

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ВСКРЫТИЯ НОВЫХ ГОРИЗОНТОВ В ОБВОДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*В.К. Слободянюк, Ю.Ю. Турчин, Государственный ВУЗ «Криворожский национальный университет», Украина*

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.

**Постановка проблемы и её связь с научными и практическими задачами.** 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 обводнённых 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 счёт увеличения мощности систем карьерного водоотлива является не рациональным вследствие возрастания капитальных затрат на разработку месторождения и увеличения занятости рабочего пространства дна карьера для размещения водопонижающих выработок и насосного оборудования. Вполне очевидно, что 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 задач исследования.** Целью данной работы является 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.

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 (глубина траншеи 15м, ширина понизу 30м, уклон 80%). При дальнейшей углубке карьера объемы ливневых вод, поступающих в карьер, будут возрастать [6].

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 горнотранспортного 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 (ЭГО) и прямая лопаты (ЭГП), одноковшовый погрузчик. В нашем исследовании, для получения наиболее достоверных результатов, были рассмотрены и сопоставлены модельные ряды каждого из сравниваемых видов выемочно-погрузочного оборудования. При выборе выемочно-погрузочного оборудования следует учитывать его технические параметры, во многом предопределяющие эффективность применения той или иной технологической схемы вскрытия, а именно: высоту/глубину 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. Расчетная 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 идеальной худшей машины равна 10.

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.

Однако, рассматриваемый метод [5] имеет существенный недостаток. Так, при изменении последовательности расположения осей (перестановка их местами) площадь полигона изменяется. То есть на оценку варианта влияют не только значения показателей, но также и порядок расположения осей. Это лишает данный метод строгости и однозначности. Имея один и тот же набор исходных данных, можно дать отличающиеся характеристики показателей.

Для устранения присущей методу [5] неоднозначности 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.

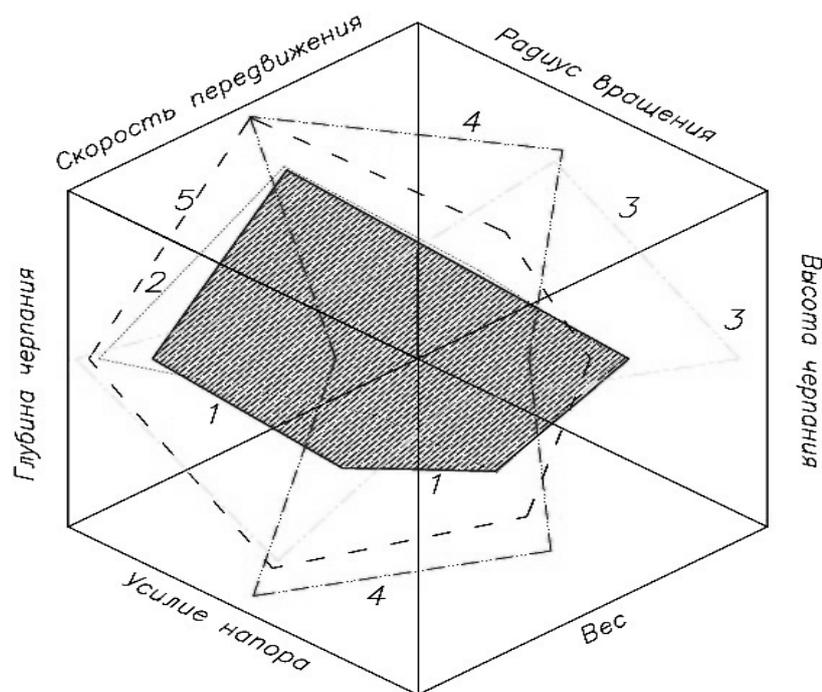
Площадь полигона, характеризующего конкретный вариант, определяется как сумма площадей треугольников, построенных в границах секторов, характеризующих соответствующие показатели (табл. 1):

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

где  $\gamma$  – центральный угол, град.;  $K_1, K_2, K_3, \dots$  - 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.

При такой модификации метода [5] площадь, характеризующая оборудование, не зависит от порядка следования осей (рис. 1).



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

Табл. 1. Обобщенная рейтинговая оценка оборудования

Марка оборудования	глубина черпания	высота черпания	усилие напора	Вес	радиус вращения	скорость передвижения	обобщенная рейтинговая оценка
<b>ЭГО</b>	7,59	6,04	4,33	4,46	3,35	7,49	<b>86,68</b>
<b>ЭГП</b>	9,12	5,79	2,26	4,52	3,50	7,63	<b>92,07</b>
<b>Погрузчики</b>	9,79	9,21	8,02	0,80	7,83	3,07	<b>136,98</b>
<b>Драглайны</b>	2,35	3,19	9,41	7,62	8,28	9,61	<b>139,9</b>
<b>Мехлопаты</b>	9,41	4,94	8,31	6,26	5,02	9,57	<b>146,3</b>

Лучшую рейтинговую оценку (табл. 1) имеют гидравлические экскаваторы (обратная лопата – 86,68 ; прямая лопата 92,07) и одноковшовые погрузчики (136,98). Худшая рейтинговая оценка у драглайнов (139,9) и мехлопат (146,3). Работе в условиях возможного подтоп-

ления 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 послонную 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. При обводненном нижнем горизонте и условии проходки капитальных траншей на полную высоту можно использовать только экскаватор-драглайн, глубина черпания которого удовлетворяет предъявленным требованиям (обобщённая рейтинговая оценка 139,9), но для их эффективного использования необходимо улучшить качество взрывного дробления горных пород.

При послонной проходке поперечное сечение траншеи по высоте и ширине делят на ряд отдельных заходов, последовательно обрабатываемых 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].

При послонной 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 м<sup>3</sup>, 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 обработке 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 его отключают от электрического питания. Насосные агрегаты в траншее продолжают работу вплоть до момента их возможного затопления. При использовании экскаваторов ЭКГ, учитывая кинематическую схему экскаватора и его технические параметры (обобщённая рейтинговая оценка 139,9), мы имеем наиболее сложную, длительную и небезопасную технологию подготовки глубоких горизонтов (Рис. 2).

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. Технические параметры обратной гидравлической лопаты (обобщённая рейтинговая оценка 86,68) и ее кинематическая схема наиболее полно отвечают требованиям послонной проходки капитальных выработок в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.



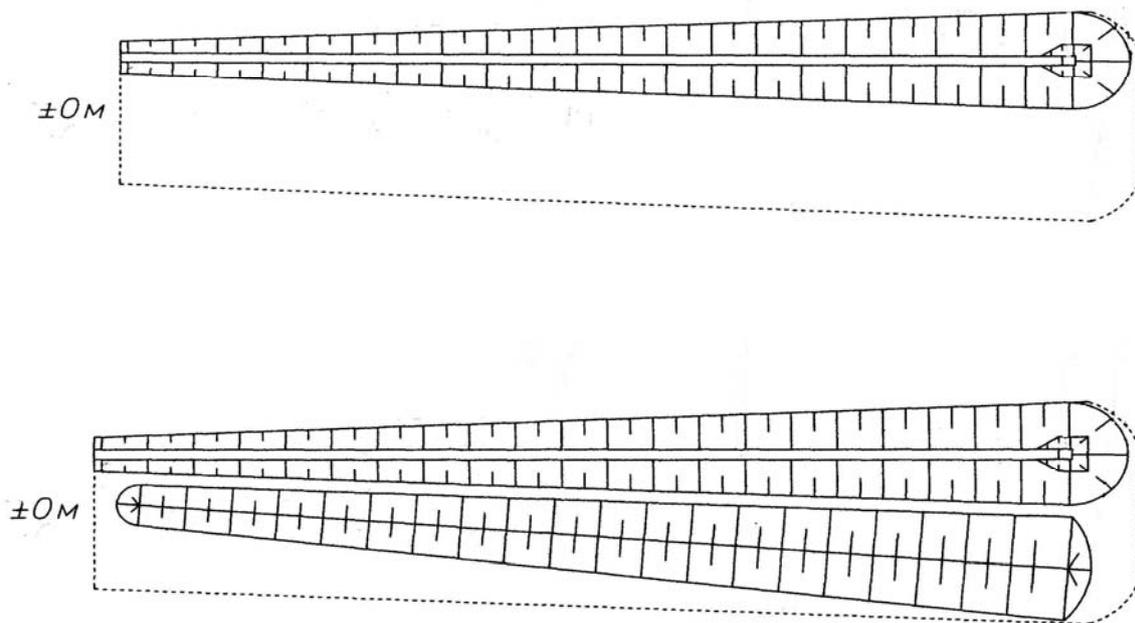
**Рис. 2** – Послойная проходка траншеи механической лопатой

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 схему проходки траншей, предполагающую использование нескольких видов оборудования, а именно 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. 2).

1. При вскрытии рабочих горизонтов, высота которых не превышает максимальную глубину черпания экскаватора с нижним черпанием, экскаватором с нижним черпанием проходят наклонную опережающую водопонижающую траншею с уклоном, равным уклону въездной траншеи, глубиной на 1-2 м большей, чем глубина въездной траншеи, и шириной понизу 1-2 м. В самой глубокой части водопонижающей траншеи экскаватор с нижним черпанием формирует зумпф. Горная масса, извлекаемая обратной гидравлической лопатой, отгружается в средства автомобильного транспорта. По завершению строительства опережающей водопонижающей траншеи, прямая механическая лопата приступает к отработке горной массы в пределах капитальной траншеи.

Для увеличения скорости строительства траншеи, экскаватор с нижним черпанием осуществляет строительство опережающей водопонижающей траншеи бестранспортным способом с размещением вскрышных пород от её проходки в контуре заходки экскаватора типа прямая лопата, при условии, что ширина заходки экскаватора типа прямая механическая лопата позволяет разместить объём вскрышных пород, извлекаемых при строительстве водопонижающей опережающей траншеи (Рис. 3).



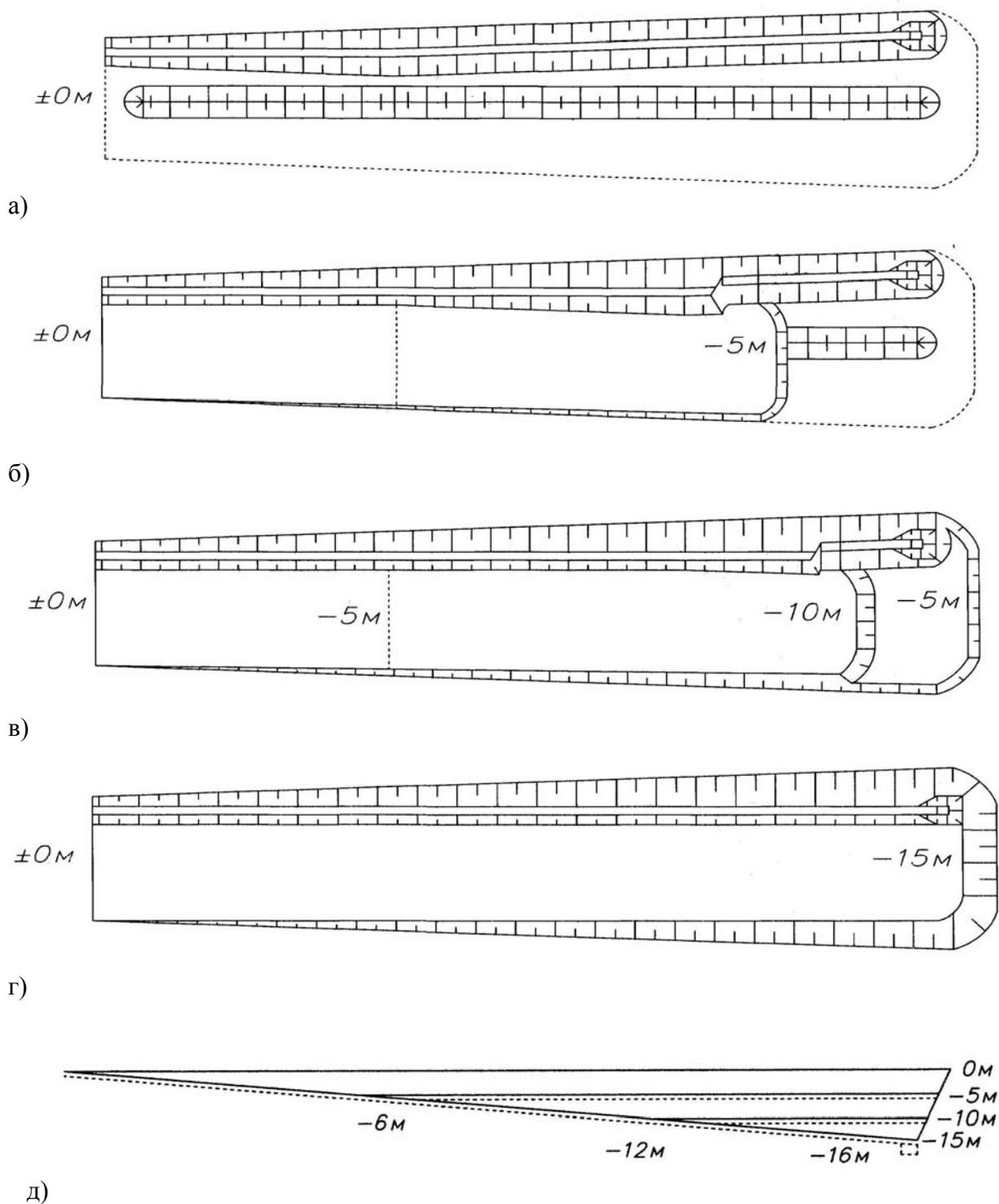
**Рис. 3.** – Комбинированная схема проходки траншей.

2. В случае когда высота горизонтов не позволяет пройти опережающую водопонижающую траншею на полную высоту уступа:

Вдоль проектного борта сооружаемой капитальной траншеи обратная лопата бестранспортным способом проходит опережающую водопонижающую траншею глубиной 6-7м 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 устраивается временный зумпф (Рис. 4а).

После понижения уровня воды, мехлопата начинает отработку горной массы в пределах первого слоя высотой 5м (Рис. 4б). По высоте траншея разбивается на три слоя равной высоты. При ширине траншеи по низу 30м, уклоне 80%, высоте уступа 15м, в пределах каждого из слоев будут вынуты соответственно 33.8, 18.2 и 5.6 тыс.м<sup>3</sup> 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 (Рис. 4в). Углубленную часть водопонижающей траншеи используют как временный зумпф, обеспечивающий осушение второго слоя. Далее порядок работ повторяется. При завершении отработки мехлопатай третьего слоя, гидравлический экскаватор формирует зумпф, который будет эксплуатироваться в ходе подготовки горизонта к сдаче в эксплуатацию (Рис. 4г).



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

***Выводы и направления дальнейших исследований.***

Использование при вскрытии глубоких горизонтов электрических мехлопат снижает скорость углубки и производительность карьера. В условиях глубоких горизонтов регулярно создаются горнотехнические ситуации, в которых из-за подтопления дна карьера эксплуатация экскаваторов становится опасной.

Анализ технических параметров оборудования и технологических схем проходки траншей показал, что для эффективного ведения работ по углубке карьера предпочтительно приме-

нять гидравлические экскаваторы типа обратная и прямая лопата. 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.: ВНИИМИ, 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? / Э. Науман – М.:Мир, 1987. – 198 с.

6. Слободянюк В.К., Турчин Ю.Ю. Совершенствование технологии проходки траншей в сложных горно-геологических условиях глубоких горизонтов железорудных карьеров. / В.К. Слободянюк, Ю.Ю. Турчин // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наукових праць / Ін-т Геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 103. – С. 203 – 210.

### **ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ НЕРАБОЧИХ БОРТОВ КАРЬЕРА КАТОКА**

*А.М. Маевский, Н.В. Несвитайло, Б.Е. Собко, А.Д. Казола, Государственное высшее учебное заведение «НГУ», Украина*

Для условий штокообразного месторождения Катока выбран и обоснован метод расчета устойчивости нерабочих бортов. Контур откоса, определенный данным методом, обеспечивает экономичность вскрышных работ.

Из теории управления состоянием горных массивов известно, что многообразие геологических и гидрогеологических особенностей разрабатываемых месторождений исключает существование какого-то универсального метода решения задачи по определению предельных параметров нерабочего борта карьера пригодного для всех конкретных условий. В связи с этим выбор метода расчета рекомендуется производить на основе двух групп критериев - общих и частных. Общие критерии определяют обоснованность метода в теоретическом отношении, частные – возможность использования данного метода в конкретных практических условиях.

Общие условия следующие:

1. Метод должен обеспечивать установление в массиве формы и положения определенной зоны в каждой точке которой соблюдается условие предельного равновесия, величины и направления напряжений действующих в этой зоне.