© А.Ю. Прокопов, М.В. Прокопова, 2007

УДК 622.258

А.Ю. Прокопов, М.В. Прокопова

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КРЕПЛЕНИЯ И АРМИРОВАНИЯ ГЛУБОКИХ СТВОЛОВ С УЧЕТОМ ОЖИДАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОХОДКИ

Семинар № 8

Рекомендации по проектированию крепи и армировки, предлагаемые в работе [1], направлены на повышение устойчивости крепи ствола, на безремонтную эксплуатацию подъемного комплекса, что обеспечит бесперебойную работу всего горнодобывающего предприятия.

Коротко напомним результаты исследований [1] и суть предложений по совершенствованию методики расчета крепи глубоких вертикальных стволов и проектирования параметров их армировки.

Первое. Допускаемые при креплении технологические отклонения крепи от проекта, возникающие из-за изменения формы опалубки и отклонения центрального отвеса, негативно сказываются на ее напряженно-деформированном состоянии, и, как следствие, на несущей способности. Максимальные смещения контура крепи возникают в направлении короткой полуоси эллипса, т.е. образующаяся в результате технологических погрешностей эллиптичность кольца крепи усиливается под действием внешних нагрузок со стороны вмещающего породного массива.

Повышение концентрации напряжений связано, прежде всего, с увеличением эллиптичности опалубки и образованием кольца крепи переменной толщины. Во избежание этого явления и обеспечения нормальной работоспособности крепи, при проходке глубоких стволов в неустойчивых породах, рекомендуется 2 возможных варианта:

– замена опалубки на глубине 500-600 м с целью исключения погрешности формы поперечного сечения кольца крепи и уменьшения концентрации напряжений;

– постепенное (с глубиной свыше 600 м) увеличение диаметра ствола вчерне для обеспечения увеличения толщины крепи и снижения максимальных напряжений в местах утонения кольца.

Так как первый вариант связан с определенными технологическими сложностями (необходимость разделки, демонтажа и выдачи деформи-рованной и спуска новой опалубки), а также организационными недостатками (остановка проходки ствола на время замены опалубки), более предпочтительным является второй вариант.

Второе. Нормативные величины заделки расстрелов в лунках бетонированием в глубоких стволах не обеспечиваются вследствие увеличения радиальных отклонений крепи ствола и соответствующего снижении глубины заделки, что приводит к отказам армировки. По этой причине наблюдается более 67 % всех нарушений жесткой армировки.

Поэтому расчет глубины заделки расстрела (консоли) в крепь предлагается производиться с учетом возможного радиального отклонения крепи ствола от проектного положения, при этом необходимый запас глубины заделки может выражаться поправочным коэффициентом, находящимся в пределах 1,06-1,56 и зависящим от глубины, диаметра ствола и угла $\omega_р$ между продольной осью расстрельной балки и нормалью к поверхности крепи ствола в месте заделки.

Третье. Средняя величина зазора между бетонной крепью ствола и наиболее выступающей частью подъемного сосуда, вследствие нарушений проектного положения крепи, снижается с увеличением глубины и диаметра ствола от 174 до 106 мм и на глубинах 800 м и более не обеспечивает соблюдения регламентируемого ПБ зазора Δ_{min} = 150 мм.

Поэтому предлагается проектируемое расстояние между бетонной крепью ствола и наиболее выступающей частью подъемного сосуда увеличить относительно принятых в настоящее время норм до значений:

– при глубине ствола 600 – 800 м – не менее 200 мм;

– при глубине 800 м и более – не менее 250 мм.

Все три вышеупомянутых предложения направлены на повышение надежности и улучшение эксплуатационных характеристик крепи, армировки ствола и всего подъемного комплекса, однако все они требуют увеличения первоначальных затрат с целью дальнейшего снижения расходов на поддержание.

Произведем сопоставление затрат по базовому (проектирование по действующим нормативным документам) и альтернативному варианту (проектирование крепи и армировки с учетом ожидаемых отклонений от проекта), исходя из первоначальных капитальных затрат на крепление и армирование ствола, а также прогнозируемых затрат на поддержание ствола в рабочем состоянии в период эксплуатации (т.е. на переармирование, перекрепление и текущий ремонт). Для оценки затрат на поддержание примем данные ВНИИОМШСа, согласно которым, стоимость ремонта вертикальных стволов составляет от 20 до 37 % от стоимости их проходки, в том числе на глубинах более 500 м требует ремонта около 30 % крепи, что осложняет эксплуатацию и безопасность работы ствола. Кроме того, работы по ремонту крепи и армировки ствола, требуют значительного снижения производительности подъема или даже его полной остановки, что отрицательно сказывается на производственной мощности всего горного предприятия.

Повышение первоначальных затрат на проведение ствола связано с тем, что разработанные рекомендации предусматривают для глубоких стволов увеличение толщины крепи, и, как следствие диаметра ствола вчерне, что приводит к дополнительным затратам на проходку ствола и увеличению объема работ по креплению. Незначительное увеличение затрат на армирование связано с рекомендуемым удлинением расстрелов для обеспечения требуемой величины их заделки в крепь, а также несколько увеличенным объемом работ по разделке лунок.

Результаты расчета увеличения объемов работ, связанного с использованием разработанных рекомендаций по проектированию параметров крепи, приведены в таблице. Для расчета толщины крепи по новому варианту проектная толщина крепи

Объемы работ по сравниваемым вариантам

Глубина ствола, м	Базовые параметры крепи и объемы работ			Рекомендуемые параметры крепи и объемы работ			
	толщина крепи, мм	объем работ, м^3		коэфф. $k_т$	толщина крепи, мм	объем работ, м^3	
		по выемке породы	по креплению			по выемке породы	по креплению
1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр ствола 6 м							
200	250	33,2	4,91	1,09	275	33,7	5,42
600	250	33,2	4,91	1,15	290	34,0	5,77
800	250	33,2	4,91	1,17	300	34,1	5,89
1200	250	33,2	4,91	1,22	310	34,4	6,18
200	300	34,2	5,93	1,08	325	34,8	6,50
600	300	34,2	5,93	1,12	340	35,1	6,79
800	300	34,2	5,93	1,15	350	35,3	7,01
1200	300	34,2	5,93	1,20	370	35,6	7,38
200	350	35,2	6,98	1,07	380	35,8	7,58
600	350	35,2	6,98	1,11	395	36,2	7,93
800	350	35,2	6,98	1,14	410	36,5	8,19
1200	350	35,2	6,98	1,18	425	36,8	8,55
200	400	36,3	8,04	1,06	430	36,9	8,64
600	400	36,3	8,04	1,10	450	37,3	9,06
800	400	36,3	8,04	1,12	460	37,5	9,27
1200	400	36,3	8,04	1,15	470	37,9	9,59
Диаметр ствола 7 м							
200	250	44,2	5,69	1,09	275	44,7	6,27
600	250	44,2	5,69	1,14	290	45,1	6,60
800	250	44,2	5,69	1,17	300	45,3	6,80
1200	250	44,2	5,69	1,23	315	45,7	7,21
200	300	45,3	6,88	1,08	330	46,0	7,51
600	300	45,3	6,88	1,12	340	46,3	7,84
800	300	45,3	6,88	1,16	355	46,6	8,17
1200	300	45,3	6,88	1,20	370	47,0	8,51
200	350	46,5	8,08	1,07	380	47,2	8,75
600	350	46,5	8,08	1,11	395	47,6	9,14
800	350	46,5	8,08	1,14	405	47,9	9,44
1200	350	46,5	8,08	1,18	420	48,3	9,84
200	400	47,8	9,29	1,06	430	48,4	9,97
600	400	47,8	9,29	1,09	440	48,8	10,32
800	400	47,8	9,29	1,12	455	49,1	10,67
1200	400	47,8	9,29	1,15	470	49,5	11,02

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
Диаметр ствола 8 м							
200	250	56,7	6,47	1,08	270	57,3	7,06
600	250	56,7	6,47	1,13	285	57,7	7,42
800	250	56,7	6,47	1,18	300	58,0	7,79
1200	250	56,7	6,47	1,23	315	58,4	8,17
200	300	58,1	7,82	1,07	325	58,7	8,44
600	300	58,1	7,82	1,11	335	59,0	8,81
800	300	58,1	7,82	1,16	350	59,5	9,26
1200	300	58,1	7,82	1,20	365	59,9	9,64
200	350	59,4	9,18	1,06	375	60,1	9,82
600	350	59,4	9,18	1,10	390	60,5	10,25
800	350	59,4	9,18	1,14	405	60,9	10,69
1200	350	59,4	9,18	1,18	420	61,4	11,14
200	400	60,8	10,55	1,05	425	61,5	11,18
600	400	60,8	10,55	1,09	440	61,9	11,69
800	400	60,8	10,55	1,12	455	62,3	12,07
1200	400	60,8	10,55	1,15	470	62,7	12,46

умножалась на коэффициент $k_т$, зависящий от глубины и диаметра ствола [1].

Для оценки экономической эффективности предлагаемых технических решений и рекомендаций произведем расчет изменения затрат по новому варианту проходки и крепления ствола по отношению к затратам базового варианта. Относительное увеличение затрат на строительство ствола по новому варианту определится по формуле

$$k_{стр} = \frac{V_{пр.р}P_{пр} + V_{креп.р}P_{креп} + V_{арм.р}P_{арм}}{V_{пр.баз}P_{пр} + V_{креп.баз}P_{креп} + V_{арм.баз}P_{арм}};$$

где $V_{пр.р}$,$V_{креп.р}$, $V_{арм.р}$ – соответственно объемы работ по проходке, креплению и армированию ствола, рассчитанные с учетом разработанных рекомендаций; $V_{пр.баз}$,$V_{креп.баз}$, $V_{арм.баз}$ – соответственно объемы работ по проходке, креплению и армированию ствола для базового варианта; $P_{пр}$, $P_{креп}$, $P_{арм}$ – расценки на единицу объема работ соответственно по проходке, креплению и армированию стволов, принятые для заданной глубины стволов согласно нормам [2].

Относительное увеличение затрат на поддержание (ремонт, перекрепелние, переармирование) ствола определим, исходя из фактических данных по этим затратам, а также величине ожидаемых затрат, рассчитанных для соответствующих вариантов с учетом принятых рекомендаций по проектированию крепи и армировки:

$$k_{под} = \frac{C_{баз}k_{баз}}{C_р k_р},$$

где $C_{баз}$, $C_р$ – сметная стоимость строительства ствола соответственно по базовому и рекомендуемому вариантам; $k_{баз}$, $k_р$ – коэффициенты, учитывающие долю затрат на поддержание ствола от сметной стоимости его строительства, соответственно по базовому и рекомендуемому вариантам. Коэффициент $k_{баз}$ принят на основании данных ВНИИОМШСа о фактических относительных затратах на поддержание стволов, а коэф-

фициент $k_р$ рассчитан, исходя из $k_{баз}$ и доли

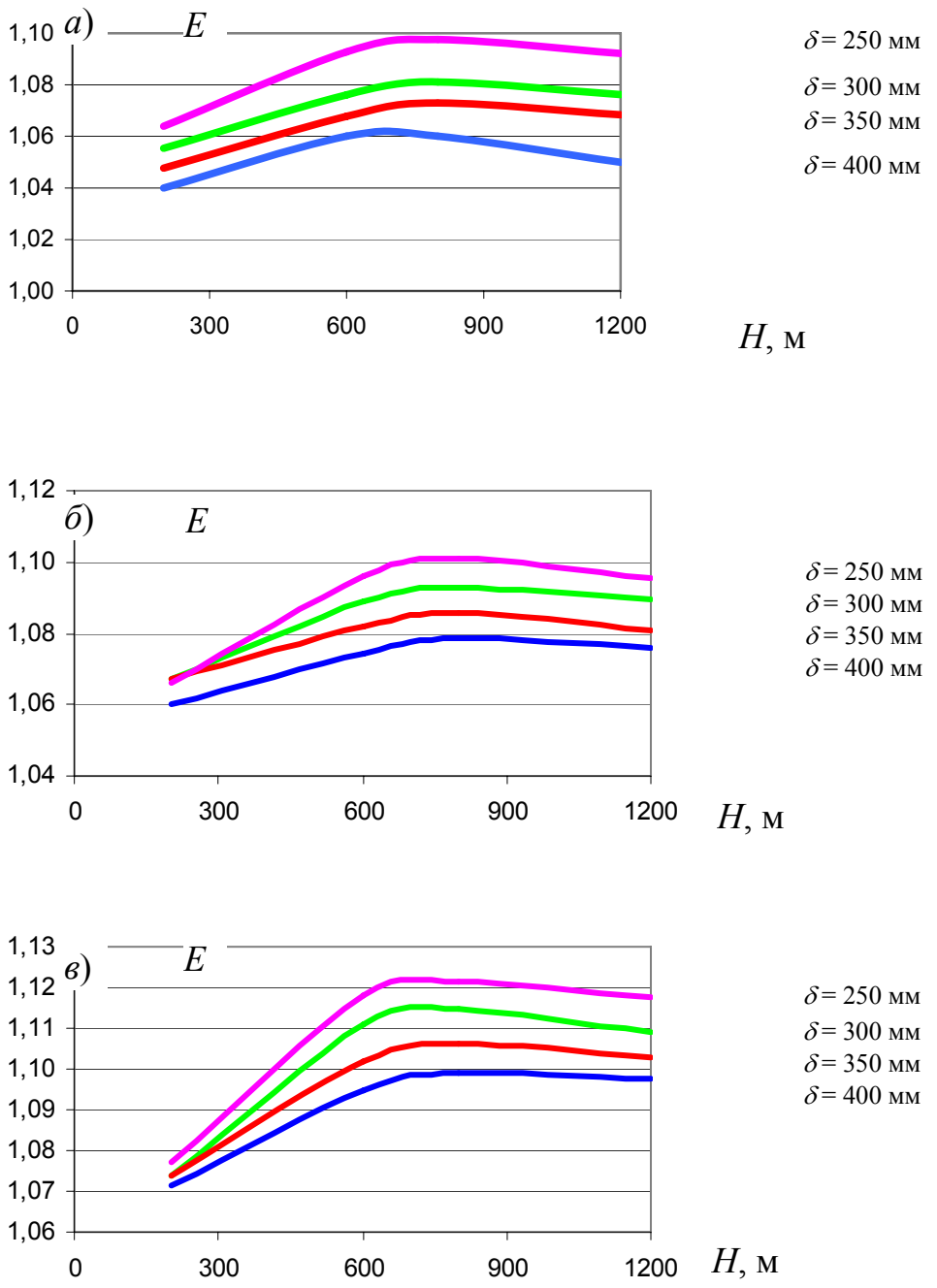

Рис. 1. Графики зависимости экономической эффективности предлагаемых решений от глубины ствола при диаметре в свету: *а* – 6 м; *б* – 7 м; *в* – 8 м

причин нарушений крепи и армировки в Донбассе, вызванных технологическими погрешностями при креплении стволов [1].

Экономическая эффективность предлагаемых технических решений и рекомендаций определится как относительное снижение суммарных затрат на строительство и поддержание ствола при использовании рекомендуемого варианта по отношению к базовому, т.е.

$$E = \frac{C_{баз}(1 + k_{баз})}{C_р(1 + k_р)} = \frac{C_{баз}(1 + k_{баз})}{C_{баз}k_{стр}(1 + k_р)} = \frac{1 + k_{баз}}{k_{стр}(1 + k_р)}.$$

Графики зависимости экономической эффективности предлагаемых решений от глубины ствола, построенные для разных диаметров стволов и проектных толщин крепи, приведены на рисунке. Как видно из приведенных рисунков, наибольшая эффективность ожидается в глубоких стволах большого диаметра, при этом снижение суммарных затрат на сооружение и поддержание ствола снижается на 12 %.

Для всех рассмотренных глубин, диаметров и проектных толщин крепи применение предлагаемых рекомендаций по проектированию крепи и армировки обеспечивает экономический эффект, который находится в пределах от 5 до 12 %.

Расчет затрат на армирование произведен для типовых схем армировки клетевых стволов [3], разработанных Южгипрошахтом:
К1 ($D_{св}$ = 6 м), К2 ($D_{св}$ = 7 м)
и К4 ($D_{св}$ = 8 м)

Таким образом, внедрение предложенных рекомендаций в проектирование позволит снизить суммарные затраты на проходку, крепление, армирование и поддержание ствола на 5-12 % от сметной стоимости строительства в зависимости от глубины, диаметра и толщины крепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Прокопова М.В.* Обоснование параметров крепи и жесткой армировки глубоких вертикальных стволов с учетом фактических отклонений от проекта в процессе проходки: Дисс… канд. техн. наук. – Новочеркасск, 2004. – 139 с.

2. СНиП IV-5-82. Приложение. Сборники единых экономических расценок на строительные конструкции и работы. Сб. 35. Горнопроходческие работы. Кн.1. – М.: Стройиздат, 1983.

3. *Типовые* материалы для проектирования 401–011–87–89. Сечения и армировка вертикальных стволов с жесткими проводниками /Харьков: Южгипрошахт, 1989. ГИАБ

Коротко об авторах

Прокопов Альберт Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Шахтинского института Южно-Российского государственного технического университета по образовательной и научной деятельности, доцент кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы», г. Шахты, Россия,

Прокопова Марина Валентиновна – кандидат технических наук, ст. преп. кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы», г. Шахты, Россия.