

С.А. Харин

## ВЛИЯНИЕ КРЕПОСТИ ПОРОД НА СООТНОШЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОПЕРАЦИЙ ПРОХОДЧЕСКОГО ЦИКЛА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТВОЛОВ

Досліджено вплив міцності порід на співвідношення часу операцій проходницького циклу при будівництві стволів різного діаметра. Встановлено залежності швидкості проходки стволів від коефіцієнта міцності порід.

Исследовано влияние крепости пород на соотношение времени операций проходческого цикла при строительстве стволов различного диаметра. Установлены зависимости скорости проходки стволов от коэффициента крепости пород.

Influence of fortress of breeds is investigational on correlation of time of operations of entry-driving cycle at building of barrels of different diameter. Dependences of speed of driving of barrels are set on the coefficient of fortress of breeds.

Обеспечение своевременного завершения строительства и сдачи в эксплуатацию участков шахтных стволов является одним из факторов успешного проведения реконструкции шахт с целью поддержания производственной мощности. В последнее время темпы проходческих работ по углубке стволов в целом остаются на весьма низком уровне, что отрицательно сказывается на сроках вскрытия новых горизонтов. Преодоление такого положения может принести значительный экономический эффект. В этой связи представляет интерес исследование влияния коэффициента крепости пород на соотношение времени операций проходческого цикла при строительстве стволов различного поперечного сечения.

Исследование выполнено при фиксированном времени проходческого цикла (42 ч), при следующих условиях: проходка осуществляется обычным способом с применением буровзрывных работ по совмещенной схеме. Стволы закреплены монолитным бетоном. В исследовании последовательно рассмотрены случаи изменения темпов строительства стволов диаметром в проходке  $D = 6$  м и  $D = 8$  м и структуры времени проходческого цикла при изменении коэффициента крепости пород по шкале М.М. Протодяконова от  $f = 8$  до  $f = 20$  при использовании средств погрузки породы эксплуатационной производительностью  $P = 2$  м<sup>3</sup>/ч,  $P = 4$  м<sup>3</sup>/ч и  $P = 10$  м<sup>3</sup>/ч.

Увеличение коэффициента крепости пород существенным образом снижает производительность ( $B$ ) средств бурения шпуров в забое (рис. 1). Для стволов  $D = 6$  м и  $D = 8$  м в общем виде она может быть описана выражениями соответственно  $B = -0,9482f + 32,118$  с точностью  $R^2 = 0,979$  и  $B = -1,7504f + 57,44$  с  $R^2 = 0,9865$ . На производительность других проходческих средств крепость пород, по крайней мере, в пределах рассматриваемого нами диапазона значений, не оказывает существенного влияния (некоторое, но не слишком большое, снижение производительности средств погрузки породы может наблюдаться при ее очень высокой крепости).

Для ствола диаметром в проходке  $D = 6$  м, при низком значении эксплуатационной производительности средств погрузки породы,  $P = 2$  м<sup>3</sup>/ч, при всех значениях коэффициента крепости пород имеет место доминирование времени погрузки породы в структуре проходческого цикла (рис. 2).

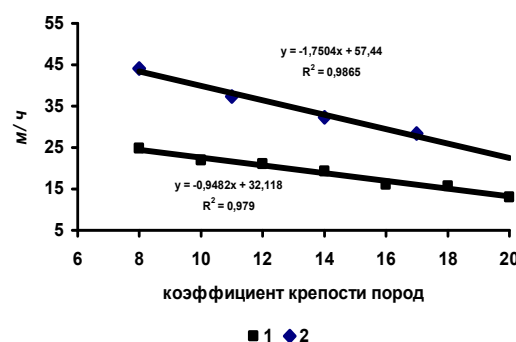


Рис. 1. Залежність продуктивності средств бурения от крепости пород: 1 – для ствола  $D = 6$  м; 2 – для ствола  $D = 8$  м

При  $f = 8$  (примем этот случай за базовый), ввиду благоприятных условий для бурения шпуров будет иметь место следующее: сравнительно небольшое число шпуров в забое ствола (41 шт.) при значительной их глубине (1,93 м) определит объем работ по бурению в 79,13 м, что, ввиду высокой при такой крепости пород эксплуатационной производительности перфораторов ( $B = 24,8$  м/ч), что позволит обеспечить низкую продолжительность бурения – 3,19 ч, при этом удельный вес бурения в структуре цикла составит всего 7,59%. Объем работ по погрузке породы в этом случае будет 48,06 м<sup>3</sup>, что из-за низких ее темпов вызовет значительную продолжительность этой операции (24 ч.) при 57,22% ее удельного веса во времени цикла. Уступая по продолжительности погрузке, крепление займет 11,3 ч или 26,89% времени, при объеме бетонирования 13,9 м<sup>3</sup>.

При увеличении крепости пород в 2 раза до  $f = 16$ , произойдет значительное возрастание числа шпуров в забое ствола (до 81 шт.), но снизится их глубина (до 1,65 м), ввиду принятого нами в качестве условия фиксированного времени проходческого цикла, что в сочетании приведет к росту объема бурения до 133,65 м. В этом случае эксплуатационная производительность средств бурения снизится по сравнению с базовым уровнем до 16 м/ч (в 1,55 раза), продолжительность операции бурения возрастет до 8,35 ч, что составит уже 19,9% проходческого цикла. Объем

работ по погрузке породы в этом случае будет несколько ниже, чем в базовом и составит 41,09 м<sup>3</sup>, продолжительность этой операции также снизится

(до 20 ч) при 48,92% ее удельного веса во времени цикла. Крепление займет 9,65 ч или почти 23% времени проходки, при объеме бетонирования 11,88 м<sup>3</sup>.

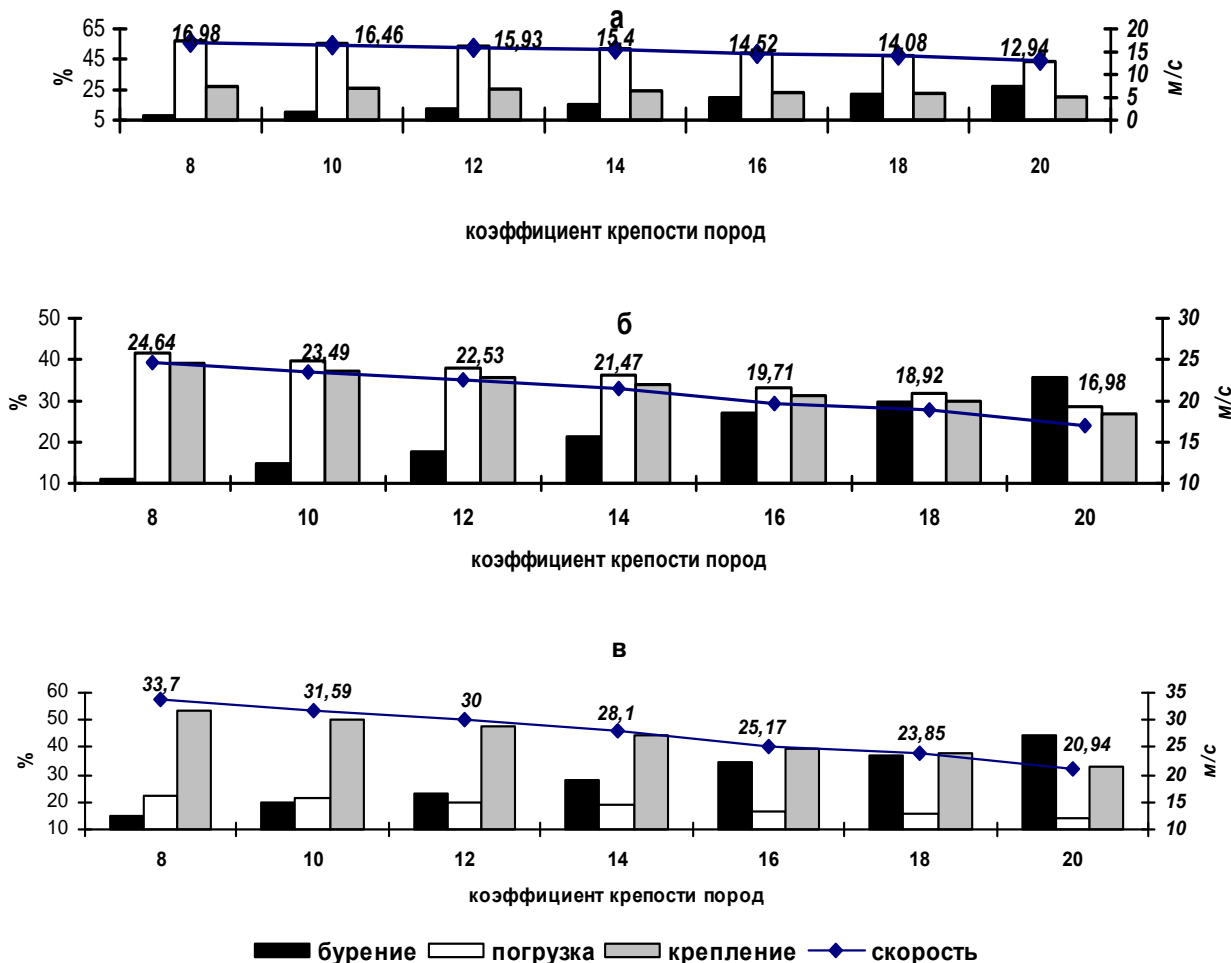


Рис. 2. Удельный вес времени операций и скорость проходки ствола диаметром 6 м при различной крепости пород: а – при  $P = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; б – при  $P = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; в – при  $P = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$

При еще большем значении крепости пород,  $f = 20$ , число шпуров достигнет 101 шт., их глубина снизится до 1,47 м, с учетом этого объем буровых работ возрастет до 148,47 м. Эксплуатационная производительность средств бурения снизится по сравнению с базовым уровнем до 13 м/ч (в 1,91 раза), продолжительность операции бурения возрастет до 11,42 ч, что составит 27,19% проходческого цикла. Уже при  $f = 18$  в структуре проходческого цикла бурение сравнивается с креплением, а при  $f = 20$  удельный вес крепления будет наименьшим, 20,49%. В то же время уровень затрат времени погрузки будет оставаться весьма высоким – 43,58%.

Анализ изменения структуры затрат времени проходческого цикла при переходе от ствола диаметром 6 м к стволу диаметром 8 м показал следующее (рис. 3). При высоком значении эксплуатационной производительности средств погрузки породы  $P = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$  и коэффициенте крепости пород  $f = 8$  в стволе диаметром  $D = 6$  м структура времени цикла будет выглядеть следующим образом: бурение займет в нем 15%, погрузка породы 22,7%, кре-

пление 53,38%. В то же время, в соответствующем случае, в стволе диаметром  $D = 8$  м структура времени примет такой вид: бурение займет только 5,6% (почти в 3 раза меньше), погрузка породы 30,1% (в 1,33 больше), крепление 53,15% (весьма близко к сравниваемому).

В рамках рассмотренных нами случаев, при росте эксплуатационной производительности средств погрузки породы, при прочих равных условиях, имеет место заметное увеличение скорости проведения стволов. В большей степени это относится к стволу диаметром  $D = 8$  м, т.е. стволу с большей площадью поперечного сечения. Так, если при возрастании эксплуатационной производительности средств погрузки с  $P = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$  до  $P = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$  и, например, значения коэффициента крепости пород  $f = 8$  в стволе  $D = 6$  м происходит увеличение темпов строительства в 1,45 раза, то в стволе  $D = 8$  м в 1,55 раза.

При данном диаметре ствола и увеличении эксплуатационной производительности средств по-

грузки породы снижение темпов проходки выработки при возрастании коэффициента крепости пород будет проявляться интенсивнее при более высоких значениях  $P$ . Так, например, для ствола  $D = 8$  м и  $P = 2$  м<sup>3</sup>/ч, при переходе от  $f = 8$  к  $f = 20$  наблюдается уменьшение скорости проходки ство-

ла в 1,148 раза, в то время как при  $P = 4$  м<sup>3</sup>/ч и соответствующих условиях происходит уменьшение скорости проходки ствола в 1,239 раза. Можно утверждать, что в этом случае будет возрастать значимость такого фактора, как эксплуатационная производительность средств бурения.

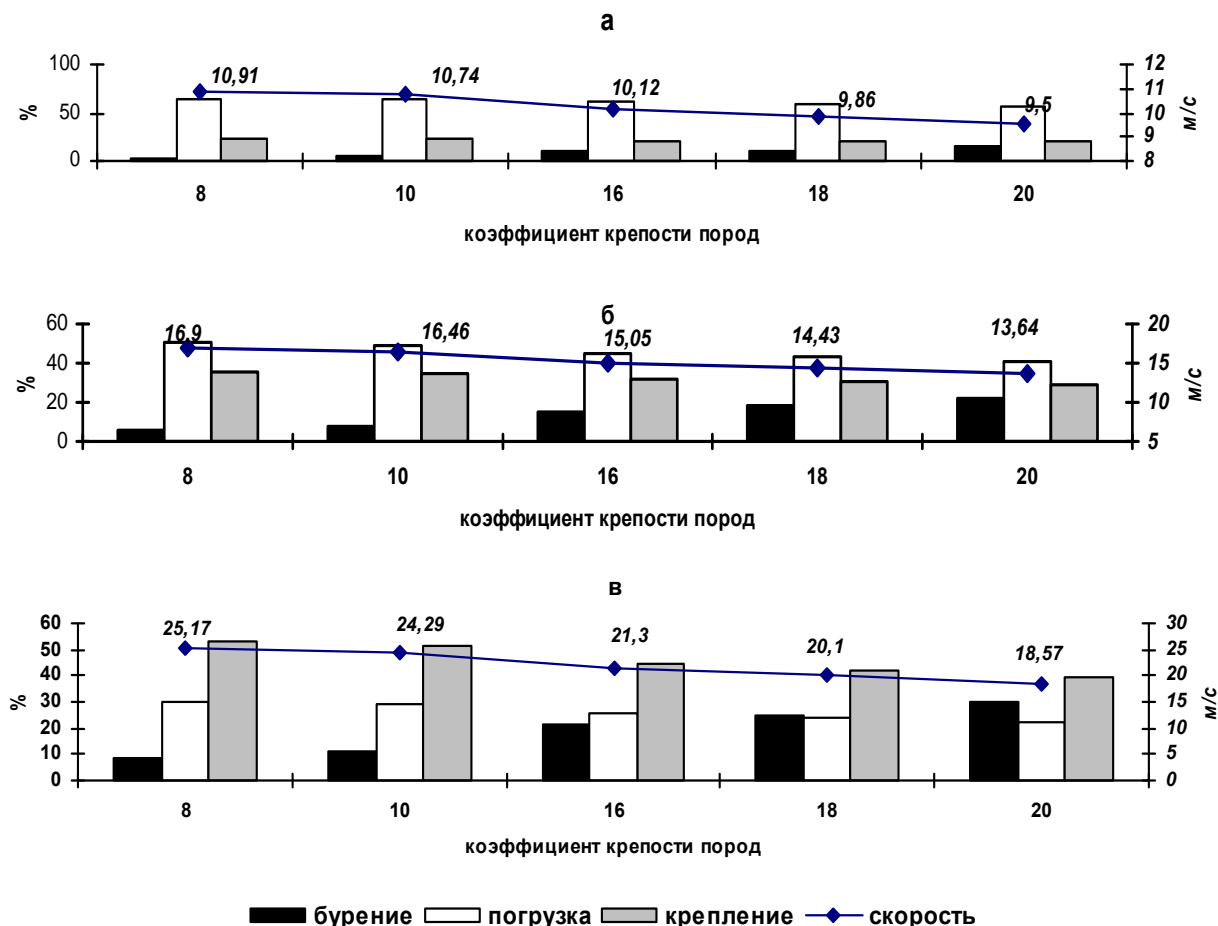


Рис. 3. Удельный вес времени операций и скорость проходки ствола диаметром 8 м при различной крепости пород: а – при  $P = 2$  м<sup>3</sup>/ч; б – при  $P = 4$  м<sup>3</sup>/ч; в – при  $P = 10$  м<sup>3</sup>/ч

Рассмотрим изменения структуры проходческого цикла в породах с очень высокой крепостью. При прочих равных условиях, но при коэффициенте крепости пород  $f = 20$  в стволе  $D = 6$  м структура времени цикла будет такова: бурение займет в нем 44%, погрузка породы 14,11%, крепление 33,17%. В стволе  $D = 8$  м структура времени примет вид: бурение уже 30,14% (в 1,46 раза меньше), погрузка породы 19% (в 1,36 больше), крепление 39,21% (в 1,3 раза больше). Таким образом, переход от ствола диаметром 6 м к стволу диаметром 8 м привел к следующим изменениям структуры времени проходки: при небольшой крепости пород – к сильному сокращению удельного веса операции бурения и некоторому увеличению погрузки. В породах высокой степени крепости можно отметить относительное возрастание в стволах большего сечения удельного веса времени крепления и снижение бурения.

**Выводы.** Таким образом, в результате исследований установлено, что при увеличении крепости пород с  $f = 8$

до  $f = 20$  скорость проходки стволов снижается в разных случаях в 1,148 ... 1,61 раза, причем относительная интенсивность падения темпов строительства тем выше, чем на более высоком уровне находится производительность средств погрузки породы и больше диаметр ствола. С ростом крепости пород в структуре времени проходческого цикла будет возрастать удельный вес бурения, в особенности это проявляется при диаметре ствола  $D = 6$  м и больших значениях  $P$ .

При стремлении обеспечить высокие скорости строительства ствола, особенно в весьма крепких породах, необходимо использовать сочетание производительного бурового и погрузочного оборудования, в меньшей степени это относится к средствам крепления.

Рекомендовано до публікації д.т.н. С.О. Жуковим 01.10.09