

Турчин Ю.Ю.
(ГВУЗ «КНУ»)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИТОКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА
СКОРОСТЬ ПОДГОТОВКИ ГОРИЗОНТОВ КАРЬЕРОВ**

Турчин Ю.Ю.
(ДВНЗ «КНУ»)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРИТОКУ ПІДЗЕМНИХ ВОД НА
ШВИДКІСТЬ ПІДГОТОВКИ ГОРИЗОНТІВ КАР'ЄРІВ**

Turchin Y.Y.
(SHEI «KNU»)

**STUDY OF GROUND WATER IMPACT ON THE RATE OF PIT LEVELS
STRIPPING**

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 глубоких горизонтов ливневыми и подземными водами. В то же время существующие технологии вскрытия и подготовки новых уступов не безопасны и не эффективны при ведении открытых горных работ на обводнённых глубоких горизонтах. Таким образом, разработка и внедрение ресурсосберегающих, безопасных технологий вскрытия глубоких горизонтов, допускающих частичное или полное затопление дна карьера, является важной научно-практической задачей.

В статье выполнен анализ факторов, влияющих на скорость вскрытия уступов. Определена скорость проходки траншей в условиях их подтопления подземными водами. Разработана комбинированная технологическая схема проходки траншей с использованием обратных гидравлических и прямых механических экскаваторов. Предложенные технологические решения позволяют эффективно и безопасно производить работы по углубке карьеров в условиях их подтопления подземными водами.

Ключевые слова: вскрытие уступов, скорость проходки траншей, подземные воды.

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 не безопасны и не эффективны 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, не выполнению квартально-месячных планов развития горных работ. Быстрое затопление дна карьера также может стать причиной выхода из

стройка 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 увеличению 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. В работах [1, 2] рассмотрены технологии вскрытия и подготовки новых уступов, приведены расчётные формулы для определения скорости проходки траншей, определены факторы, влияющие на скорость вскрытия уступов. Но в данных работах не учтён фактор производства работ в сложных гидрогеологических условиях, отсутствуют рекомендации по определению скорости строительства траншей в условиях их подтопления подземными водами.

Постановка задач исследования. Целью данной работы является определение влияния притока подземных вод на скорость проходки въездных траншей при вскрытии глубоких горизонтов карьера, 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. Как известно, одним из основных факторов, определяющих интенсификацию добычных работ, является подготовка горизонтов к эксплуатации, то есть проходка капитальных траншей. От скорости проходки траншей зависит фронт работ по руде, и, следовательно, производственная мощность карьера [1].

Технологические схемы проходки капитальных траншей разделяются:

- по виду транспорта (с погрузкой в железнодорожный, автомобильный и комбинированный транспорт);
- по способу организации погрузочных работ (с верхней, нижней и комбинированной погрузкой);
- по конструкции забоя (сплошным забоем на полную высоту уступа и полойная проходка с разбивкой поперечного сечения траншеи на выемочные слои).

Основными факторами, влияющими на скорость проходки траншей, являются: тип горнотранспортного оборудования, параметры траншеи и организация буровзрывных, выемочно-погрузочных и транспортных работ [2].

Но при ведении работ в сложных гидрогеологических условиях глубоких горизонтов карьеров основным фактором, влияющим на скорость проходки траншеи, является время осушения рабочей зоны. Для эффективной работы экскаватора необходимо постоянно откачивать объём подземных вод, поступающих в выработку, что существенно снижает скорость проходческих работ.

В практике открытых горных работ при вскрытии глубоких горизонтов наи-

более распространена послойная схема проходки капитальных траншей. При такой схеме поперечное сечение траншеи по высоте и ширине делят на ряд отдельных заходов, последовательно обрабатываемых экскаватором. Высота каждого слоя определяется рабочими параметрами экскаватора.

Определим время проходки въездной траншеи по данной схеме в сухих условиях:

$$T = T_1 + T_2 + T_3, \text{ сут}$$

где T – общее время проходки траншеи, сут; T_1, T_2, T_3 – соответственно время отработки первого, второго и третьего слоёв, сут.

Время отработки слоя [2]:

$$T_c = \frac{V_c}{k_c Q_{\text{экс}}}, \text{ сут.}$$

где k_c – коэффициент снижения производительности экскаватора при проходке траншеи, $k_c=0,75$; $Q_{\text{экс}}$ – производительность экскаватора, м³/сут; V_c – объёма слоя, определяется как сумма объёмов наклонного и прямого участков, составляющих слой [2]:

$$V_c = \frac{1000H^2}{i} \left(\frac{b_n}{2} + \frac{H \operatorname{ctg} \alpha}{3} \right) + LH \left(\frac{b_n + b_e}{2} \right), \text{ м}^3$$

где H – глубина слоя, м; i – уклон наклонной части слоя, ‰; b_n – ширина слоя по низу, м; b_e – ширина слоя по верху, м; L – длина слоя, м; α – угол откоса борта траншеи, град.

Результаты расчётов приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Время проходки въездной траншеи в сухих условиях

	Объём слоя, м ³	Время проходки, сут
Слой 1	35 277	11
Слой 2	18 715	6
Слой 3	5 590	2

Таким образом, общее время проходки составит 19 суток.

При послойной проходке траншеи в условиях её подтопления подземными водами порядок работ изменяется [3]. 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. 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 вышележащем слое продолжают использо-

ваться 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. 1 – Послойная проходка траншеи механической лопатой

Определим время послойной проходки траншеи в условиях её подтопления подземными водами.

$$T = T_{mp} + T_{oc}, \text{ сут.}$$

где T_{oc} – время осушения траншеи, сут; T_{mp} – время отработки слоёв, сут.

Осушение траншеи предполагает снижения напора подземных вод на горизонте, то есть опускания уровня депрессионной воронки на необходимое значе-

ние (рис. 2) [4].



Рис.2 – Понижение уровня подземных вод в траншее при отработке первого слоя

Таким образом, по уравнению депрессионной кривой [4]:

$$h_g = \sqrt{h_o^2 + \frac{x}{R}(H^2 - h_o^2)}, \text{ м.}$$

где h_g – необходимая высота понижения, в нашем случае глубина слоя, м; h_o – уровень воды в слое, м; H – напор, принимаем равным глубине траншеи (слоя), м; x – координата депрессионной воронки:

$$x = L, \text{ м.}$$

где R – радиус депрессионной кривой [4]:

$$R = 1,5\sqrt{at}, \text{ м.}$$

где a – коэффициент уровнепроводимости [4];

$$a = \frac{kH}{\mu}, \text{ м}^2/\text{сут}.$$

где k – коэффициент фильтрации, м/сут; μ – коэффициент водоотдачи, доли единиц; t – время необходимое на снижения уровня напора, то есть время осушения, сут.

Тогда

$$h_g = \sqrt{h_o^2 + \frac{x}{1,5\sqrt{at}}(H^2 - h_o^2)}, \text{ м.}$$

Решаем уравнение относительно t :

$$\frac{tkH}{\mu} = \left(\frac{x(H^2 - h_o^2)}{1,5(h_g^2 - h_o^2)}\right)^2;$$

Так как $H^2 - h_o^2 = h_g^2 - h_o^2$, то

$$t = \frac{\mu x^2}{2,25kH}, \text{ сут}$$

Развитие депрессионной воронки за счёт подвигания забоя (из положения 1 в положение 2) предполагает, что после осушения и отработки участка длиной равной радиусу влияния депрессионной воронки (R), уровень напора в пределах слоя снова возрастает до исходного (рис. 3) [4].

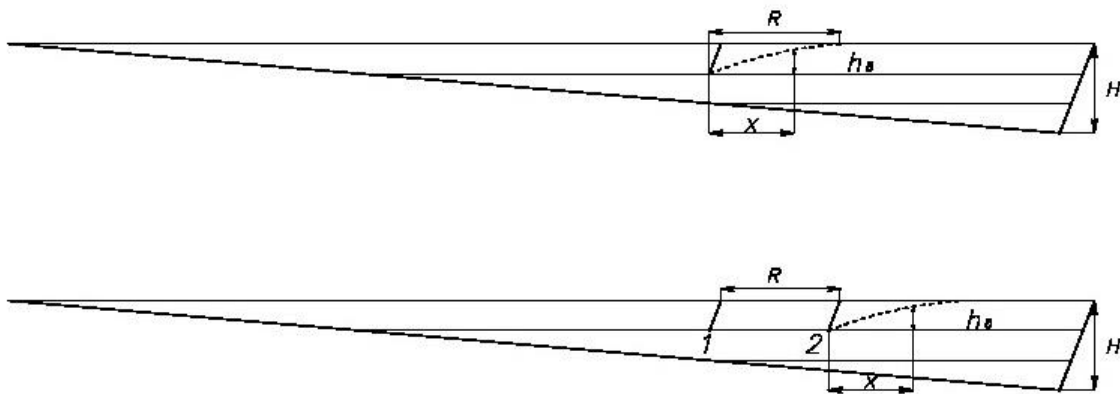


Рис.3 – Движение депрессионной воронки за счёт подвигания забоя

С учётом вышесказанного, напор в пределах слоя:

$$H_c = H \frac{L}{R}; \text{ м}$$

По формуле И. П. Кусакина определим радиус влияния депрессионной воронки относительно забоя [4]:

$$R = 2H\sqrt{Hk}; \text{ м.}$$

Таким образом, время осушения слоя:

$$t = \frac{\mu L^2}{2,25kH_c}; \text{ сут.}$$

Результаты расчётов приведены в таблице (табл. 2):

Время осушение траншеи составит 19 суток. Общее время проходки траншеи составит 38 суток. То есть, при проходке капитальных траншей в сложных гидрогеологических условиях, время подготовки горизонта к сдаче в эксплуатацию увеличивается более чем на 45%.

Таблица 2 - Время проходки въездной траншеи в обводнённых условиях:

	Объём слоя, м ³	Время отработки слоя, сут	Время дренирования слоя, сут.	Время проходки, сут
Слой 1	35 277	11	10	21
Слой 2	18 715	6	6	12
Слой 3	5 590	2	3	5

Для эффективного ведения проходческих работ нами разработана комбинированную схему проходки траншей, предполагающая 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 [3].

Вдоль проектного борта сооружаемой капитальной траншеи обратная лопата бестранспортным способом проходит опережающую водопонижающую траншею глубиной 6-7 м с шириной по основанию 2-4 м. В самой глубокой части водопонижающей траншеи обустраивается временный зумпф.

После понижения уровня воды мехлопата начинает отработку горной массы в пределах первого слоя. 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. Углубленную часть водопонижающей траншеи используют как временный зумпф, обеспечивающий осушение второго слоя. Далее порядок работ повторяется. При завершении отработки мехлопатой третьего слоя гидравлический экскаватор формирует зумпф, который будет эксплуатироваться в ходе подготовки горизонта к сдаче в эксплуатацию [3].

Рассчитаем время проходки траншеи при комбинированной схеме по вышеприведённым формулам. При этом время осушения слоя определяем как сумму времени на проходку дренажной траншеи и времени дренирования слоя опережающей водопонижающей траншеей. Результаты расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Время проходки въездной траншеи в обводнённых условиях по комбинированной схеме

	Объём слоя, м ³	Время проходки, сут	Время строительства дренажной траншеи, сут.	Время дренирования слоя, сут.	Общее время осушения, сут.
Слой 1	35 277	11	3	8	11
Слой 2	18 715	6	3	5	8
Слой 3	5 590	2	0,5	2	2,5

Так как с началом отработки прямой механической лопатой первого слоя гидравлический экскаватор начинает работы по углубке водопонижающей траншеи, время на дренирование второго и третьего слоя можно не учитывать. Таким образом, общее время проходки траншеи составит 30 суток, что на 22% быстрее, чем при послойной проходке.

Выводы и направления дальнейших исследований. При проходке капитальных траншей в сложных гидрогеологических условиях на скорость вскрытия уступов значительное влияние оказывает приток подземных вод в выработку. С учётом необходимости дренажных работ скорость строительства траншеи снижается более чем на 45% в сравнении с проходкой в сухих условиях.

Для эффективного ведения работ по углубке карьера предпочтительно использовать комбинированную послойную схему проходки траншей с использованием прямых механических и обратных гидравлических лопат, что позволит сократить временные затраты на 22%.

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. Шехмейстер, Ш. Я. Схемы проходки траншей в скальных породах и их технико-экономические показатели. / Ш. Я. Шехмейстер, В. М. Просочкин, А. Э. Самуйло // Горный журнал. – 1966. - №8. – С. 15-22.
2. Арсентьев, А.И. Определение производительности и границ карьеров / А. И. Арсентьев. - М.: Недра, 1970. – 320 с.
3. Слободянюк, В. К. 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. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 103. – С. 203 – 210.
4. Климентов, П. П. Динамика подземных вод / П. П. Климентов, В. М. Кононов. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.

REFERENCES

1. Shehmeyster, Sh. Ya., Prosochkin, V. M. and Samuylo, A. E. (1966) "Patterns of trenching in rocks and their technical and economics parameters", *Mining journal*, no. 8, pp. 15-22.
2. Arsentyev, A.I. (1970) *Opryedyelyeniye proizvodityelnosti I granits caryerov* [Determining of the pits productivity and limits], Moscow, Nedra, Russia.
3. Slobodyanyuk, V.K. and Turchin, Y.Y. (2012), "Improvement of technology of the driving of trenches in difficult mining and geological conditions of the deep horizons of iron ore pits." *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 103, pp. 203-210.
4. Klimentov, P.P. and Kononov, V.M. (1985) *Dynamica podzemnyh vod* [Dynamics of the ground water], Vyschaya shkola, Moscow, Russia.

Об авторах

Турчин Юрий Юрьевич, аспирант кафедры открытых горных работ Государственного высшего учебного заведения «Криворожский национальный университет» (ГВУЗ «КНУ»), Кривой Рог, Украина, chinasky@ukr.net.

About the authors

Turchin Yurey Yuryevich, Postgraduate Student of Open Pit Mining Department State Higher Educational Institution «Kryviy Rih National University» (SHEI “KNU”), Kryviy Rih, Ukraine, chinasky@ukr.net.

Анотація. Аналіз роботи гірничих підприємств показав, що в останні роки зі збільшенням глибин кар'єрів та їх розмірів по денній поверхні збільшилась кількість випадків періодичного затоплення глибоких горизонтів зливовими і підземними водами. В той же час, існуючі технології розкриття та підготовки уступів не безпечні і не ефективні при веденні відкритих гірничих робіт на обводнених глибоких горизонтах. Таким чином, розробка та впровадження ресурсозберігаючих, безпечних технологій розкриття глибоких горизонтів, що допускають часткове або повне затоплення дна кар'єру, є важливою науково-практичною задачею.

Виконаний аналіз факторів, що впливають на швидкість розкриття уступів. Визначена швидкість проходки траншей в умовах їх підтоплення підземними водами. Розроблено комбіновану технологічну схему проходки траншей з використанням обернених гідравлічних та прямих механічних лопат. Запропоновані технологічні рішення дозволять ефективно та безпечно проводити роботи з углубке кар'єрів в умовах їх підтоплення підземними водами.

Ключові слова: розкриття уступів, швидкість проходки траншей, підземні води.

Abstract. Mining industry analysis shows that increase of open pit depth and sizes by day surface results in growing number of periodic flooding of the deep horizons by storm and ground waters. At the same time, existing technologies for horizon preparation are rather dangerous and not effective enough at open stripping of the deep water-bearing horizons. Thus, designing and implementation of safety and resource-saving technologies for deep horizon opening with partial or full pit bottom flooding is an important scientific and practical problem.

Factors influencing on rate of level stripping are analyzed in this paper. Rate of trench driving under conditions of ground water flooding is defined. A new combined technological scheme is offered for trench driving by hydraulic excavators with trenching shovel and by mechanical excavators. The proposed technological solutions will be effective and safety for the pit deepening in case of pit flooding by ground waters.

Keywords: horizons stripping, rate of a trench driving, ground water.

Статья поступила в редакцию 13.09.2013

Рекомендовано к публикации д.т.н., проф. Ю.М. Николашиным