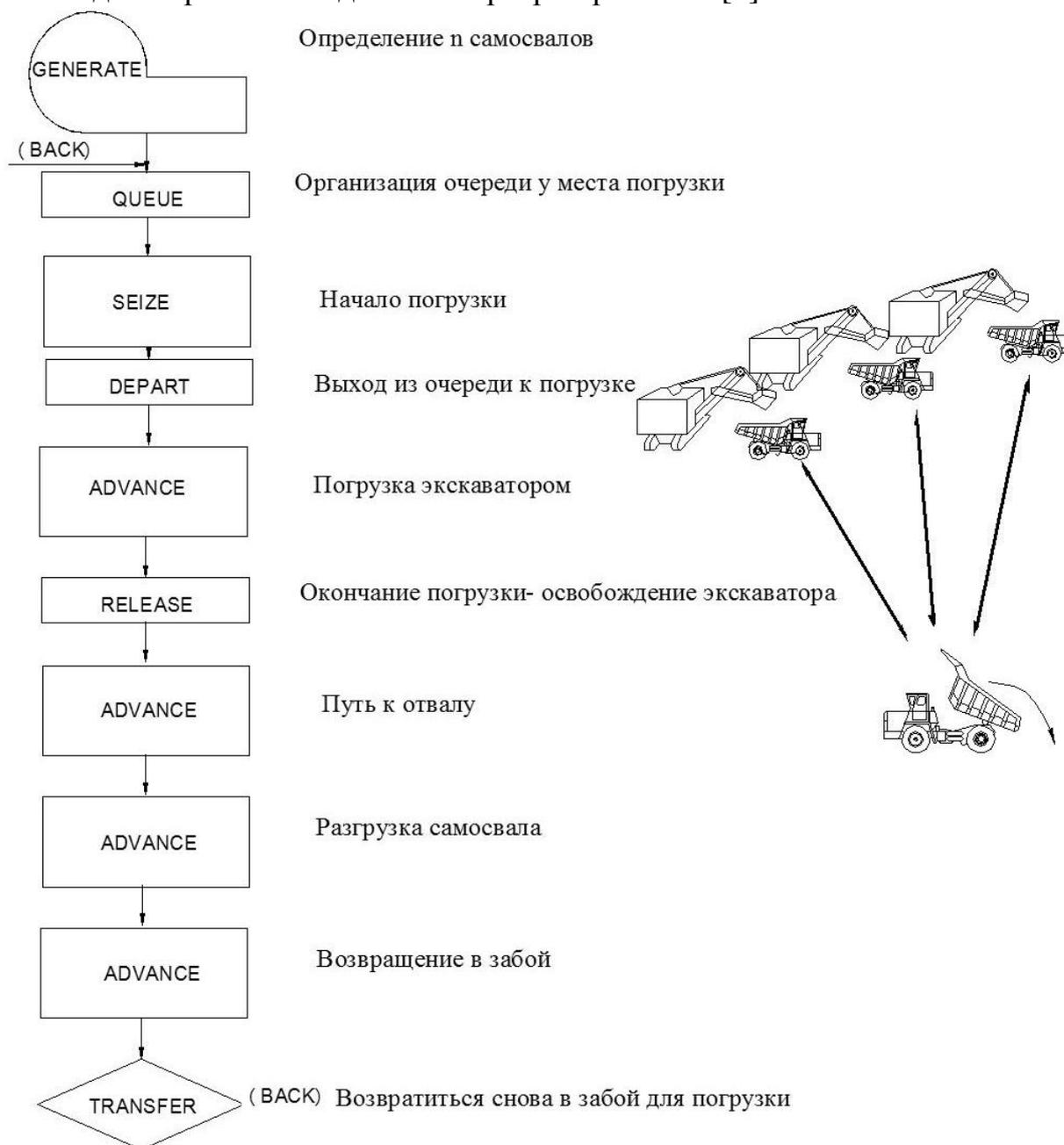


Рис. 1 – Принципиальная схема имитационной модели экскаваторно-автомобильного комплекса

С интервалом времени t , прошедшим с момента последней разгрузки, j -й автосамосвал вновь прибывает с отвала в экскаваторный забой и становится в очередь на погрузку. При подходе его очереди на погрузку – экскаватор загружает автосамосвал. После этого j -й автосамосвал вновь направляется к отвалу. В данной работе в процессе моделирования рассматривалась совместная работа одного экскаватора и N_A самосвалов.

Практический интерес состоит в исследовании влияния на производительность экскаватора количества автосамосвалов, его обслуживающих, а также исследование закономерности снижения средней производительности автосамосвала при превышении их критического количества. При моделировании количество автосамосвалов, обслуживающих экскаватор, изменялось от 1 до 10.

С использованием разработанной в системе GPSS имитационной модели (рис. 1) работы экскаваторно-автомобильного комплекса выполнены исследования по определению производительности экскаватора и рационального количества автосамосвалов. Рассмотрено два варианта экскаваторно-автомобильного комплекса, отличающихся расстоянием от экскаваторного забоя до отвала: первый вариант – 2 км, второй вариант – 5 км. В выполненном исследовании распределение времени движения и погрузки автосамосвалов изменялось по равномерному закону. По результатам имитационного моделирования рассчитывалась фактическая производительность экскаватора и средняя производительность автосамосвала.

Фактическая производительность экскаватора определялась по количеству самосвалов, загруженных за период моделирования:

$$Q_{\text{э}} = q_A \times n,$$

где q_A - грузоподъемность автосамосвала (т), n – суммарное число рейсов за период моделирования.

Для расчета средней производительности самосвала за период моделирования использовалась формула:

$$Q_C = \frac{q_A \times n}{N_A}$$

Анализ результатов моделирования (рис.2,3) для обоих вариантов показал, что по мере увеличения количества автосамосвалов эксплуатационная производительность экскаватора возрастает, достигая 10,1-10,5 тыс.т/см. При этом для достижения максимальной производительности экскаватора при дальности откатки 2 км необходимо 4 автосамосвала, а при расстоянии 5 км уже необходимо 9 автомобилей. В первом варианте по мере увеличения количества самосвалов средняя их производительность уменьшается с 3 тыс.т/см до 1,1 тыс.т/см. Во втором варианте – с 1,6 тыс.т/см до 1,1 тыс.т/см. По результатам моделирования (рис. 2) построены линии тренда. Линеаризованный тренд в первом случае характеризуется существенно большим значением углового коэффициента, чем во втором. Что говорит о большей чувствительности к управлению карьера с небольшой дальностью откатки. При большой дальности откатки складываются предпосылки для малоэффективного функционирования экскаваторно-автомобильного комплекса.

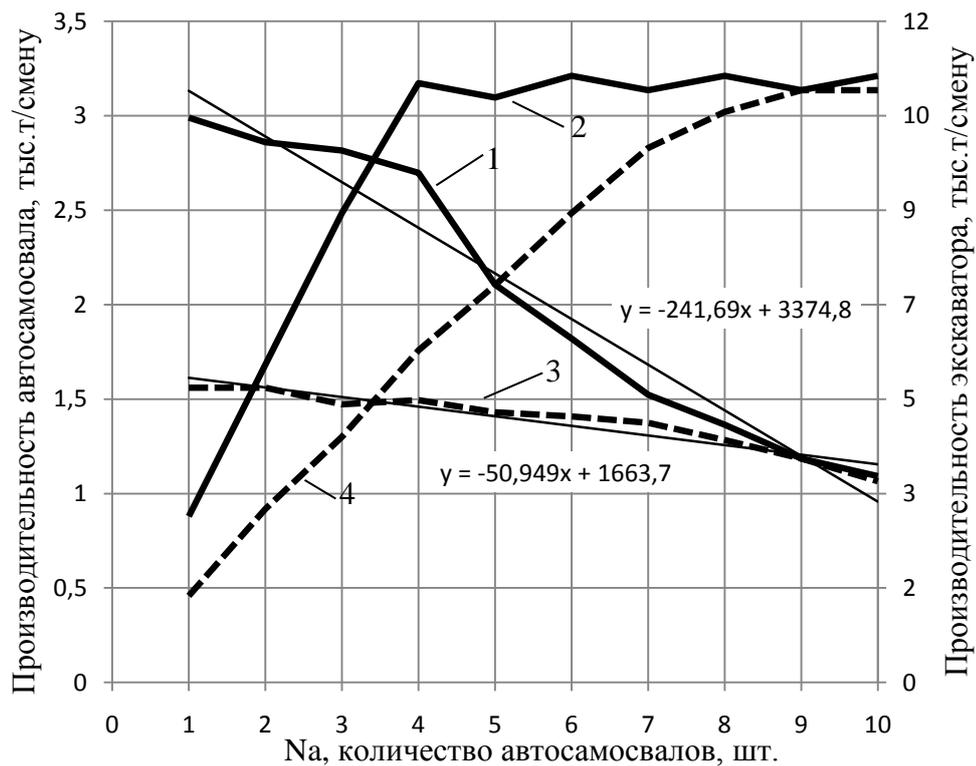
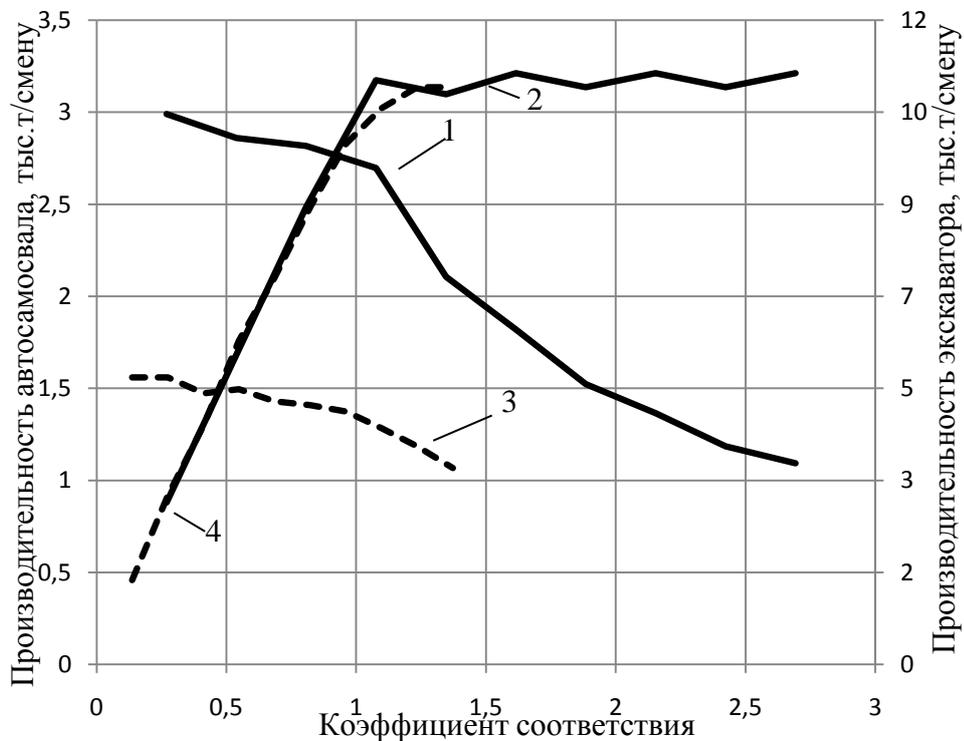


Рис. 2 - Влияние количества автосамосвалов на их среднюю производительность при расстоянии транспортирования 2 км (1) и 5 км (3) и производительность экскаватора (для дальности откатки 2 км – 2; 5 км – 4)



б) Относительно коэффициента самосвалов

Рис. 3 - Зависимость производительности автосамосвалов (1,3) и производительности экскаваторов (2,4) от величины коэффициента соответствия количества выемочно-погрузочного и транспортного оборудования (для дальности откатки 2 км – 1,2; 5 км – 3,4)

Выводы и направления дальнейших исследований. На примере простой имитационной модели экскаваторно-автомобильного комплекса исследовано влияние расстояния транспортирования горной массы и количества самосвалов на эксплуатационную производительность горнотранспортного оборудования. Показано, что при вероятностном моделировании производственных процессов максимальная производительность экскаватора достигается при значении коэффициента обеспеченности транспортом, равном 1-1,25. Дальнейший рост обеспеченности транспортом не приводит к увеличению производительности экскаватора, но сопровождается снижением эксплуатационной производительности самосвалов. При этом степень снижения средней производительности автосамосвала в зависимости от их количества возрастает по мере уменьшения дальности откатки.

В дальнейшем планируется проведение на карьерах Кривбасса хронометражных наблюдений за работой экскаваторно-автомобильных комплексов в различных горнотехнических условиях. Статистическая обработка собранной информации станет основой для построения более сложной имитационной модели для исследования совместной работы экскаваторного участка и горнотранспортного цеха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Открытые горные работы: Справочник / К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Виноцкий [и др.] – М.: Горное бюро, 1994. 590с.:ил.
2. Открытая разработка железных руд Украины: состояние и пути совершенствования / А.Ю. Дриженко, Г.В. Козенко, А.А. Рыкус — Полтава: Полтавський літератор, 2009. — 452 с.
3. Астафьев, Ю.П. Планирование и организация погрузочно-транспортных работ на карьерах / Ю.П. Астафьев, Г.К. Полищук, Н.И. Горлов - М.: Недра, 1986. — 186 с.
4. Монастырский, Ю.А. Определение причин потерь рабочего времени экскаваторно-автомобильных комплексов на Петровском карьере ОАО «ЦГОК» / Ю.А. Монастырский, В.А. Систук // Разработка рудных месторождений № 94 Кривой Рог, 2011.- С. 293-297.

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