

С.А. Харин

УРОВНЕВЫЙ АНАЛИЗ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОГРУЗОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

LEVEL ANALYSIS OF RATE SHAFT DEEPENING ON PRODUCTIVITY OF LOADING EQUIPMENT

Выполнен анализ изменения эксплуатационной производительности средств погрузки породы, обеспечивающей поддержание определенных уровней скорости проходки стволов в рамках фиксированного времени. Исследования проведены для широкого диапазона условий. Представлены результаты исследований производительности погрузки породы при различных скоростях проходки. Рассмотрены факторы, влияющие на анализ изменения эксплуатационной производительности средств погрузки, обеспечивающей поддержание определенных уровней скорости проходки стволов.

Ключевые слова: *скорость проходки стволов, производительность средств погрузки.*

Ритмичное развитие горной промышленности вызывает необходимость последовательного проведения реконструкции действующих шахт, которая осложняется дефицитом финансовых средств у горных предприятий, изношенностью проходческого оборудования и другими факторами. Вместе с тем, такая реконструкция предполагает проходку значительных объемов выработок в определенные сроки, достичь которых возможно, соблюдая темпы ведения работ, которые являются функцией производительности различных проходческих операций.

В этой связи представляет интерес исследование эксплуатационной производительности средств погрузки породы (из расчета в массиве), обеспечивающей поддержание определенных уровней скорости проходки стволов в сочетании с применяемым оборудованием для бурения шпуров и крепления выработки в породах различной крепости.

При фиксированном времени цикла и проходке ствола диаметром $D = 6$ м вчерне, закрепленного бетоном, в породах с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодыконова $f = 12$ в случае соблюдения производительности средств бурения шпуров $B = 10$ м³/ч и крепления $K = 1,5$ м³/ч уложенного бетона (вариант условий а1, табл. 1) при скорости проходки ствола $v_0 = 10$ м/мес. будет достаточно производительности средств погрузки породы – $P_0 = 1,16$ м³/ч (здесь и далее базовый уровень производительности примем P_0 при $v_0 = 10$ м/мес., рис. 1).

Расчеты показывают, что для обеспечения скорости $v = 20$ м/мес. требуется уже $P = 5,6$ м³/ч, т.е. при росте скорости в 2 раза требуется увеличение производительности средств погрузки породы в 4,83 раза.

При $v = 26$ м/мес. требуется уже $P = 46,9$ м³/ч, что не представляется обеспечить с технической точки зрения. Очевидно, что пути увеличения скорости проходки ствола в данном случае следует искать в изменении параметров P и K .

При прочих равных условиях, но резком увеличении производительности средств бурения шпуров до $B = 20$ м³/ч ситуация претерпевает следующие изме-

нения (вар. а2, табл. 1): при $v = 10$ м/мес. необходимо $P = 1,02$ м³/ч, при $v = 20$ м/мес. будет достаточным $P = 3,32$ м³/ч (при этом имеет место $P_i/P_0 = 3,25$, рис. 1).

Использование в данном варианте условий более высокой производительности средств бурения, даже в сочетании с низкой производительностью крепления, позволяет обеспечивать поддержание скорости проходки ствола в несколько более широком диапазоне значений, по крайней мере, до $v = 30$ м/мес. В этом случае (рис. 1) будет иметь место $P = 13,51$ м³/ч и $P_i/P_0 = 13,25$ при $v_i/v_0 = 3$. При $v = 35$ м/мес. необходимо уже $P = 108,3$ м³/ч, что невозможно обеспечить на практике.

Как видно, увеличение в 2 раза производительности средств бурения в варианте а2 в сочетании с низкой производительностью средств крепления позволило обеспечить при высокой и технической возможной производительности средств погрузки увеличение темпов проходки ствола в 1,5 раза.

Рассмотрим далее (вар. а3) случаи, когда, при прочих равных условиях, производительность бурения возрастает до высокого значения (в 3 раза больше, чем в вар. а1 и в 1,5 раза, чем в вар. а2). В этом случае имеет место следующее: при $v = 10$ м/мес. достаточно очень низкое значение производительности средств погрузки $P = 0,98$ м³/ч, но уже при $v = 20$ м/мес. требуется $P = 2,93$ м³/ч. При скорости $v = 30$ м/мес. производительность средств погрузки увеличится до $P = 8,71$ м³/ч. В случае $v = 38$ м/мес. наблюдается стремительное возрастание необходимой производительности операции погрузки породы, которая составит $P = 51,6$ м³/ч.

С учетом вышеизложенного, отметим, что в варианте условий а3 соотношение P_i/P_0 изменится с 2,99 при скорости $v = 30$ м/мес. до 8,89 при $v = 30$ м/мес. Наконец, при $v = 38$ м/мес. это соотношение резко возрастет и составит 52,65 (рис. 1).

Таким образом, даже существенное возрастание производительности средств бурения при низкой производительности крепления не позволяет при

практически осуществимых значениях производительности погрузки достигнуты сколько-нибудь высоких темпов проходки ствола.

Исследуем далее, в какой мере на изменение требуемой производительности средств погрузки оказывает влияние уровень производительности средств крепления. При удвоении K (сравним варианты a2 и a5) имеет место следующее: при $v = 10$ м/мес. P уменьшается в 1,33 раза,

при $v = 30$ м/мес. P сокращается уже в 2,73 раза, т.е. с увеличением v этот процесс усиливается.

При более значительном возрастании производительности крепления (с 1,5 до 5 м³/ч, соответственно, варианты a1 и a7) и $v = 10$ м/мес. V уменьшается в 1,84 раза. Таким образом, при возрастании K и с увеличением v требуемая для обеспечения такого v производительность средств бурения сокращается более интенсивно.

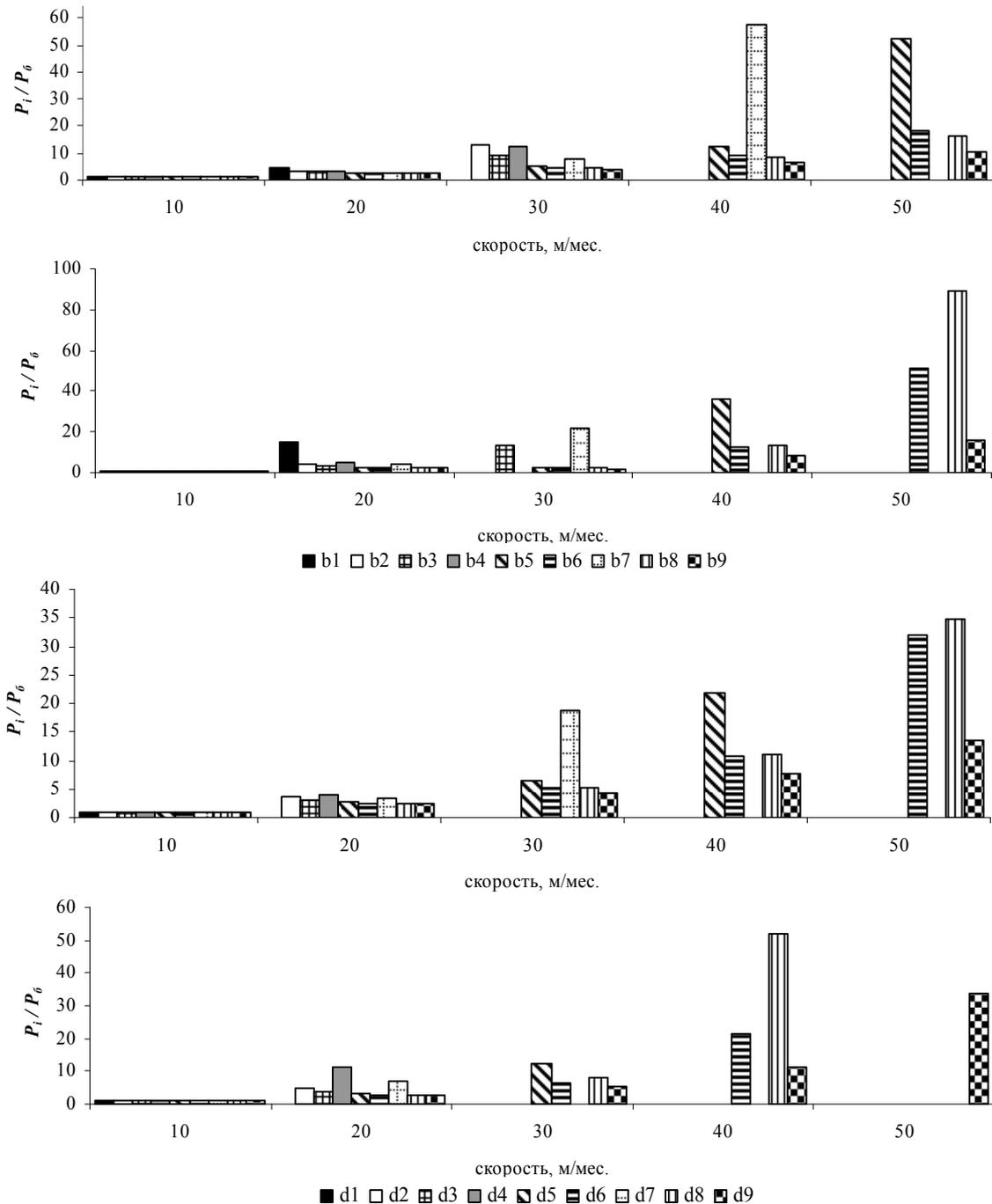


Рис. 1. Динамика P_i/P_0 по вариантам условий

Совместное действие V и K на изменение значений P при фиксированных уровнях v выражается в следующем: при возрастании V в 3 раза и K в 2 раза (сравниваются варианты a1 и a6) при $v = 10$ м/мес. P уменьшается в 1,33 раза.

В ряде случаев совместное воздействие факторов V и K может оказывать более сильное влияние на требуемую производительность погрузки. Так, например, при скорости проходки 20 м/мес. и увеличе-

нии B с 10 м/ч и K с 5 м³/ч (вар. а2) до $B = 30$ м/ч и $K = 5$ м³/ч (вар. а9) значение P сократится с 5,6 до 1,92 м³/ч, т.е. в 2,92 раза. Очевидно, что в этом случае появится возможность поддерживать необходимую скорость проходки ствола при наличии средств погрузки с низкой производительностью. При высокой же производительности средств погрузки будет возможно поддерживать значительно большие темпы проходки выработок.

Расчеты показывают, что определенные значения скорости проходки ствола могут быть обеспечены сочетанием разных (особенно при не слишком высоких значениях v) по величине B, P, K : так, например, скорость проходки 20 м/мес. может поддерживаться за счет 9 вариантов альтернативных сочетаний значений производительности средств бурения, погрузки и крепления, в то же время скорость 50 м/мес. – только 4, из которых практически целесообразными можно признать не более трех.

Таблица 1

Производительность погрузки породы, P , м³/ч, для ствола $D = 6$ м

Варианты условий	Производительн. бурения, B , м/ч	Производительн. крепления, K , м ³ /ч	Скорость проходки, v , м/мес.					Частные случаи	
			10	20	30	40	50	v , м/мес.	P , м ³ /ч
при $f = 12$									
a1	10	1,5	1,16	5,6	-	-	-	26	46,9
a2	20	1,5	1,02	3,32	13,51	-	-	35	108,3
a3	30	1,5	0,98	2,93	8,71	-	-	38	51,6
a4	10	3	1,01	3,26	12,49	-	-	35	65,5
a5	20	3	0,90	2,33	4,94	11,22	47,30	52	93,8
a6	30	3	0,87	2,13	4,11	7,69	16,14	62	107,7
a7	10	5	0,96	2,79	7,60	55,34	-	41	102,3
a8	20	5	0,86	2,08	3,94	7,11	13,79	65	102,8
a9	30	5	0,83	1,92	3,39	5,51	8,82	81	108,6
при $f = 18$									
b1	10	1,5	1,35	17,29	-	-	-	21	39,3
b2	20	1,5	1,09	4,16	-	-	-	29	33,9
b3	30	1,5	1,02	3,32	13,39	-	-	33	29,9
b4	10	3	1,15	5,36	-	-	-	25	19,89
b5	20	3	0,95	2,71	7,03	34,60	-	42	78,6
b6	30	3	0,90	2,33	4,92	11,13	45,90	52	88,3
b7	10	5	1,09	4,20	91,11	-	-	-	-
b8	20	5	0,91	2,38	5,16	12,45	81,39	-	-
b9	30	5	0,86	2,08	3,93	7,08	13,67	65	96,16

Таблица 2

Производительность погрузки породы, P , м³/ч, для ствола $D = 8$ м

Варианты условий	Производительн. бурения, B , м/ч	Производительн. крепления, K , м ³ /ч	Скорость проходки, v , м/мес.					Частные случаи	
			10	20	30	40	50	v , м/мес.	P , м ³ /ч
при $f = 12$									
c1	10	1,5	2,28	18,1	-	-	-	22	49,08
c2	20	1,5	1,89	6,81	52,38	-	-	31	92,22
c3	30	1,5	1,78	5,63	20,14	-	-	35	76,17
c4	10	3	1,96	7,83	-	-	-	28	55,22
c5	20	3	1,66	4,56	10,93	36,21	-	43	70,22
c6	30	3	1,58	4,00	8,19	17,19	50,43	53	89,70
c7	10	5	1,85	6,38	34,70	-	-	32	77,80
c8	20	5	1,58	4,03	8,30	17,67	54,81	54	145,30
c9	30	5	1,51	3,59	6,62	11,47	20,49	65	74,60
при $f = 18$									
d1	10	1,5	2,87	-	-	-	-	17	30,90
d2	20	1,5	2,06	9,84	-	-	-	25	40,09
d3	30	1,5	1,88	6,79	51,37	-	-	31	89,12
d4	10	3	2,38	26,94	-	-	-	21	53,01
d5	20	3	1,79	5,74	21,62	-	-	35	102,70
d6	30	3	1,66	4,55	10,88	35,72	-	45	149,47
d7	10	5	2,22	15,13	-	-	-	23	62,18
d8	20	5	1,70	4,92	13,29	88,35	-	41	150,60
d9	30	5	1,58	4,02	8,27	17,55	53,70	54	137,70

Результаты расчетов при $f = 18$ (табл. 1, вар. b1-b9) свидетельствуют о сходных тенденциях изменения производительности средств погрузки, но в данном случае для достижения аналогичных скоростей проходки ствола будут необходимы более высокие значения P .

В то же время сократится область возможных условий поддержания данных скоростей. В этом случае возрастает роль таких факторов, как производительность средств бурения и крепления, с помощью которых, до определенного предела, возможно обеспечивать необходимые темпы строительства. Зависимость P/P_0 от уровня скорости проходки ствола при $f = 18$ для различных условий представлена на рис. 1.

При переходе к строительству ствола диаметром $D = 8$ м в целом сохраняют действие тенденции, характерные для ствола $D = 6$ м, но, по сравнению с последним, имеют место следующие особенности: в соответствующих случаях для поддержания данных уровней скорости проходки выработки требуются более высокие эксплуатационные производительности средств погрузки. Так, например, в стволе с $D = 8$ м (табл. 2) при $f = 12$ и $v = 10$ м/мес. для $B = 30$ м/ч и $K = 5$ м³/ч необходимо уже значение P в 1,82 раза большее, чем в стволе с $D = 6$ м. В соответствующем случае, но при $v = 50$ м/мес., потребуется значение P в 2,32 раза большее, т.е. при росте скорости анализируемое соотношение увеличивается.

Таблица 3
Зависимости P проходки от v

Варианты условий	Зависимость
a5	$P = 0,4048e^{0,0884 v}$
a6	$P = 0,4643e^{0,0712 v}$
a8	$P = 0,4839e^{0,0678 v}$
b5	$P = 0,2659e^{0,1174 v}$
b6	$P = 0,3282e^{0,0943 v}$
b9	$P = 0,4855e^{0,0676 v}$
c5	$P = 0,5891e^{0,1012 v}$
c6	$P = 0,6887e^{0,0838 v}$
c8	$P = 0,6685e^{0,0857 v}$
c9	$P = 0,9002e^{0,0638 v}$
d8	$P = 0,4012e^{0,1285 v}$
d9	$P = 0,6732e^{0,0853 v}$

При переходе к строительству ствола диаметром $D = 8$ м также заметно сократится диапазон уровней скорости проходки, которые возможно обеспечить при практически целесообразной производительности оборудования. В этом случае уменьшится число вариантов обеспечения данных уровней темпов проходки с помощью сочетания различных значений P , B и K .

При строительстве ствола диаметром $D = 8$ м, но при $f = 18$, в соответствующих случаях данные уровни скорости проходки ствола будут иметь место при более высоких значениях P , возрастет также соотношение P/P_0 . Такие условия строительства ствола следует признать особенно сложными для поддержания высоких темпов проходки.

В общем виде зависимость требуемой эксплуатационной производительности средств погрузки породы от уровня скорости проходки выработки, которую необходимо обеспечить за счет такой производительности, может быть описана с достаточно высокой точностью с помощью экспоненциальных зависимостей (табл. 3).

Таким образом, анализ изменения эксплуатационной производительности средств погрузки, обеспечивающей поддержание определенных уровней скорости проходки стволов, выполненный для широкого диапазона условий, показал следующее:

- производительность средств погрузки возрастает с увеличением уровня скорости проходки выработки, причем интенсивность P/P_0 при более высоких значениях v будет нарастать;
- определенный уровень скорости проходки может быть достигнут различным сочетанием производительности средств бурения, погрузки и крепления, при этом, до определенного предела, существует множество вариантов обеспечения той или иной скорости;
- совместное влияние производительности средств бурения и крепления способно обеспечить поддержание данной скорости проведения выработки при более низких (в ряде случаев более, чем в 2 раза) значениях производительности погрузки;
- при возрастании коэффициента крепости пород для обеспечения данной скорости проходки необходимо увеличивать производительность средств погрузки;

Дальнейшее развитие исследований может быть распространено на рассмотрение воздействия на темпы проходки выработок других факторов.

Виконано аналіз зміни експлуатаційної продуктивності засобів вантаження породи, що забезпечує підтримку певних рівнів швидкості проходки стволів у рамках фіксованого часу. Дослідження проведені для широкого діапазону умов. Представлено результати досліджень продуктивності навантаження породи при різних швидкостях проходки. Розглянуто фактори, що впливають на аналіз зміни експлуатаційної продуктивності засобів навантаження, що забезпечує підтримку певних рівнів швидкості проходки стовбурів.

Ключові слова: швидкість проходки стволів, продуктивність засобів навантаження.

An analysis is executed of change to the operating productivity of facilities of loading of breed, providing maintenance of certain levels of speed of driving of barrels within the framework of the fixed time. Researches are conducted for the wide range of terms. The results of the research productivity of loading rocks at different speeds are presented. The factors affecting the analysis of changes in the operational performance of loading that ensure the maintenance of certain levels of shafts rate.

Key words: shaft deepening velocity, performance of loading vehicles.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.Й. Федоренком 24.12.09