

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ НА ТЕМПЫ ПРОХОДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК С НАБРЫЗГБЕТОННОЙ КРЕПЬЮ

В.В. Коваленко, А.Н. Роечко, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

С.А. Харин, Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет», Украина

Исследовано влияние факторов производительности оборудования на темпы проходки выработок с набрызгбетонной крепью в горизонтальных выработках на больших глубинах. Показаны зависимости влияния различных типов крепи и производительности операций проходческого оборудования на скорость проведения выработки при различных условиях.

Цель. Определение степени влияния производительности оборудования для набрызгбетонирования и бурения шпуров под анкера на темпы проходки выработок с набрызгбетонной крепью, а также с набрызгбетонной крепью в сочетании с анкерами.

Методика. Рассмотрены факторы, влияющие на параметры набрызгбетонной крепи протяженных горизонтальных выработок шахт на больших глубинах. Показаны зависимости, отражающие воздействие различных элементов крепи и эксплуатационной производительности проходческого оборудования на скорость проходки выработок для различных условий.

Выполнен анализ изменения темпов проходки выработок только с набрызгбетонной крепью в сравнении с вариантом, когда использование анкеров в качестве вспомогательной крепи является необходимым в зависимости от производительности оборудования для нанесения набрызгбетона. Рассмотрено влияние на скорость проведения выработки параметров оборудования для бурения шпуров. Рассмотрены пять вариантов с различными параметрами производительности оборудования для набрызгбетонирования и бурения шпуров. Выполнен сравнительный анализ изменения скорости проведения выработки при использовании средств крепления с различной производительностью оборудования.

Результаты. На основании эмпирических данных определена зависимость скорости проходки выработки от производительности оборудования для нанесения набрызгбетона. Для выполнения анализа влияния производительности оборудования для набрызгбетонирования на скорость проведения выработки предложен удельный коэффициент прироста производительности средств набрызгбетонирования по фактору скорости. Получена зависимость изменения скорости проведения выработки при использовании средств крепления с различной производительностью оборудования.

Научная новизна. В работе использован сравнительный анализ влияния параметров производительности оборудования по набрызгбетонированию и бурению шпуров на скорость проведения выработки на основании изучения изменения отношений одноименных параметров и оценки их влияния на скорость проведения выработки при различных значениях варьируемых параметров производительности средств крепления.

Практическая значимость. Получение зависимости изменения скорости проведения выработки при использовании средств крепления с различной производительностью оборудования, что позволит управлять эксплуатационными параметрами оборудования для получения необходимых заданных скоростей проведения выработки.

Постановка проблемы. В современной технологии шахтного строительства наибольшее распространение имеют механизированные процессы возведения крепей, которые позволяют минимизировать трудозатраты и сроки сооружения подземных горных выработок. Высокой степенью механизации выполнения работ характеризуется такие технологические процессы, как возведение набрызгбетонной и анкерной крепей. Поэтому эффективное развитие горного предприятий требует правильной организации работ, в рамках чего существенное значение

имеют соблюдение требуемых сроков завершения строительства подземных объектов, поддержание соответствующих темпов проходки выработок, выбор оптимального оборудования.

Выделение нерешенной проблемы. Несмотря на широкое применение набрызгбетонной крепи, влияние темпов ее сооружения на скорость проведения выработок в условиях глубоких шахт изучено далеко не полно. Как правило, на скорость проведения выработки оказывает влияние значительное число факторов субъективного и объективного характера. При расчете проектных скоростей сооружения выработок руководствуются одним или несколькими критериями, которые и принимаются во внимание. Однако, не учитывается взаимное влияние рассматриваемых факторов друг на друга и, в конечном итоге, на скорость сооружения выработки. В данной работе в качестве таких влияющих факторов выделены параметры производительности оборудования для крепления выработки. В работе исследуется влияние производительности оборудования для набрызгбетонирования и бурения шпуров (с целью установки анкеров) на скорость проведения выработки и выполнена оценка влияния увеличения производительности оборудования на увеличение темпов проведения выработки.

Формулирование цели работы. В этой связи представляет интерес исследование вопроса о влиянии производительности оборудования для крепления выработок глубоких шахт на темпы их проходки при использовании различных типов крепей, как набрызгбетона отдельно, так и в сочетании с анкерами.

Изложение основного материала. Рассмотрим строительство выработки сечением в проходке 20 м^2 в породах с $f = 16$ при использовании достаточно высокопроизводительного оборудования для выполнения других, не связанных с креплением, основных проходческих операций.

Результаты анализа (рис. 1) показывают, что с наибольшей достоверностью зависимость скорости проходки выработки от производительности оборудования для нанесения набрызгбетона ($K_{\text{нб}}$) может быть отражена логарифмической функцией, которая справедлива при $0,1 \text{ м}^3/\text{ч} \leq K_{\text{нб}} \leq 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ и имеет вид

$$v = 4,77 \text{Ln}(K_{\text{нб}}) + 40,433 \text{ при } R^2 = 0,81$$

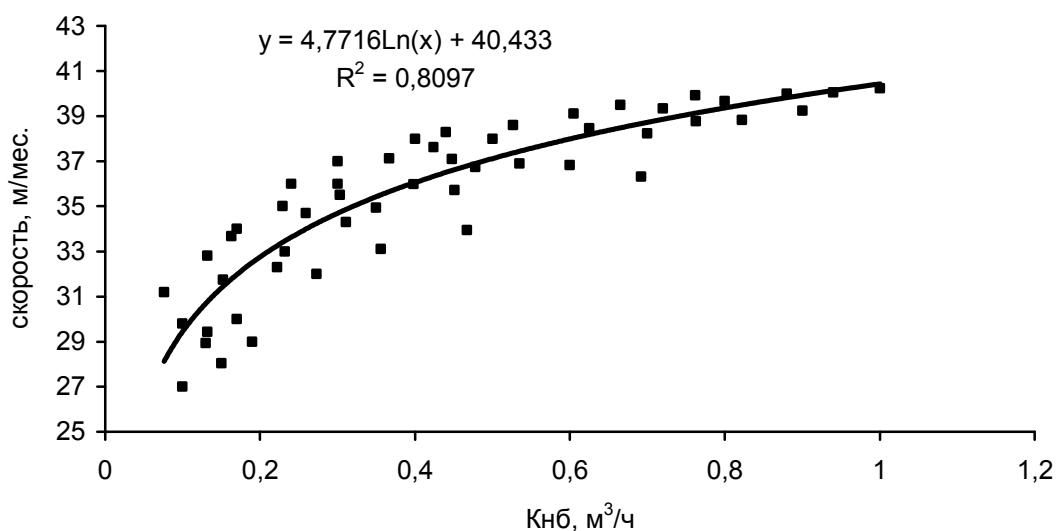


Рис. 1. Зависимость скорости проходки выработки от производительности оборудования для нанесения набрызгбетона

Влияние этого фактора на темпы проведения выработок может быть существенным, особенно в тех случаях, когда имеет место следующее:

- большая площадь поперечного сечения выработки;

- значительная толщина крепи, которая характерна для выработок, находящихся на большой глубине или в сложных горно-геологических условиях;
- перерасход бетона под влиянием отскока его в процессе набрызгбетонирования;
- значительный перебор пород в результате БВР и вызванный этим перерасход бетона;
- относительно низкая производительность бурового оборудования при высокой крепости пород;
- низкая производительность проходческого оборудования в целом, исключая средства крепления.

Анализ показал, что при низких значениях $K_{нб}$, порядка 0,1-0,2 м³/ч темпы проведения выработок находятся на уровне 28-32 м/мес. Они возрастают, вначале сравнительно интенсивно – до 38-39 м/мес. при $K_{нб} = 0,5-0,7$ м³/ч, затем существенно медленнее, достигнув несколько более 40 м/мес. при $K_{нб} = 1$ м³/ч, показывая, что резерв увеличения скорости проведения выработки под влиянием изменения $K_{нб}$ для данных условий практически утрачивается.

Введем для проведения анализа следующий параметр - удельный коэффициент прироста производительности средств набрызгбетонирования по фактору скорости, который отражает отношение изменения производительности оборудования для набрызгбетонирования к изменению скорости проходки выработки

$$K_{Kv} = \frac{K_{нб i} v_{б}}{K_{нб б} v_i},$$

где K_{Kv} - удельный коэффициент прироста производительности средств набрызгбетонирования;

$K_{нб i}, K_{нб б}$ - соответственно текущее и базовое значения производительности оборудования для нанесения набрызгбетона;

$v_i, v_{б}$ - соответственно текущее и базовое значения скорости проходки выработки

Изменение отношения скорости проходки выработки при данных значениях $K_{нб}$ к базовому ее уровню (при $K_{нб б} = 0,1$ м³/ч) представлено на рис. 2.

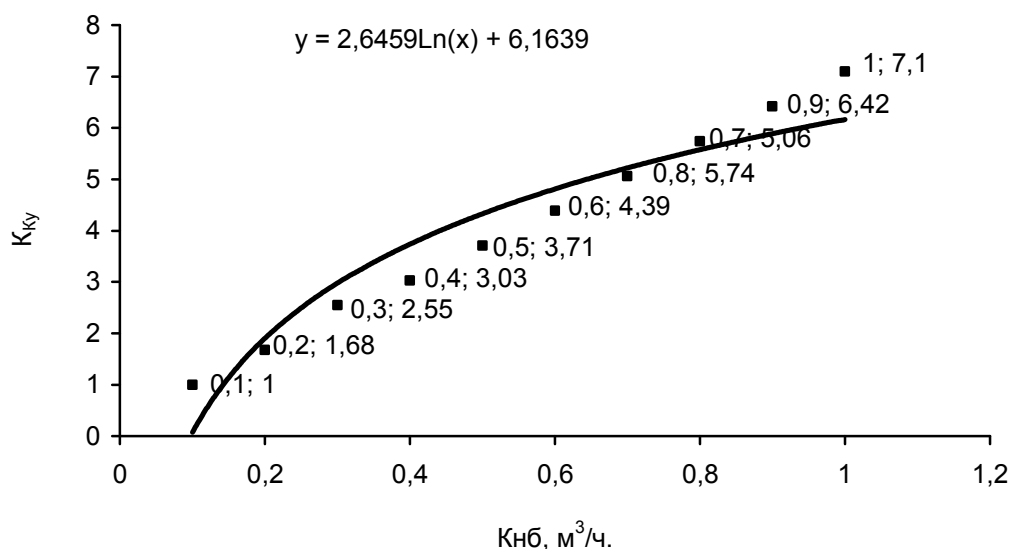


Рис. 2. Динамика K_{Kv} в зависимости от $K_{нб}$

Параметр K_{Kv} возрастает при увеличении производительности средств набрызгбетонирования, вместе с тем темп изменения соотношения скоростей при увеличении производительности средств набрызгбетонирования снижается.

Представляет также интерес исследование соотношения ($Z_{\bar{\sigma}a}$) темпов проходки выработок с набрызгбетонной крепью при применении анкеров (v) и без последних ($v_{\bar{\sigma}a}$).

$$Z_{\bar{\sigma}a} = v_{\bar{\sigma}a} / v.$$

Это соотношение формируется под влиянием следующих факторов:

- параметров анкеров, в частности, их типа, длины, диаметра;
- коэффициента крепости пород;
- производительности оборудования для бурения шпуров под анкеры и их установки;
- уровнем производительности других видов оборудования для осуществления основных проходческих операций.

Анализ полученных результатов (рис. 3) показывает, что зависимость соотношения темпов проходки от производительности оборудования для набрызгбетонирования при проведении выработок с набрызгбетонной крепью при применении анкеров и без последних может быть отражена логарифмической функцией, которая справедлива при $0,1 \text{ м}^3/\text{ч} \leq K_{\text{нб}} \leq 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ и имеет вид

$$Z_{\bar{\sigma}a} = 0,095 \text{Ln}(K_{\text{нб}}) + 1,57 \text{ при } R^2 = 0,81$$

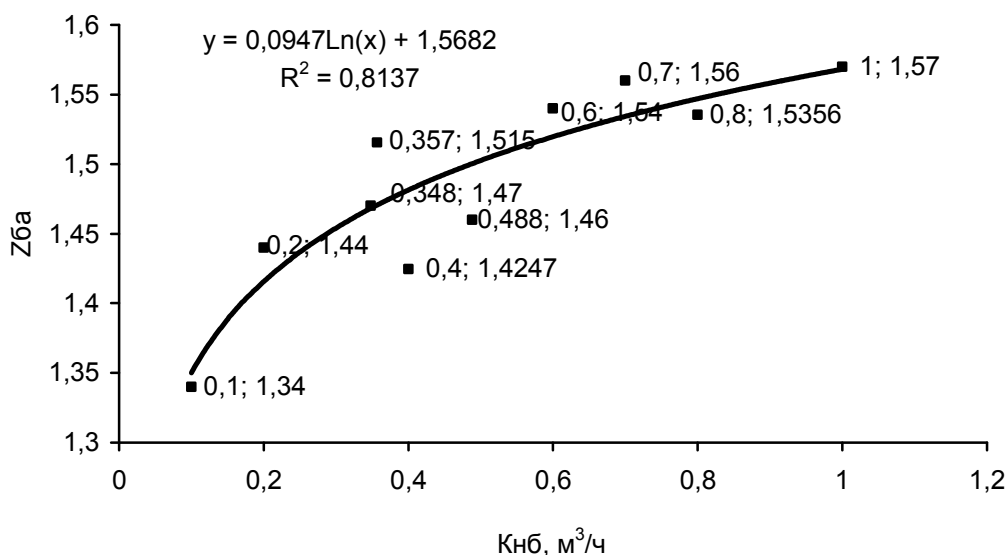


Рис. 3. Динамика $Z_{\bar{\sigma}a}$ в зависимости от $K_{\text{нб}}$

При возрастании K от 0,1 до 0,55-0,6 $\text{м}^3/\text{ч}$ величина $Z_{\bar{\sigma}a}$ растет вначале достаточно интенсивно от 1,34 до уровня 1,5-1,52, затем рост почти прекращается.

Если за базовый уровень принять сравнительно высокий показатель $K_{\text{нб}} = 0,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, величина относительного прироста $Z_{\bar{\sigma}a}$ для $K_{\text{нб}} = 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ будет находиться на уровне 1,047, то есть при удвоении K возрастание скорости проходки ограничится 5 %.

Очевидно, что в условиях проходки выработок в породах с высоким коэффициентом крепости соотношение темпов проходки выработок с набрызгбетонной крепью, а также с набрызгбетонной крепью в сочетании с анкерами может быть довольно значительным, особенно в выработках большого поперечного сечения, при использовании множества анкеров, их значительной длины и применения оборудования для возведения анкерной крепи с относительно низкой эксплуатационной производительностью.

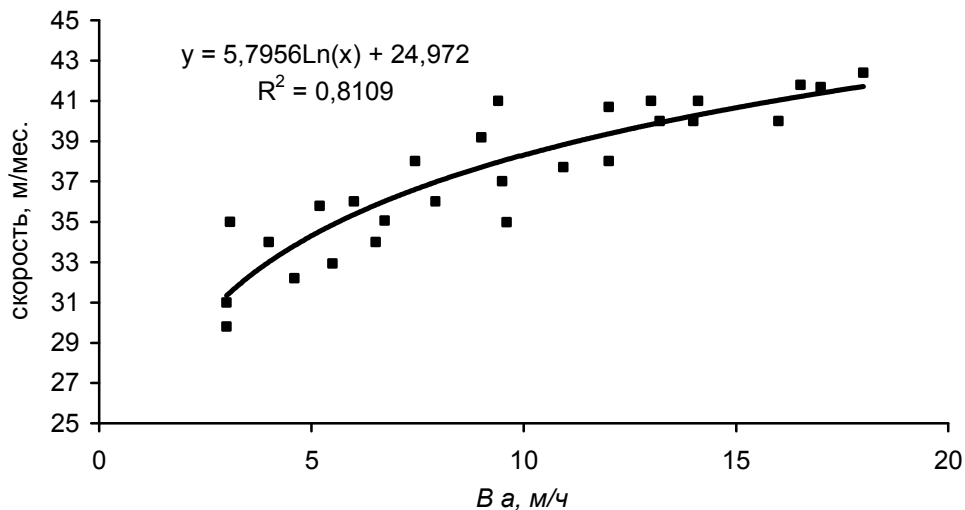


Рис. 4. Динамика зависимости скорости проходки от B_a

Исследование зависимости скорости проходки выработки от производительности бурения шпуров под анкеры (B_a) показали (рис. 4), что при низком значении этого показателя ($B_a = 3$ м/ч) имеет место $v = 31-32$ м/мес., но уже при $B_a = 9-10$ м/ч наблюдается $v = 39-40$ м/мес. В дальнейшем, даже значительное возрастание B_a не приводит к заметному росту скорости проходки.

Общий характер зависимости скорости проходки выработки от B_a может быть отображен логарифмической функцией (рис. 4). Совместное влияние различных факторов на темпы проведения выработок (табл. 1), особенно отличающееся качественной однородностью воздействия, может в весьма большой степени изменять такие темпы, иллюстрацией чего служит рис. 5. Вариант 1 сочетания факторов отражает случай (скорость проходки $v_1=30$ м/мес.), когда имеет место наименьшая производительность средств крепления.

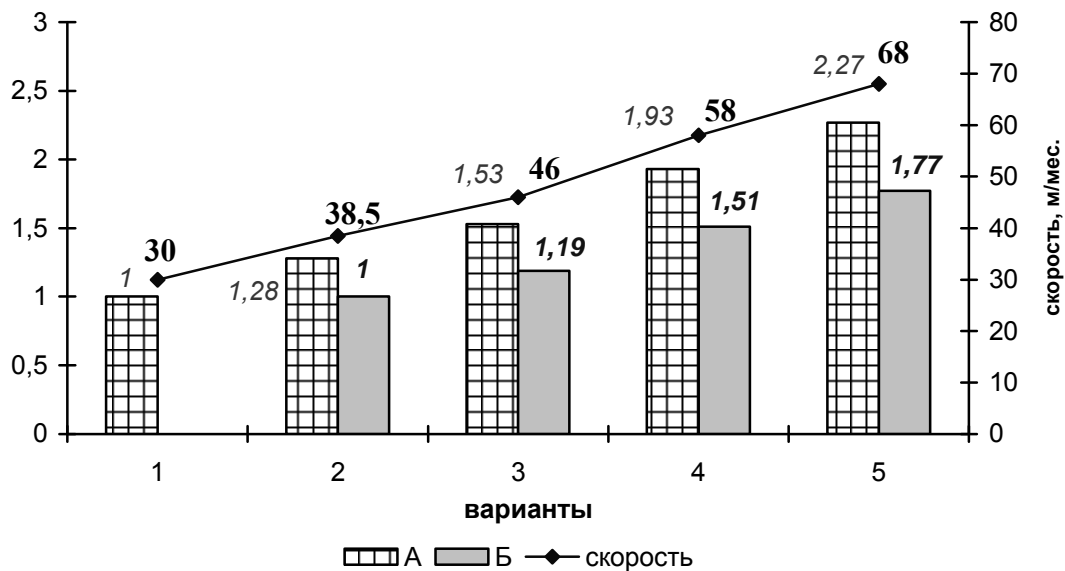


Рис. 5. Динамика темпов проходки выработки по вариантам условий:
 А – изменение скорости проходки относительно первого варианта v_i / v_1 ,
 Б – изменение скорости проходки относительно второго варианта v_i / v_2

Вариант 2 отличается от предыдущего наибольшей (в рамках рассмотренного нами диапазона значений) производительностью набрызгбетонирования, что позволяет увеличить темпы проходки (v_2) в 1,28 раза.

Вариант 3 характеризуется возрастанием в 2 раза (по сравнению с вариантами 1 и 2) производительности бурения шпуров под анкера ($B_a=16$ м/ч) и дает возможность поддерживать скорость проходки на уровне $v_3=46$ м/мес.

Таблица 1.

Перечень основных характеристик рассмотренных вариантов

| Вариант | Тип крепи | Производительность оборудования | Скорость проведения выработки, м/мес | v_i / v_1 | v_i / v_2 |
|---------|--------------------------------|--|--------------------------------------|-------------|-------------|
| 1 | Набрызгбетон (100 мм) и анкера | $K_{нб} = 0,3$ м ³ /ч, $B_a = 8$ м/ч | 30 | 1 | - |
| 2 | Набрызгбетон (100 мм) и анкера | $K_{нб} = 1$ м ³ /ч, $B_a = 8$ м/ч | 38,5 | 1,28 | 1 |
| 3 | Набрызгбетон (100 мм) и анкера | $K_{нб} = 1$ м ³ /ч, $B_a = 16$ м/ч | 46 | 1,53 | 1,19 |
| 4 | Набрызгбетон (100 мм) | $K_{нб} = 1$ м ³ /ч | 58 | 1,93 | 1,51 |
| 5 | Набрызгбетон (20 мм) | $K_{нб} = 1$ м ³ /ч | 68 | 2,27 | 1,77 |

Вариант 4 предполагает возведение только набрызгбетонной крепи. Наконец, обеспечивающий наибольшую скорость проходки 5 вариант предусматривает непосредственно при проходке применение только временной крепи из набрызгбетона относительно небольшой толщины (20 мм) и позволяет в условиях использования высокопроизводительного оборудования для всех операций обеспечивать высокие темпы проходки, в 2,27 раза превышающие уровень 1 варианта и в 1,77 раза уровень 2 варианта.

Выводы и перспективы развития направления. Для выработок с крупными размерами поперечного сечения, находящихся на больших глубинах и характеризующихся большими толщиной набрызгбетонной крепи и числом анкеров, а также их длиной производительность оборудования для крепления может оказывать заметное влияние на темпы проходки.

Установленные зависимости скорости проходки выработок от различных параметров элементов крепи, сочетающихся с набрызгбетонным покрытием, позволяют управлять скоростью сооружения выработок, обеспечивая их своевременный ввод в эксплуатацию.