

Практическое значение состоит в определении влияния семи факторов на процесс обезвоживания: изменения площади перфорированной, изменение давления в вакуумной камере и напряжения на, влияние исходной влажности и изменение частоты, величина возмущающего усилия и угол наклона рабочего органа влияют на процесс обезвоживания.

Установлена зависимость производительности от варьируемых параметров (угла наклона, частоты вращения и возмущающей силы).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Надутый, В.П. Исследование кинетики обезвоживания при вибрационном грохочении / В.П. Надутый, Е.С. Лапшин, А.И. Шевченко // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. / Національний гірничий університет. – Дніпропетровськ. - 2012. – Вип. 49(90). – С. 112-120.
2. Надутый, В.П. Влияние вибраций на статическое положение мениска движущейся в капилляре жидкости / В.П. Надутый, В.И. Елисейев, В.И. Луценко // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" : Зб. наук. праць. Тематичний випуск "Хімія, хімічна технологія та екологія". – Харків: НТУ "ХПІ". - 2011. – № 59. – С. 104-111.
3. Антипов, С.Т. Кинетика процесса вакуумной сушки в непрерывном режиме / С.Т. Антипов, С.В. Шахов, И.О. Павлов // Вестник Международной академии холода. – 2000. – № 1. – С. 8-12.
4. Голикова, Е.В. О корреляции агрегативной устойчивости и интегральных поверхностных характеристик / Е.В. Голикова, Ю.М. Чернобережский, О.М. Иогансон // Коллоидн. Журнал. - 2000. - Т. 62. № 5. С. 596-605.
5. Надутый, В.П. Результаты комплексного обезвоживания горной массы на вибрационном устройстве / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, С.В. Костыря // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця. - 2014. – Вип. 1(73). – С. 88-93.
6. Тихомолова, К.П. Электроповерхностные свойства кварца в растворах при разном времени контакта / К.П. Тихомолова, И.Н. Уракова // Вестн. СПбГУ. Сер. 4. - 2002. - Вып. 3 (20). - С.913-919.
7. Надутый, В.П. Обоснование эффективности использования комплексного метода обезвоживания мелкой влажной горной массы / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, С.В. Костыря // Геотехническая механика: Межвед. сб.науч.тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2014. – Вып. 119. - С. 63-69.
8. Патент на корисну модель № 92897, UA, МПК В 01 D 61/56 (2006.1). Пристрій для зневоднення. Надутый В.П., Сухарев В.В., Костыря С.В. – Заявка № 2014 03 312; Заявл. 01.04.2014, Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 17. – 4 с.
9. Фролов, В.С. Приготовление, дозирование и подача порошкообразных флокулянтов в технологическом процессе углеобогащения // В.С. Фролов // Обезвоживание. Техника. - 2002. - №5. - С. 30-31.
10. Бююль, А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей: Пер. с нем. / А. Бююль, П. Цефель – СПб.: ООО «ДиасофтЮП», 2005. – 608 с.

#### REFERENCES

1. Nadutyu, V.P., Lapshin, Ye. S. and Shevchenko, A.I. (2012), " Kinetics of dehydration during vibratory screening of ", *Zbahachennya korysnykh kopalyn*, no. 49(90), pp. 112-120.
2. Nadutyu, V.P., Yeliseyev, V.I. and Lutsenko, V.I. (2011), " Influence of vibrations on the static position of the meniscus in the capillary fluid moving ", *Visnyk Natsionalnogo tekhnichnogo universytetu "Kharkivsky politekhnichny instytut"*, no. 59, pp. 104-111.
3. Antipov, S.T., Shakhov, S.V. and Pavlov, I.O. (2000), " Kinetics vacuum drying process in a continuous mode ", *Vestnik Mezhdunarodnoy Akademii Kholoda*, no. 1, pp. 8-12.
4. Golikova E.V., Chernoberejskiy U.M., Ioganson O.M. (2000), "Correlation aggregate stability and integral surface characteristics", *Kolloidn. Jurnal*, vol. 62, №5, pp. 596-605.
5. Nadutyu, V.P., Sukharev, V.V. and Kostyrya, S.V. (2014), "The results of complex dehydration of the rock mass on the vibrating device ", *Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnologiyakh*, no. 1(73), pp. 88-93.
6. Tihomolova, K.P. and Urakhova, I.N. (2002 ), "Electrosurface properties of quartz in solutions with different contact times", *Vestnik SPGU*, Ser. 4, no 3(20), pp. 913-919.
7. Nadutyu, V.P., Sukharev, V.V. and Kostyrya, S.V. (2014), " Substantiation of efficiency of a complex method of dehydration shallow wet rock mass", *Geotekhnicheskaya Mekhanika [Geo-Technical Mechanics]*,

no. 119, pp. 263-69.

8. Nadutyu, V.P., Sukharev, V.V. and Kostyrya, S.V., M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2014), *Prystriy dlya znevodnennya* [Device for dewatering], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 92897.

9. Frolov, V.S. (2002), "Cooking, dispensing powdered flocculants in the process of coal preparation", *Obezvozhivanie. Tekhnika*, no. 5, pp.30-31.

10. Buul, A. and Tsefel, P. (2005), *SPSS: iskusstvo obrabotki informatsii. Analiz statisticheskikh dannykh i vosstanovleniye skrytykh zakonornostey*, [SPSS: Art processing. Analysis of statistical data and restore hidden patterns], ООО "Dia-SoftYuP", Sankt-Peterburg, Russia.

### Об авторах

**Надутьий Владимир Петрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [nadutyvp@yandex.ua](mailto:nadutyvp@yandex.ua).

**Левченко Павел Владимирович**, кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела Механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [prodvnutiy2005@ukr.net](mailto:prodvnutiy2005@ukr.net).

**Костыря Сергей Владимирович**, аспирант, инженер отдела Механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [kostyrya81@gmail.com](mailto:kostyrya81@gmail.com).

### About the authors

**Nadutyu Vladimir Petrovich**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Head of Department of Mechanics of Mineral Processing Machines and Processes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [nadutyvp@yandex.ua](mailto:nadutyvp@yandex.ua).

**Levchenko Pavel Vladimirovich**, Candidate of Technical Sciences (Rh.D), Researcher in Department of Mechanics of Mineral Processing Machines and Processes, M.C. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [prodvnutiy2005@ukr.net](mailto:prodvnutiy2005@ukr.net).

**Kostyrya Sergey Vladimirovich**, Doctoral Student, Engineer in Department of Mechanics of Mineral Processing Machines and Processes, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [kostyrya81@gmail.com](mailto:kostyrya81@gmail.com).

**Анотація.** Метою роботи є визначення ефективності зневоднення залізної руди шляхом варіювання параметрами зневоднює пристрою та отримання багатofакторних регресійних рівнянь.

Попередні дослідження зневоднення з даного комплексного методу показали обнадійливі результати.

У статті представлені результати комплексного зневоднювання залізної руди. В установці для зневоднювання використовується три механічні методи зневоднювання - вібраційний, вакуумний та електроосмотичний. Установлено залежності залишкової вологи і продуктивності зневоднюючого пристрою від семи факторів: вихідної вологості залізної руди, площі поверхні зневоднювання, зміна тиску у вакуумній камері, напруги на електродах, частоти коливань і кута нахилу робочого органа, а також від величини збуджуючої сили. Значення роботи складається у визначенні найбільш ефективного режиму зневоднювання здрібненої залізної руди та одержання багатofакторних регресійних рівнянь.

**Ключові слова:** вібрація, залізна руда, електроосмос, зневоднювання, комплексний метод, вакуумування.

**Abstract.** Objective of the study was to determine effectiveness of the iron ore dehydration with different parameters of the dewaterer and to formulate multiple regression equations.

Preliminary studies of dehydration by the complex method have shown promising results.

The article presents results of the complex iron ore dehydration. The dewaterer used three mechanical methods of dehydration - vibration, vacuum and electroosmosis. Effect of each of the methods was determined. The dependences of residual moisture and dewaterer performance on the following seven factors were formulated: initial moisture content in the iron ore, surface area for dehydration, changed pressure in the vacuum chamber, voltage across the electrodes, frequency of oscillation, angle of the working member inclination, and power of disturbing force.

Basing on the findings, it has become possible to determine the most effective method of the milled iron ore dehydration and to formulate multiple regression equations.

**Keywords:** vibration, iron ore, electroosmosis, dehydration, complex method, vacuuming.

*Статья поступила в редакцию 13.08.2015.*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Б.А. Блюссом*

УДК 622.271.4

**Слободянюк В.К.** , канд.техн.наук, доцент,  
**Турчин Ю.Ю.**, аспирант  
(Государственное ВУЗ «КНУ»)

**РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ  
СТРОИТЕЛЬСТВА ВЪЕЗДНЫХ ТРАНШЕЙ В СЛОЖНЫХ  
ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ**

**Слободянюк В.К.** , канд.техн.наук, доцент,  
**Турчин Ю.Ю.**, аспирант  
(Державний ВНЗ «КНУ»)

**РОЗРОБКА РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ  
БУДІВНИЦТВА В'ЇЗНИХ ТРАНШЕЙ В СКЛАДНИХ  
ГІРНИЧОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ**

**Slobodyanyuk V.K.** , Ph.D. (Tech.), Associate Professor,  
**Turchin Yu.Yu.**, Doctoral Student  
(State HEI «KNU»)

**DEVELOPMENT OF RATIONAL METHODS FOR CONSTRUCTION OF  
HAULAGE INCLINES IN A COMPLEX MINING ENVIRONMENT OF THE  
DEEP OPEN PITS**

**Аннотация.** Анализ работы горнодобывающих предприятий показал, что в последние годы с увеличением глубин карьеров и их размеров по дневной поверхности возросло число случаев периодического затопления нижних горизонтов ливневыми и подземными водами. В таких условиях существующие схемы проходки траншей с использованием прямых механических лопат являются не эффективными и небезопасными.

Актуальной является разработка и обоснование новых ресурсосберегающих и безопасных технологий вскрытия глубоких горизонтов, допускающих частичное или полное затопление дна карьера. В статье выполнен анализ факторов, влияющих на скорость вскрытия уступов. Определена скорость проходки траншей в условиях их подтопления карьерными

© В.К. Слободянюк, Ю.Ю. Турчин, 2015

водами. Разработана комбинированная технологическая схема проходки траншей с использованием обратных гидравлических и прямых механических экскаваторов.

Предложена классификация комбинированных технологических схем строительства траншей.

**Ключевые слова:** вскрытие уступов, способ строительства траншей

**Постановка проблемы и её связь с научными и практическими задачами.** Анализ выполнения годовых программ глубоких железорудных карьеров показал, что наиболее существенные отклонения наблюдаются при производстве горных работ на нижних горизонтах карьеров. С одной стороны, в этой зоне карьера, как правило, расположена наиболее качественная руда, запланированная к разработке в течение года, но, с другой стороны, на нижних горизонтах глубоких карьеров наиболее ярко проявляется зависимость открытых горных работ от климатических условий. В данном случае эта особенность проявляется в виде периодических затоплений дна карьера поверхностным стоком паводковых и ливневых вод. В совокупности с существующим притоком в карьере подземных вод это создает горнотехнические условия, в которых вероятно отклонение от годовой программы в силу невозможности электрической механической лопатой выполнить запланированный объем работ. На данном горизонте создаются условия, когда уровень подтопления рабочей площадки водой не позволяет использовать электрические машины.

Технически возможная производительность карьера является функцией площади рудной зоны [1, 3, 4]. При разработке крутопадающих месторождений горные работы последовательно переходят с верхних горизонтов на нижние. При этом в разработке обычно находится несколько рудных горизонтов, но имеется общая тенденция – понижение средневзвешенной глубины разработки. С момента достижения бортом карьера верхнего контура карьера в добыче доля руды, связанной с нижними горизонтами, становится более значительной, достигая 100% при завершении горных работ в карьере [5]. В этих условиях риск невыполнения плановых показателей по добыче руды является функцией степени адаптированности технологической схемы проходки траншей к наличию в ее контуре высокого уровня воды.

Подтопление глубоких горизонтов усложняет ведение горно-подготовительных работ. В технологическом процессе вскрытия горизонтов появляются работы, связанные с созданием безопасных условий для эксплуатации выемочно-погрузочного оборудования. Как следствие, время подготовки уступа к эксплуатации увеличивается, а скорость углубки карьера и его производительность по руде снижаются.

Влияние гидрогеологических и климатических условий на ведение горно-подготовительных работ на глубоких горизонтах карьеров не нашло должного отражения в теории горного дела. В результате уже на стадии принятия предпроектных и проектных решений по разработке месторождения могут быть допущены ошибки в определении скорости углубки карьера и его возможной производительности по руде. Возникает необходимость в усовершенствовании

методов определения скорости углубки карьеров с учётом гидрогеологических и климатических факторов и в разработке новых технологических схем строительства траншей в сложных гидрогеологических условиях.

**Цель работы** - повышение безопасности и эффективности горных работ по подготовке к эксплуатации новых горизонтов в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях глубоких железорудных карьеров за счет разработки и обоснования новых технологических схем строительства траншей, допускающих периодическое затопление дна траншеи.

**Изложение основного материала и результаты.** В сухих условиях высокая скорость вскрытия горизонтов обеспечивается применением технологических схем, предполагающих проходку въездных траншей канатной механической лопатой на полную высоту уступа. На практике, при вскрытии обводнённых горизонтов с применением прямой механической лопаты используется послойная схема [8, 9], предполагающая сооружение на каждом слое нескольких временных зумпфов (рис. 1). В этом случае прямая механическая лопата работает по неэффективной и небезопасной технологии, при которой возможно аварийное затопление горного оборудования (рис. 2), расположенного на дне траншеи. В случае затопления оборудования его дальнейшая эксплуатация возможна после ремонта электрической части экскаватора.

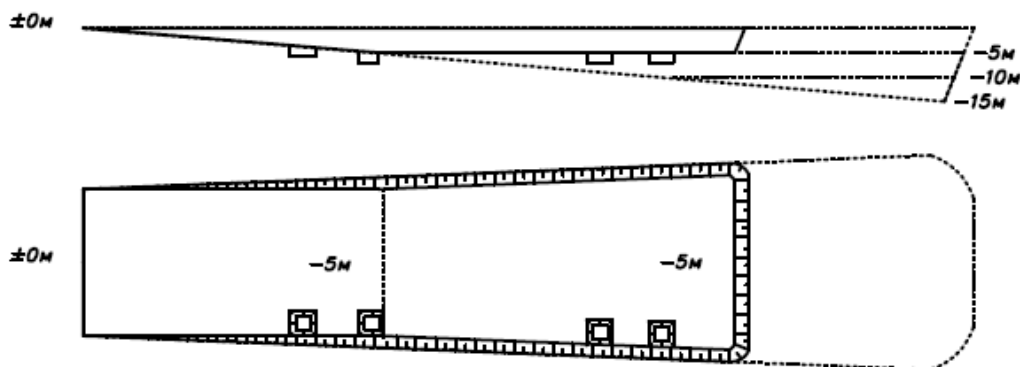


Рисунок 1 – Технологическая схема послойной проходки въездной траншеи с применением прямой механической лопаты

Выполненный анализ [8, 9] степени пригодности для строительства траншей различных типов выемочно-погрузочного оборудования показал, что для сложных гидрогеологических условий наиболее рациональным является использование обратных гидравлических лопат. В то же время сравнение технико-экономических показателей электрических и гидравлических экскаваторов [6, 9, 10], работающих в штатных условиях, показывает, что эксплуатация прямых механических лопат характеризуется меньшей себестоимостью. Но в условиях высокого риска затопления дна траншеи, с учетом вероятных простоев механической лопаты в ожидании осушения дна траншеи или по причине ремонта электрической части в случае подтопления экскаватора, технологические схемы с использованием гидравлических экскаваторов являются принципиально более надежными. Технологической особенностью обратных гидравлических экска-

ваторов является глубина черпания, не позволяющая осуществить строительство траншеи одним забоем на полную высоту уступа, что обуславливает применение послойных схем проходки траншей.



Рисунок 2 - Примеры строительства траншей в сложных гидрогеологических условиях железорудных карьеров Кривбасса

Схемы вскрытия в сложных гидрогеологических условиях в зависимости от количества видов выемочно-погрузочного оборудования, используемого при строительстве, можно разделить на простые (с одним типом выемочно-погрузочной машины) и комбинированные (предусматривающие использование нескольких типов выемочно-погрузочного оборудования).

В зависимости от порядка выполнения горных работ и последовательности использования разнотипного выемочно-погрузочного оборудования комбинированные схемы проходки траншей в сложных гидрогеологических условиях можно разделить на схемы с параллельным и последовательным использованием разнотипного оборудования.

Схемы с параллельным использованием оборудования характеризуются тем, что при строительстве траншеи одновременно задействованы оба типа экскаваторов. Напротив, схемы с последовательным использованием разнотипного выемочно-погрузочного оборудования не предполагают одновременное использо-

вание оборудования (после выполнения заданного объема работ экскаватором первого типа, оставшийся объем горных работ по строительству траншеи выполняет экскаватор второго типа). Очевидно, что при последовательных схемах минимально необходимый объем работ, который необходимо выполнить для создания условий, благоприятных для эффективной и безопасной эксплуатации электрических механических лопат, равен объему усеченной перевернутой пирамиды высотой, равной высоте уступа с учетом глубины зумпфа. Одна грань пирамиды должна быть представлена поверхностью с углом наклона, обеспечивающим перемещение горнотранспортной техники, используемой при строительстве открытой горной выработки.

В настоящее время и на перспективу на украинских и зарубежных карьерах основным типом выемочно-погрузочной машины для разработки взорванных скальных пород с большим удельным весом являются электрические механические экскаваторы. В разработанных технологических схемах основной объем горных работ выполняется прямой механической лопатой [8, 9].

Параллельные схемы предполагают следующий порядок работ по вскрытию горизонта. Вдоль проектного борта сооружаемой въездной траншеи обратная гидравлическая лопата строит опережающую водопонижающую траншею. Глубина опережающей траншеи определяется разницей максимальной глубины черпания обратного гидравлического экскаватора и глубиной зумпфа. С достижением забоя обратной лопаты предельной глубины, прямая механическая лопата начинает отработку пород в пределах первого слоя. Обычно траншею по глубине разделяют на три слоя равной высоты. Для оптимизации процесса транспортирования извлеченной горной массы, средства автомобильного транспорта подаются под погрузку за контуром въездной траншеи для обратного гидравлического экскаватора и непосредственно в забой для прямой механической лопаты (рис. 3). После отработки горной массы в пределах первого слоя, обратная гидравлическая лопата приступает к углубке опережающей водопонижающей траншеи на конечную глубину. Средства автомобильного транспорта подаются под погрузку по подошве первого слоя, задним ходом с разворотом в контуре въездной траншеи. По завершению работ обратного гидравлического экскаватора, прямая механическая лопата приступает к отработке оставшихся слоёв с отгрузкой извлеченных пород в средства автомобильного транспорта (рис. 3).

Недостатком параллельных схем является невозможность создания обратной гидравлической лопатой горнотехнических условий, отвечающих требованиям к производительной эксплуатации прямой механической лопаты в пределах всей глубины въездной траншеи. При большом объеме стока в технологическом процессе могут возникать простои оборудования на время, необходимое для понижения уровня вод в пределах слоя. Это приводит к увеличению эксплуатационных затрат на проходку траншеи.

При последовательных схемах простои в работе оборудования отсутствуют – вначале свой объем работ выполняет гидравлический экскаватор, а после создания безопасных горнотехнических условий к работе приступает механиче-

ский экскаватор.



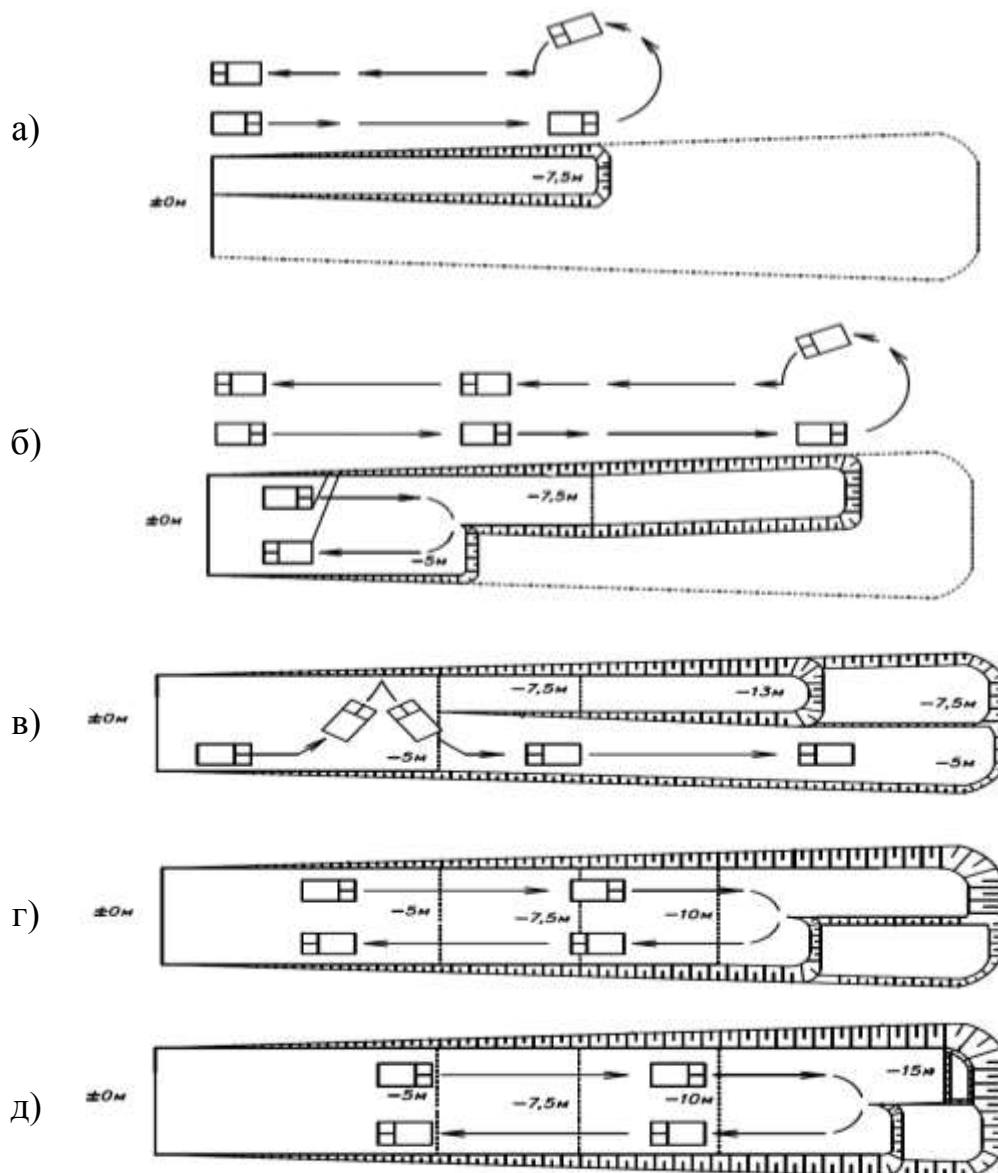
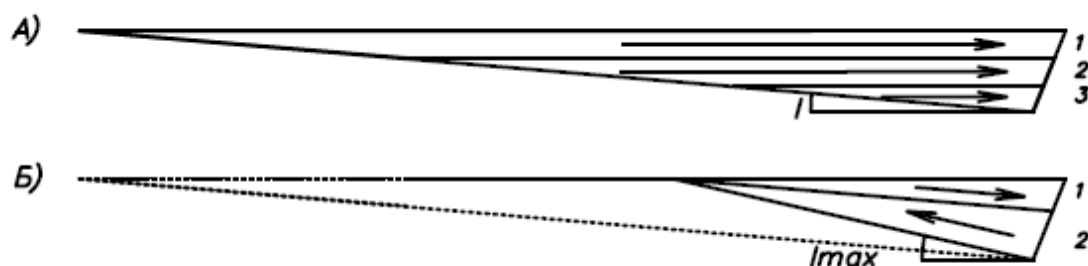


Рисунок 3 – Комбинированная схема вскрытия уступа с параллельной работой прямой механической и обратной гидравлической лопат (а, б, в, г, д — этапы формирования траншеи)

Строительство опережающей водопонижающей траншеи осуществляется послойно. Отработка первого слоя выполняется с перемещением забоя экскаватора в направлении понижения дна въездной траншеи, а отработку второго и последующих слоёв производят с подрезкой вышележащих слоёв в обратном направлении (рис. 4). Для уменьшения длины и объёма опережающей водопонижающей траншеи последний слой обрабатывают с повышенным уклоном, допускающим перемещение гусеничной техники.

В торцевой части сооружаемой въездной траншеи обратная гидравлическая лопата строит наклонную опережающую водопонижающую траншею. Минимальная ширина траншеи понизу должна быть не менее ширины однополосной автодороги с учётом берм безопасности.



1, 2, 3 – соответственно первый, второй и третий слои водопонижающей траншеи; штриховой линией обозначен проектный контур въездной траншеи

Рисунок 4 – Направление перемещения забоя обратной гидравлической лопаты при работе по параллельным (А) и последовательным (Б) схемам

В самой глубокой части опережающей траншеи гидравлический экскаватор формирует зумпф. Минимизация объёма экскавации предполагает, что дальнейшую углубку опережающей водопонижающей траншеи необходимо производить без увеличения её длины (рис. 5).

Углубку следует выполнить таким образом, чтобы на подошве углублённой траншеи можно было разместить выемочно-погрузочное оборудование для окончания работ по созданию безопасных горнотехнических условий для эксплуатации прямой механической лопаты. Для удовлетворения указанных условий, после углубки временного зумпфа, обратный гидравлический экскаватор обратным ходом осуществляет подрезку подошвы опережающей траншеи. При этом часть траншеи по ширине подрезается на глубину, равную максимальной глубине черпания обратной лопаты с уклоном, равным уклону въездной траншеи. Другую же часть подрезают на 2-3 м выше, формируя в торцевой части опережающей траншеи площадку для размещения выемочно-погрузочного оборудования, длина и ширина которой минимально равна двум радиусам поворота кузова экскаватора с учётом ширины зумпфа. Уклон подошвы опережающей траншеи в пределах площадки для размещения выемочно-погрузочного оборудования равен уклону подошвы въездной траншеи. На оставшемся участке подрезку выполняют с повышенным уклоном, допускающим перемещение гусеничной техники. Отгрузка горной массы производится в средства автотранспорта (рис. 5).

По окончании этого этапа работ созданы площадка для размещения экскаватора, съезд с повышенным уклоном, обеспечивающий возможность перемещения обратной гидравлической лопаты на площадку, и дренажная выемка, в которую возможно складирование объёма горной массы при выполнении следующего этапа работ (рис. 5).

Далее, обратная гидравлическая лопата перемещается на площадку в торцевой части углублённой траншеи, для окончания работ по созданию безопасных горнотехнических условий – строительства зумпфа по подошве въездной траншеи. Горная масса, извлекаемая при строительстве зумпфа, отгружается в навал в более глубокой части опережающей траншеи.

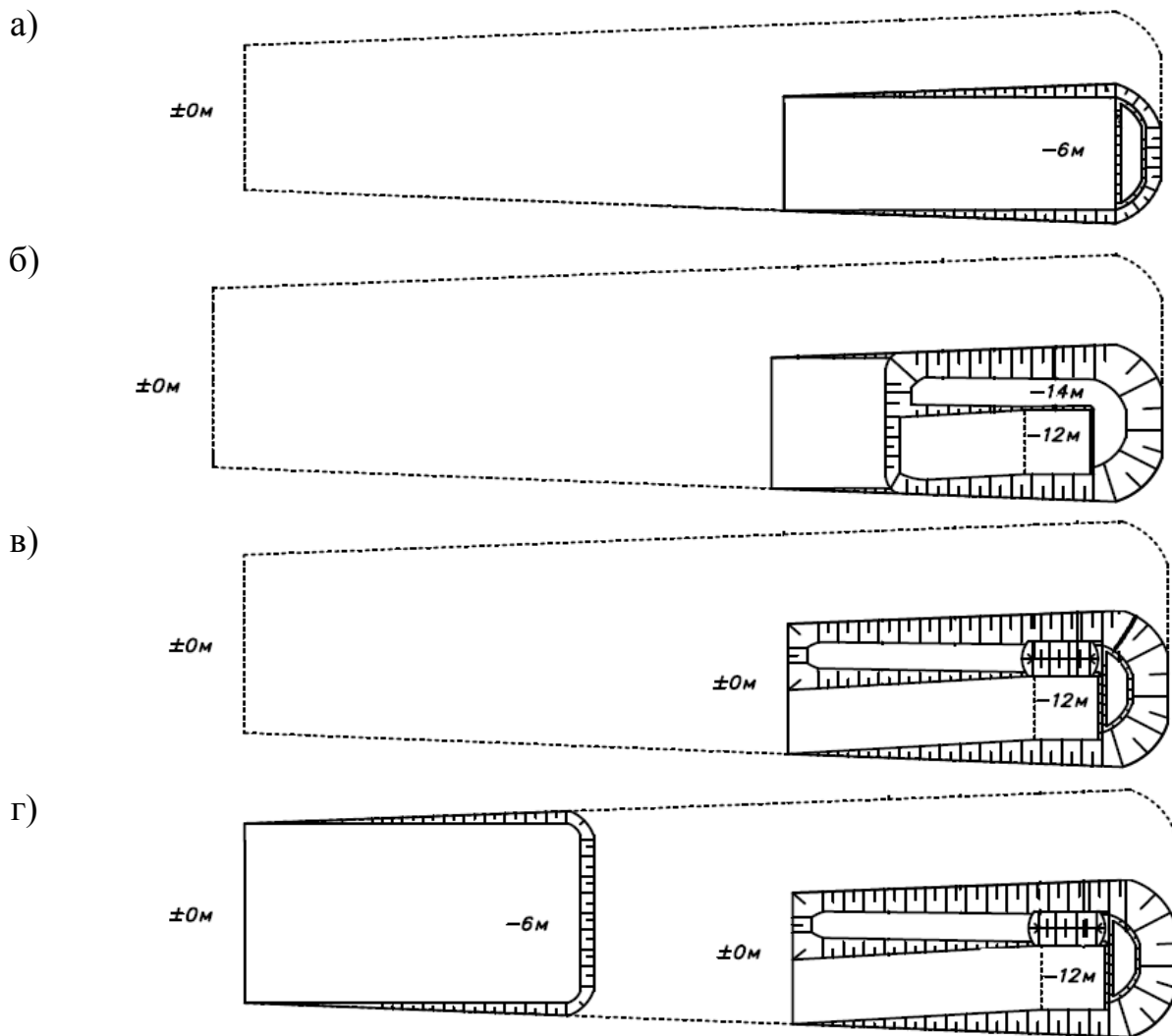


Рисунок 5 – Комбинированная схема вскрытия уступа с последовательной работой прямой механической и обратной гидравлической лопат (а, б, в, г — этапы формирования траншеи)

После окончания работ обратного гидравлического экскаватора и понижения уровня подземных вод в пределах всего контура сооружаемой въездной траншеи, прямая механическая лопата проходит её сплошным забоем (рис. 5).

Последовательные схемы строительства траншей в сравнении с параллельными, гарантированно обеспечат безопасные условия для эксплуатации электрических экскаваторов при минимальном объёме работ, выполняемых обратной гидравлической лопатой.

Для характеристики разработанных схем строительства траншей используется коэффициент технологической схемы, численно равный отношению объема горных пород, экскавируемых обратной гидравлической лопатой, к общему объёму горных работ по строительству траншеи. Так, если значение коэффициента технологической схемы  $k_{ТС}$  равно 0,5, это означает, что половину объёма горной массы в контуре траншеи экскавирует обратная гидравлическая лопата;  $k_{ТС}=0$  – весь объём разрабатывается механической лопатой;  $k_{ТС}=1$  – весь объём разрабатывается гидравлической лопатой [9].

Анализ опыта строительства траншей в сложных гидрогеологических условиях и технологических особенностей разработанных схем показывает, что технологические схемы с параллельным использованием разнотипного оборудования в короткий срок вовлекают в разработку горную породу в пределах всей проекции контура траншеи на горизонтальную плоскость. Это обусловливается необходимостью создания безопасных условий для параллельной работы разнотипного оборудования. Несмотря на относительно большой объем экскавации горных пород гидравлическим экскаватором, проходка траншеи осуществляется послойно, и в целом горнотехнические условия для работы прямой механической лопаты являются неблагоприятными. При последовательных схемах за счет концентрации зоны работы гидравлического экскаватора возможно более интенсивно, в пределах всей высоты уступа, создать пионерную траншею, которая обеспечит развитие депрессионной воронки в контуре сооружаемой въездной траншеи (рис. 3). Отличием последовательных схем является то, что гидравлический экскаватор толщу пород отрабатывает наклонными слоями, а прямая механическая лопата ведет разработку на полную высоту уступа [9].

Для относительной характеристики длины участка работы гидравлического экскаватора применим коэффициент расположения зоны работы гидравлического экскаватора ( $K_p$ ), который численно равен отношению длины зоны работы гидравлического экскаватора к длине въездной траншеи. При параллельных схемах для обеспечения осушения текущего слоя гидравлический экскаватор в его пределах сооружает опережающую дренажную траншею той или иной ширины, длина которой близка или равна длине въездной траншеи. Коэффициент расположения зоны работы гидравлического экскаватора в этом случае близок или равен 1 (гидравлический экскаватор работает вдоль всей въездной траншеи по длине). При последовательных схемах для обеспечения осушения траншеи в пределах всей высоты уступа гидравлический экскаватор в торцевой, наиболее глубокой части сооружаемой въездной траншеи, строит временную опережающую траншею с уклоном дна, допускающим перемещение гусеничной техники. За счет большого угла наклона дна опережающей траншеи, ее длина меньше, чем длина сооружаемой въездной траншеи. Коэффициент расположения зоны работы гидравлического экскаватора в этом случае существенно меньше 1.

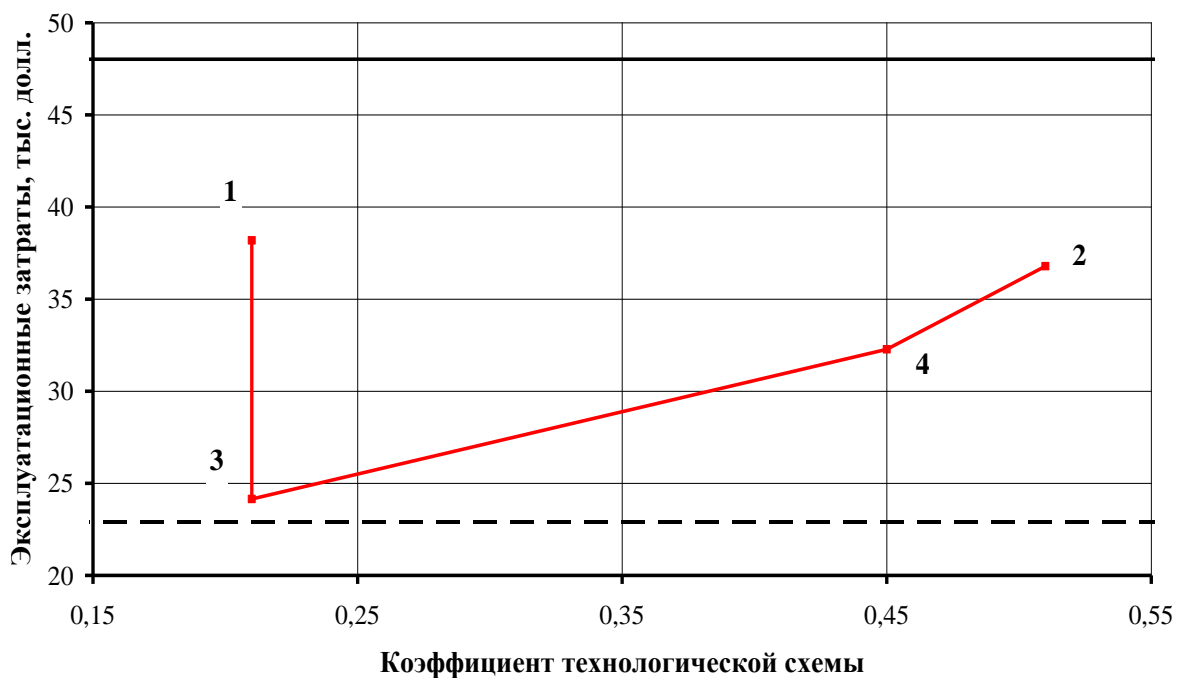
Основной идеей разработанных технологических схем является создание за счет опережающих водопонижающих траншей, сооружаемых обратным гидравлическим экскаватором, безопасных условий для работы электрических механических лопат. В таблице 1 приведены технологические показатели разработанных схем строительства въездных траншей.

На примере механической лопаты и обратного гидравлического экскаватора с емкостями ковшей  $10 \text{ м}^3$  и  $15 \text{ м}^3$ , соответственно, выполнены технико-экономические расчеты для разработанных комбинированных схем строительства въездных траншей. В качестве исходных данных для экономического расчета принимались показатели, приведенные в каталоге - справочнике «Mine and mill equipment costs».

Таблица 1 — Определение эффективности применения разработанных технологических схем вскрытия новых горизонтов

№ технологической схемы	Схема работы гидравлического и механического экскаваторов	Коэффициент технологической схемы	Коэффициент расположения зоны работы гидравлического экскаватора	v м/сут.
1	параллельная	0,21	1	0,73
2	параллельная	0,51	1	1,04
3	последовательная	0,21	0,4	0,84
4	последовательная	0,45	0,8	0,81

Использование этих данных позволяет адекватно оценить стоимость эксплуатации машины, ведь модели идентифицированы только по спецификации, без указания производителя. Эксплуатационные затраты на использование предложенных технологических схем вскрытия новых горизонтов в условиях пород, характерных для Криворожского железорудного бассейна, приведены на графике (рис. 6).



1,2,3,4 -номер технологической схемы, сплошной и штриховой линиями обозначены эксплуатационные затраты на послынную проходку траншеи прямой механической лопатой в сухих и обводнённых условиях, соответственно

Рисунок 6 – Эксплуатационные затраты на выемочно-погрузочное оборудование

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Предложена классификация технологических схем строительства траншей в сложных гидрогеологических условиях. Установлено, что строительство траншей в сложных гидрогеологических условиях с помощью прямых электрических лопат приводит к