

УДК 622.28

С.А. Масленников**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО
МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА
В КОМБИНИРОВАННОЙ ЧУГУННО-
БЕТОННОЙ КРЕПИ**

Семинар № 18

Более широкое применение в последние годы комбинированной чугуно-бетонной крепи выдвигает на первый план вопросы обеспечения повышения её несущей способности, экономичности и надёжности. Аварийные ситуации в стволах на Текелейском руднике [1], горных предприятиях немецкой угольной и калийной промышленности (отмечено 19 подобных случаев, или 78% из описанных [2, 3]), многочисленные случаи потери герметичности и серьёзных нарушений в стволах, эксплуатируемых в калийной и горнорудной промышленности России (более 13 случаев [4, 5]) выявили характерную особенность разрушения такой крепи. После демонтажа нарушенных тубингов выяснялось, что слой бетона находится в удовлетворительном состоянии. Показателен в этом плане случай разрушения крепи вентиляционного ствола рудника «Гийло» [6]. После разборки деформированных колец выяснилось, что бетонная часть крепи не разрушилась, т. е. на момент достижения напряжениями в чугуне тубингов предельных значений, напряжения в бетоне были допустимыми, и разрушения не произошло, даже при выходе из состояния объёмного сжатия. Учитывая, что объёмная прочность для бетона в 3-4 раза выше прочности при одноосном сжатии

можно сделать вывод о недостаточном использовании несущей способности бетона в чугуно-бетонной крепи.

Исходя из указанного выше автором предложено (см. [7, 8]), для повышения несущей способности и снижения материалоемкости комбинированной чугуно-бетонной крепи, за счёт перераспределения напряжений между слоями равнопропорционально пределу прочности их материалов, применять бетоны с повышенным модулем деформации. При этом для каждого сочетания вида тубинга, деформационных характеристик чугуна, толщины слоя, прочности бетона и диаметра ствола существует одно значение модуля деформации (E_0^o) при котором достигается наиболее рациональное распределение напряжений между слоями крепи.

Для определения таких параметров бетона, при которых напряжения в материале крепи будут равнопропорциональны их прочности, автором разработана соответствующая методика расчёта.

Данные о напряжённо-деформируемом состоянии исследуемой крепи получаем путём проведения расчётов, которые установлены нормативными документами [9]. В первую очередь определим расчётную схему. В настоящее время имеют распространение

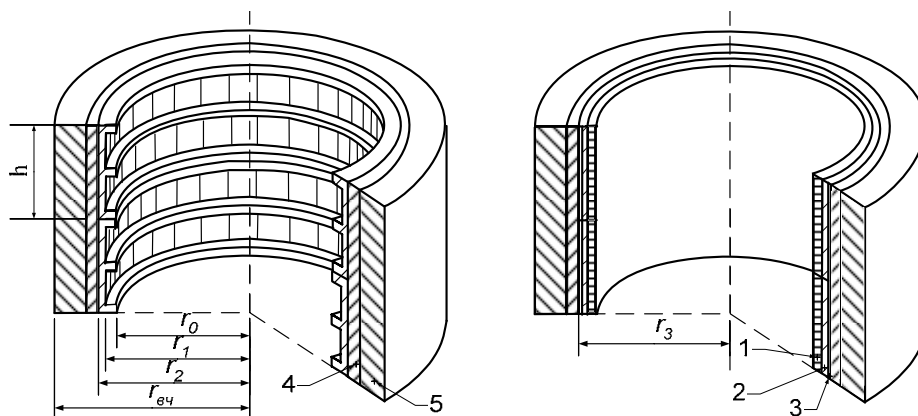


Рис. 1. Схема к расчёту чугуно-бетонной крепи с передовым бетоном: 1 – условно выделенный при расчёте слой, моделирующий внутренние рёбра тубингов; 2 – спинки тубингов; 3 – условно выделенный при расчёте слой, моделирующий внешние рёбра – бетон; 4 – затубинговый слой бетона; 5 – передовой бетон

ние две основные технологические схемы возведения, и соответственно этому, конструкции чугуно-бетонной крепи. В первом случае, при проходке по замороженным, слабым, неустойчивым породам, в забое возводят, с помощью передвижной опалубки, монолитную бетонную крепь. Чугунные тубинги устанавливают заходками снизу вверх, оставшееся пространство шириной 100-200 мм, иногда более, заполняют цементно-песчаным раствором. При такой схеме возведения передовая крепь длительное время работает самостоятельно, что приводит к необходимости возводить её значительной мощности. В общем, получаемая конструкция крепи, в этом случае, состоит из трёх слоёв: бетон – цементный раствор/бетон – чугунные тубинги. Во втором случае, в достаточно устойчивых породах, чугунные тубинги навешивают из забоя, бетон в затубинговое пространство укладывают заходками длиной до 15 м. через соответствующие отверстия. В этом случае крепь состоит из двух слоёв: бетон – чугунные тубинги. Предложенный автором способ воз-

ведения комбинированной крепи по параллельной схеме [7] позволяет возводить трёхслойную конструкцию с небольшим отставанием навески тубингов, что существенно снижает необходимую мощность передового бетона, расширяет область её применения, и, главное, даёт возможность использовать при креплении бетона с повышенным модулем деформации. Таким образом, в дальнейшем, речь будет вестись только о трёхслойной конструкции крепи, на рис. 1 приведена соответствующая расчётная схема.

В соответствии с принятой расчётной схемой чугуно-бетонной крепи деформационные характеристики первого слоя можно представить как функцию второго, а третьего – второго и четвертого (см. рис. 1). Таким образом, условие подбора таких характеристик, когда напряжения в слоях будут пропорциональны их несущей способности, сводится к условию достижения пропорциональности напряжений в 1-м (в существующей конструкции крепи внутренние рёбра являются наиболее загруженным слоем и определяют несущую способ-

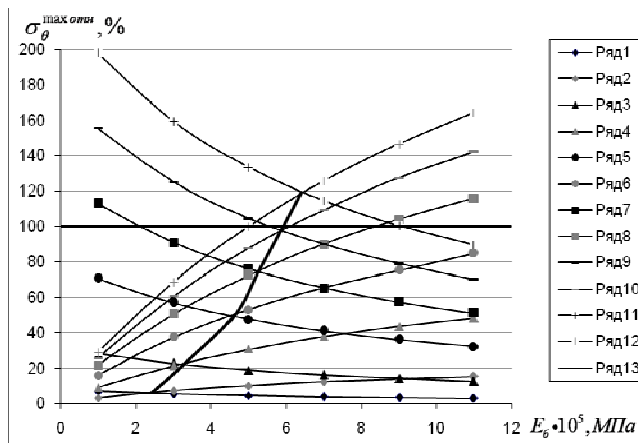


Рис. 2. Зависимость относительных напряжений ($\sigma_{\theta}^{\max \text{отн}}$) от модуля деформации бетона (E_b): 1-12 – графики зависимости $\sigma_{\theta}^{\max \text{отн}}$ от E_b , при различных значениях p_{04} .

вёртого (бетон) слоёв от E_b при варьировании нагрузки на крепь (p_{04}). В качестве примера приведён график, который был получен при расчёте крепи

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

$$\sigma_{\theta(1)}^{\max \text{отн}} = \sigma_{\theta(4)}^{\max \text{отн}}$$

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

$$y = ax^2 + bx + c,$$

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

$$\sigma_{\theta(1)}^{\max \text{отн}} = \frac{\sigma_{\theta(1)}^{\max}}{R_{\text{ч}}} \cdot 100, \%$$

$$\sigma_{\theta(4)}^{\max \text{отн}} = \frac{\sigma_{\theta(4)}^{\max}}{R_b^{\text{об}}} \cdot 100, \%$$

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

скапированного ствола рудника «Мир» (см. рис. 2).

Таблица 1

План и результаты эксперимента

	Фактор	Уровни фактора				Полученное значение F-распределения	Значение F-распределения при 95%.	Влияние фактора
		1	2	3	4			
A	Диаметр ствола, D, м	6	7	8	9	59,5	4,76	Влияет
B	Толщина стенки тюбинга, $\delta_{\text{тюб}}$, мм	40	60	80	100	524,7	4,76	Влияет
C	Класс бетона по прочности B	20	30	40	50	256,9	4,76	Влияет
D	Толщина слоя бетона, δ_{σ} , м	0,2	0,3	0,4	0,5	2,9	4,76	Не влияет

Поставим условие $\sigma_{\theta(4)}^{\max} = R_{\sigma}^{\text{об}}$ и $\sigma_{\theta(1)}^{\max} = R_{\sigma}$, т. е. в этом случае

$$\sigma_{\theta(1)}^{\max \text{ опт}} = \frac{\sigma_{\theta(1)}^{\max}}{R_{\sigma}} = 100\% \quad \text{и}$$

$$\sigma_{\theta(4)}^{\max \text{ опт}} = \frac{\sigma_{\theta(4)}^{\max}}{R_{\sigma}^{\text{об}}} = 100\%, \quad \text{таким образом}$$

находим наиболее рациональное значение E_{σ}° при заданных условиях (графическое выражение см. рис. 2 точка пересечения графиком 13 уровня $\sigma_{\theta}^{\max \text{ опт}} = 100\%$).

Для нахождения зависимости величины E_{σ}° от конструктивных параметров крепи и характеристик ствола с помощью метода четырёхфакторной классификации в Греко-латинском квадрате (10) были определены основные влияющие факторы, см. табл. 1. Полученные в результате расчёта значения, уточнялись методом последовательных приближений.

Из данных приводимых в табл. 1 видим, что на величину E_{σ}° существенно влияют три фактора: диаметр ствола, толщина стенки тюбинга, прочность бетона. Влияние толщины слоя бетона по сравнению с остальными факторами оказалось незначительным.

Далее для нахождения искомых зависимостей выполнялся расчёт значе-

ний E_{σ}° для всех сочетаний трёх определённых выше влияющих факторов, в процессе расчёта они уточнялись методом последовательных приближений. Итоговые уравнения были найдены аппроксимацией в виде $E_{\sigma}^{\circ} = f(D, \delta_{\text{тюб}})$ (см. табл. 2).

Как видно из табл. 2, значение коэффициента корреляции R характеризующего форму и тесноту связи между исходными данными и выведенными уравнениями приближённо равно единице, т.е. полученные уравнения, близки к функциональной зависимости.

Результат проведённого исследования заключается в следующем.

1. Для наиболее распространённой конструкции комбинированной крепи были выделены факторы, существенно влияющие на величину E_{σ}° , таковыми оказались: диаметр ствола, толщина стенки тюбинга, прочность бетона. Влияние толщины слоя бетона по сравнению с остальными факторами оказалось несущественным.

2. Установлен характер зависимости рационального модуля деформации бетона E_{σ}° в многослойной крепи от толщины спинки тюбинга и класса прочности бетона, которая описывается полиномом второй степени.

Таблица 2

Полученные зависимости

Диаметр ствола в свету D , м	Выявленная зависимость	Коэффициент корреляции R
6	$E_6^0 = (0,0004\delta^2 - 0,0866\delta + 1,4812)B^2 + (-0,0458\delta^2 + 15,518\delta + 1110)B + (0,2706\delta^2 + 318,57\delta + 11625)$	$0,999787 \approx 1$
6,5	$E_6^0 = (-0,0028\delta^2 + 0,4262\delta - 18,4)B^2 + (0,1591\delta^2 - 16,991\delta + 2327,3)B + (-2,75\delta^2 + 761,9\delta - 6415,5)$	$0,999835245 \approx 1$
7	$E_6^0 = (-0,0058\delta^2 + 0,8956\delta - 36,163)B^2 + (0,3278\delta^2 - 43,956\delta + 3334,6)B + (-4,9031\delta^2 + 1089,6\delta - 20421)$	$0,999865 \approx 1$
7,5	$E_6^0 = (-0,0073\delta^2 + 1,1594\delta - 46,313)B^2 + (0,4122\delta^2 - 58,629\delta + 3887,8)B + (-5,9344\delta^2 + 1254\delta - 27808)$	$0,999923843 \approx 1$
8	$E_6^0 = (-0,0085\delta^2 + 1,3403\delta - 53,306)B^2 + (0,4846\delta^2 - 69,355\delta + 4276,2)B + (-7,0019\delta^2 + 1393,2\delta - 33554)$	$0,999893 \approx 1$
8,5	$E_6^0 = (-0,0072\delta^2 + 1,1638\delta - 48,15)B^2 + (0,374\delta^2 - 54,288\delta + 3794,5)B + (-5,275\delta^2 + 1142,5\delta - 26062)$	$0,999970074 \approx 1$
9	$E_6^0 = (-0,0061\delta^2 + 1,0294\delta - 44,963)B^2 + (0,2984\delta^2 - 44,364\delta + 3512)B + (-4,1406\delta^2 + 978,26\delta - 21713)$	$0,999981 \approx 1$

3. Полученные зависимости имеют высокую степень корреляции, приближающуюся к 1 и по достоверности близки к исходной расчётной схеме.

4. Установленные зависимости позволяют определять наиболее рациональное значение E_6^0 для каждого

из типовых диаметров стволов в зависимости от вида применяемых тубингов и класса бетона.

5. Полученные результаты являются основой для проектирования рациональных конструктивных параметров чугунно-бетонной крепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирзаев Г.Г. Проходка стволов в сложных горно-геологических условиях Текелийского рудника / Г.Г. Мирзаев, Ю.С. Обручев. М.: Цветметинформация, 1969. – 49 с.

2. Мирзаев Г.Г. Крепь горных выработок глубоких рудников / Г.Г. Мирзаев, А.Г. Протосеня, Ю.Н. Огородников, В.И. Вхарев. М.: Недра, 1984. – 252 с.

3. Ольховиков Ю.П. Крепь капитальных выработок калийных и соляных рудников. М.: Недра, 1984. – 238 с.

4. Fischer P. Untersuchung über das Verhalten von Schächten im nicht standfesten Deckgebirge unter bergbaulicher Zwangung am Beispiel des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlengebirges; Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-

Ingenieur / Peter Fischer; Technische Universität Bergakademie Freiberg. – Freiberg, 2006 - 140 S.

5. Reuther E.-U. Lehrbuch der Bergbaukunde. Essen: Verlag «Glycksauf» GmbH, 1989. – 812 с.

6. Сергеев С.В. Разработка методов диагностики и прогноза напряжённого состояния крепи вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях: дис. на соискание учёной степени доктора технических наук 05.15.04 / Сергей Валентинович Сергеев; Тульский гос. ун-т. – Тула, 1997. – 211 с.

7. Масленников С.А. Обоснование выбора технологической схемы возведения чугунно-бетонной крепи на примере ски-

пового ствола рудника «Мир». Перспективы развития Восточного Донбасса. Часть 1: сб. науч. тр./Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – С. 199 - 206.

8. *Масленников С.А.* Перспективы совершенствования двухслойной чугуно-бетонной крепи вертикальных стволов. Тезисы докладов 2-й междунар. научн.-пр. конф. "Перспективы освоения подземного пространства". - Д.: Национальный горный университет, 2008. - С. 37-40.

9. *Руководство* по проектированию подземных горных выработок и расчёту крепи/ВНИМИ, ВНИИОМШС Минуглепро-ма СССР. - М.: Стройиздат, 1983. – 272 с.

10. *Хартман К.* Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лешкий, В. Шеффер – М.: Мир, 1977. – 552 с.

11. *Булычёв Н.С.* Механика подземных сооружений. – М.: Недра, 1994. – 382 с.

ГИАБ

Коротко об авторе

Масленников С.А. – ассистент каф. ППГС и СМ, Шахтинский институт (филиал) Южно – Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт), каф. «Подземного, промышленного, гражданского строительства и строительных материалов».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 18 симпозиума «Неделя горняка-2009». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин*.



© С.А. Масленников, 2009

УДК 622.28

С.А. Масленников

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ ЧУГУННО-БЕТОННОЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Семинар № 18

В связи с усложнением условий проходки вертикальных стволов в последние десятилетия всё более широкое применение находят многослойные крепи. В частности в сложных горно-геологических условиях

при проходке по слабым, несвязным породам, при наличии высоконапорных подземных вод широко применяют один из видов комбинированных крепей - чугуно-бетонную. Из последних, наиболее крупных проектов, в которых

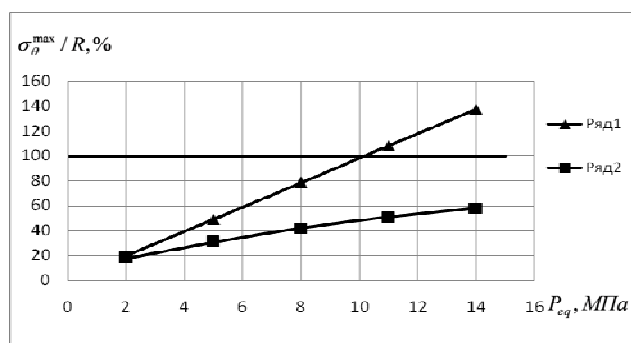
использовали данный тип крепи, нужно упомянуть строительство 5 стволов по заказу компании «Алроса» на двух рудниках «Мир» и «Удачный», самого глубокого в Евразии (1865 м.) ствола ВС-7 рудника «Таймырский», вертикального ствола ш. «Северная вентиляционная №2». (1) В таблице приведены характеристики нескольких из упомянутых стволов.

Анализ современного опыта строительства стволов закрепляемых комбинацией чугунных тюбингов и бетона позволил выделить ряд специфических особенностей существенно влияющих на характер работы такой крепи. Важнейшие из них приведены ниже.

1. Применяемая технология, в рамках которой спуск бетонной смеси выполняют по трубопроводам, а укладку производят через отверстия в тюбингах, накладывает ограничения на её состав, которые отрицательно влияют на деформационные характеристики бетона.

2. Бетон, находящийся между породой и чугуном, работает в условиях объёмного напряжённого состояния, при этом предел допустимых напряжений повышается в несколько раз.

3. Под воздействием длительно действующей нагрузки в условиях объёмного напряжённого состояния бетон проявляет реологические свойства, значительно изменяя показатели, замеренные при мгновенном нагружении.



Рассмотрим подробнее первый пункт. Для предотвращения возникновения заторов в трубопроводе и отверстия для укладки, а также лучшего растекания, бетон, укладываемый в затюбинговое пространство, должен иметь подвижность смеси не менее 11 см, с увеличением по мере роста глубины. Кроме этого по тем же причинам крупный наполнитель вводят с максимальными размерами фракций не более 20 мм. Проведившиеся исследования показали, что такой бетон обладает пониженным модулем упругости, а это приводит к нерациональному распределению нагрузок между слоями и, в общем, неэффективной работе многослойной крепи.

Рассмотрим данное положение более подробно. Как известно модуль упругости характеризует соотношение приложенной нагрузки к величине вызванной деформации. Т. е. чем большую нагрузку необходимо приложить для деформации материала, тем большим модулем упругости он обладает. Как следствие этого при равной величине деформации наибольший отпор даёт высокомодульный материал, т. е. при условии равенства деформаций в многослойной крепи он будет воспринимать большую долю нагрузки. В двухслойной чугунно-бетонной крепи таким материалом является чугун, имеющий модуль упругости до 10 раз больше чем бетон.

Проиллюстрируем данное утверждение на примере. Расчёт будем производить по ме-

Рис. 1. Зависимость изменения относительных напряжений в двухслойной чугунно-бетонной крепи $(\frac{\sigma_{\theta(i)}^{in}}{R})$ при росте эквивалентных напряжений (P_{eq})

Характеристики стволов

Рудник, шахта	«Удачный»	«Мир»	«Северная вентиляционная №2»
Назначение ствола	вентиляционно-вспомогательный	скиповой	вентиляционный
Проектная глубина, м	1090,5	1037,0	1285,5
Диаметр ствола в свету, м	8,0	8,0	7,5
Сечение ствола: в свету, м ²	50,24	50,24	44,1
в проходке, м ²	63,6	от 63,6 - до 78,5	51,5
Крепь ствола	Чугунные тубинги, бетон	чугунные тубинги, бетон	чугунные тубинги, бетон
Схема проходки	совмещённая	совмещённая	совмещённая

тодике рекомендуемой приложением к СНиП 2-94-80 (4), перечисленные выше особенности работы чугунно-бетонной крепи удалось количественно охарактеризовать, опираясь на исследования, посвящённые механическим свойствам бетона (в частности 2,3), за исходные взяты условия проходки скипового ствола рудника «Мир». Результаты представлены на рис 1.

Ряд 1 – рост относительных напряжений (%) на внутренней стороне внутренних рёбер чугунных тубингов.

Ряд 2 – рост относительных напряжений (%) на внутренней поверхности слоя бетона.

Как видим с ростом нагрузки на крепь напряжения в бетоне и чугуне линейно нарастают, при этом наиболее благоприятное распределение напряжений достигается при величине эквивалентных напряжений менее 1,5 МПа и величине относительных менее 15% от предельных. При достижении напряжениями, в рёбрах тубингов, предельных значений (при

$P_{eq} \approx 10,2$, $\frac{\sigma_{(1)}^{in}}{R_{c(1)}} \approx 100\%$) использование

несущей способности бетона составляет менее 50% (при $P_{eq} \approx 10,2$,

$\frac{\sigma_{(4)}^{in}}{R_{ba(4)}} \approx 48,4\%$). Таким образом можно

сделать вывод о неэффективности работы бетона, несущая способность которого используется не в полной мере, а рациональный режим работы крепи достигается при низких напряжениях (менее 15% от предельных).

Данный вывод подтверждается и фактическими данными. При разрушении чугунно-бетонной крепи вентиляционного стола рудника «Пийло», после разборки деформированных колец, было выявлено, что бетонная часть крепи не разрушилась, т. е. на момент достижения напряжениями в чугуне тубингов предельных значений, напряжения в бетоне были допустимыми, причём разрушения не произошло даже при выходе из состояния объёмного сжатия. А учитывая, что объёмная прочность для бетона в 3-4 раза выше прочности при одноосном сжатии, становится ясно, вывод, к которому пришли расчётным путём, о недостаточном использовании несущей способности бетона в чугунно-бетонной крепи, подтверждается. Из сказанного выше следует, что для устранения указанного недостатка необходимо изменить существующую практику и использовать в чугунно-бетонной крепи бетоны не с пониженным, в силу технологических особенностей возведения, а с повышенным модулем деформации.

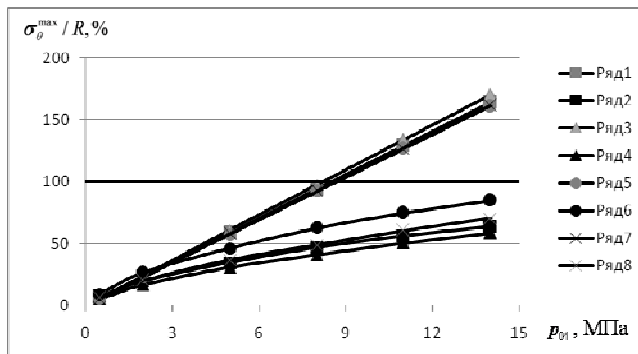


Рис. 2. Распределение напряжений в чугунно-бетонной крепи в зависимости от класса бетона и толщины слоя

тона толщиной 0,5 м, В20, толщиной 0,3 м, В40, толщиной 0,3 м, В20, $E_0 = 37500$ МПа, толщиной 0,2 м, В40, $E_0 = 45500$ МПа.

Ряд 2, 4, 6, 8 – изменение напряжений на внутренней стороне слоя бетона, соответственно при слое толщиной 0,5 м, В20, толщиной 0,3 м, В40, толщиной 0,3 м, В20, $E_0 = 37500$ МПа, толщиной 0,2 м, В40, $E_0 = 45500$ МПа.

Для этого существует две возможности: использование бетонов с более высоким классом по прочности или тех же по прочности, но с повышенным модулем деформации. В последнем случае указанное свойство проще всего варьировать за счёт изменения жёсткости/подвижности бетонной смеси и содержания/размера фракций крупного заполнителя. Сразу отметим, что, предлагаемый в последнем случае состав бетона оказывается дешевле используемого в настоящее время.

С учётом выделенных возможных вариантов решения существующей проблемы для тех же условий, что и в примере выше, был рассмотрен характер нагружения слоёв чугунно-бетонной крепи при применении различных бетонов. Для изучения были выбраны 4 вида: обычный, чаще всего применяемый, бетон класса В20 по прочности; с повышенным модулем упругости В20; используемый при креплении стволов за рубежом бетон класса В40; В40 с повышенным модулем упругости. Для наглядности толщина слоя бетона подобрана таким образом, чтобы несущая способность крепи оставалась примерно одинаковой (разница не более 2,5%). Результаты см. рис. 2. $\sigma_\theta^{\max} / R, \%$.

Ряд 1, 3, 5, 7 – изменение напряжений на внутренней поверхности рёбер тубингов, соответственно при слое бе-

Как видим из графиков применение высокопрочных бетонов (ряд 3-4) либо того же класса по прочности, но с повышенным модулем деформации (ряд 5-6) позволяет снизить толщину крепи при сохранении несущей способности. При этом в последнем случае достигается более рациональное распределение напряжений между слоями, для бетона это $\frac{\sigma_{(4)}^{\text{in}}}{R_{ba(4)}} \approx 65,5\%$

при достижении предельного состояния чугуном, в рёбрах тубингов. Сравнивая по аналогии, видим, что использование высокопрочного бетона приводит к снижению относительного нагружения до $\frac{\sigma_{(4)}^{\text{in}}}{R_{ba(4)}} = 41,4\%$, т.е. материал используется менее эффективно.

В общем, по результатам проведённых исследований можно заключить:

1. При существующих параметрах чугунно-бетонных крепей бетон используется неэффективно.

2. Применение более прочных или с повышенным модулем деформации бе-

тонов обеспечивает повышение несущей способности крепи в целом.

3. Повышение модуля деформации бетонов, с точки зрения эффективности использования материалов, Рациональнее добиваться использованием более жёстких смесей и повышением размеров крупного заполнителя, а не более прочных бетонов.

4. Толщину затюбингового слоя при использовании высокомодульных бетонов можно сокращать, по сравнению с обычным бетоном того же класса по прочности, без снижения несущей способности крепи.

5. Применение высокомодульных бетонов в чугуно-бетонной крепи приводит к более благоприятному распределению напряжений между слоями и, как следствие, к повышению несущей способности крепи.

6. Использование в комбинированной крепи бетонов класса выше В20 по прочности может быть признано рациональным только в стволах проходимых способом замораживания, где решающее значение, при снижении толщины слоя, приобретает скорость твердения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Масленников С.А.* Состояние и перспективы строительства вертикальных стволов в Российской Федерации. // Перспективы развития Восточного Дон-басса. Часть 1: сб. науч. тр. / Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – с. 174 - 191.

2. *Gröbl P.; Weigler H., Sieghart K.* Beton. Arten, Herstellung und Eigenschaften. Berlin: Ernst&Sohn Verlag für Architektur und

technische Wissenschaften GmbH, 2001. – 789 S.

3. *Weber R.* Guter Beton: Ratschläge für die richtige Betonherstellung. Düsseldorf: Verlag Bau+Technik GmbH, 2006. – 150 S.

4. *Руководство* по проектированию подземных горных выработок и расчёту крепи / ВНИМИ, ВНИИОМШС Минугле-прома СССР.-М.: Стройиздат. – 1983. – 272 с.

Коротко об авторе

Масленников С.А. – ассистент каф. ППГС и СМ, Шахтинский институт (филиал) Южно – Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт), каф. «Подземного, промышленного, гражданского строительства и строительных материалов».

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 18 симпозиума «Неделя горняка-2009». Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.В. Кузьмин*.

