

УДК 622.258

*Борщевский С.В., д.т.н., проф., Гончаренко В.В., студ., ДонНТУ, Торубалко Д.Т., маг., ШСК «Донецкшахтопроходка», г. Донецк, Украина*

## **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОНОЛИТНОЙ БЕТОННОЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ ШАХТ**

Вертикальные шахтные стволы, отличаясь своей уникальностью и важностью, требуют постоянного поиска и разработки эффективных решений по интенсификации их строительства и безремонтной эксплуатации, что в свою очередь является актуальной научно-технической проблемой. Для совершенствования технологии возведения монолитной бетонной крепи вертикальных стволов в районе стыков смежных заходок, применения новых расширяющихся материалов на кафедре СШиПС ДонНТУ проведены лабораторные исследования бетонов на основе расширяющегося шлакопортландцемента М 400 (РШПЦ ТУ У В.2.7-26.5-24478901-002:2007). Для определения сцепления РШПЦ с растворами на портландцементе из раствора расширяющегося шлакопортландцемента с песком состава 1:3 были изготовлены половинки образцов - балочек пластичной консистенции размером 4x4x16 см. Образцы 3 суток твердели в воде или на воздухе. Вторую свободную половинку формы заполняли пластичным раствором состава 1:3 из портландцемента или РШПЦ (рис. 1). Формы погружались в воду и выдерживались 7 и 28 суток.



*Рис.1. Образцы-балочки*

Испытания омоноличенных образцов проводились по ГОСТ 10180-90 (рис. 2). Результаты приведены в таблице 1.



Рис.2. Испытание образцов-балочек на растяжение при изгибе.

Таким образом, сцепление РШПЦ со старым раствором в 2-3 раза больше, чем у обычного портландцемента, что свидетельствует о увеличении адгезии «старого» бетона на основе ПЦ к «новому» на расширяющемся шлакопортландцементе.

Определение оптимального состава бетонной смеси на основе РШПЦ и предела прочности бетонных образцов на сжатие проводилось с целью получения расширяющегося бетона, пригодного для использования в качестве крепи шахтных стволов.

Таблица 1

Изменение прочности сцепления растворов в зависимости от времени и условий твердения

Характеристика раствора		Режим твердения образца до омоноличивания	Предел прочности на растяжение при изгибе омоноличенного образца в кгс/см <sup>2</sup>	
Вид цемента	В/Ц		7 сут.	28 сут.
Портландцемент	0,42	Водный	5	7
РШПЦ	0,55	Водный	14	18
РШПЦ	0,55	Воздушный	9	7

После подбора состава, пробных замесов и определения подвижности, откорректированный состав бетонной смеси составил: Ц:П:Щ - 1:1,43:4,0, водоцементное отношение – 0,65, а средняя плотность  $\rho_{б.см} = 2494 \text{ кг/м}^3$ .

Следующим этапом исследований было определение предела прочности на одноосное сжатие через 1, 3, 7, 14, 28 суток твердения в 3 месячном возрасте бетонных образцов-кубиков размером 100x100x100 мм для установления марки и класса бетона, а также динамики набора прочности бетона на РШПЦ в водном, воздушном и комбинированном режимах твердения, в сравнении с контрольной серией образцов бетона на обычном портландцементе в различных режимах твердения.

Испытание серии производилось на стандартном испытательном прессе П125 с точностью до 1250 Н (рис.3,4).

Прочность бетона в образце определялась по формуле:

$$R_i^k = \alpha \frac{F}{A}$$

где  $F$  – разрушающая нагрузка, Н;

$A$  – площадь рабочего сечения образца, мм<sup>2</sup>;

$\alpha$  – масштабный коэффициент, равный 0,88 для куба с ребром 100 мм для тяжёлого бетона.



Рис.3. Лабораторный пресс П 125



Рис.4. Испытание образцов на прессе

Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Изменение прочности бетонов в зависимости от условий твердения

Цемент марки 400	Состав бетона в кг/м <sup>3</sup>			В/Ц	Режим твердения	Предел прочности в кгс/см <sup>2</sup> при сжатии через					
	цемент	щебень	песок			1 сут.	3 сут.	7 сут.	14 сут.	28 сут.	3 мес.
РШПЦ	352	1411	502		Водный	48	121	202	291	343	367
					Воздушный	48	139	210	251	264	276
					Комбинированный	48	121	212	254	282	304
ПЦ	352	1411	502		Водный	52	94	150	227	273	328
					Воздушный	52	94	146	186	207	202
					Комбинированный	50	94	164	222	247	265

Бетон на расширяющемся шлакопортландцементе твердеет несколько медленнее, чем бетон на обычном портландцементе.

Более низкие показатели прочности при сжатии у РШПЦ в первые сутки объясняется тем, что в этот период ещё продолжается процесс расширения, ослабляющий прочность твердеющего цементного камня.

На основании исследования были построены сравнительные графики набора прочности бетонов на основе расширяющегося шлакопортландцемента и обычного портландцемента в различных условиях твердения, представленные на рис.5.

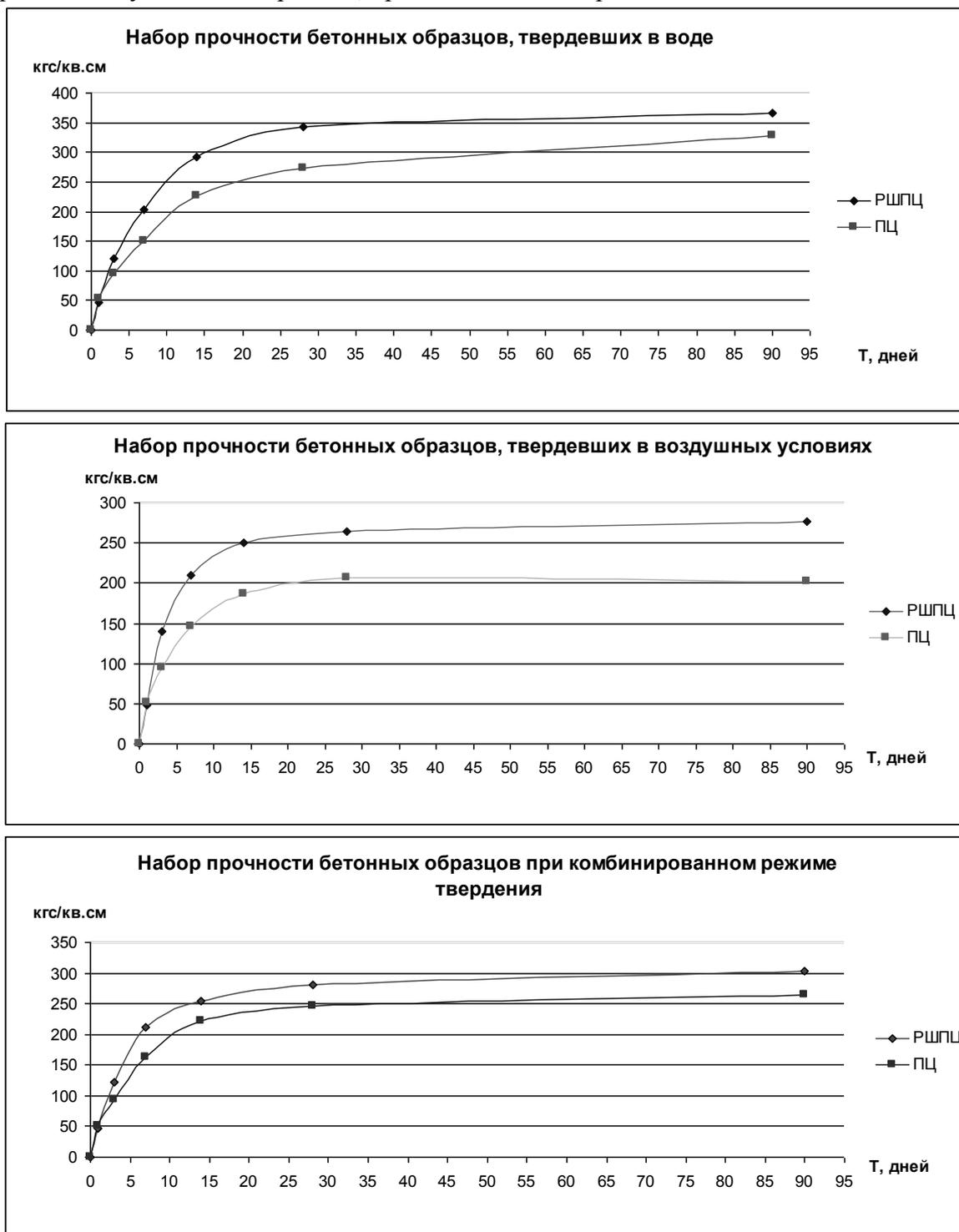


Рис. 5. Графики набора прочности бетонных образцов в различных условиях твердения

Анализ показал, что наилучшим режимом твердения для РШПЦ при нормальной температуре является влажностный режим. Прочности при водном и воздушном режимах твердения, в первые сроки, незначительно отличаются друг от друга.

Проведя лабораторные исследования было установлено, что на величину расширения бетонов на основе расширяющегося цемента влияет ряд факторов, таких как содержание расширяющегося вяжущего в бетоне, условия твердения (воздушные, влажностные или комбинированные), величина расширения вяжущего в бетоне и размеры конструкции (высота заходки бетонирования). Приведенные факторы, а также величина усадки исходного твердеющего бетона на основе ПЦ определяют высоту слоя бетонирования расширяющейся бетонной смеси.

Анализ полученных результатов позволил получить зависимость высоты слоя бетонирования расширяющимся бетоном от указанных факторов:

$$L_{РШПЦ} = \frac{\delta_{\sigma_{ПЦ}} \cdot k_y \cdot L_{зах}}{\delta_{\sigma_{ПЦ}} \cdot k_y + \delta_{РШПЦ} \cdot k_{сост}}, \text{ м,}$$

где  $L_{РШПЦ}$  - высота слоя бетонирования бетоном на основе расширяющегося вяжущего, м;

$\delta_{\sigma_{ПЦ}}$  - величина усадочных деформаций бетона на основе обычного портландцемента.

Этот показатель колеблется в пределах 0,15..1,5 мм/м в зависимости от условий твердения, влажности, содержания вяжущего в бетоне и т.д. Влажные условия твердения и насыщенность старого бетона водой способствуют снижению величины усадки на 20-25%;

$\delta_{РШПЦ}$  - величина расширения цементного камня РШПЦ. По результатам проведенных лабораторных исследований образцов из цементного теста нормальной плотности, твердеющих в воде через 3-е суток расширение составляет не менее 45 мм/м;

$k_y$  - коэффициент условий твердения бетона на основе РШПЦ. Зависит от режима твердения, водоцементного отношения, влажности, притока воды и колеблется в пределах 1,5..3,0;

$k_{сост}$  - коэффициент, зависящий от содержания расширяющегося вяжущего в составе бетонной смеси. На основании лабораторных исследований принимается по таблице 3.

$L_{зах}$  - высота заходки бетонирования, м.

Таблица 3

Значение коэффициента состава бетона и величины линейного расширения

Содержание цемента кг/м <sup>3</sup>	200	300	400	500	600
Коэффициент состава	0,02	0,096	0,189	0,313	0,453
Линейное расширение бетона мм/м	0,9	4,3	8,5	14,1	20,4

Полученная зависимость позволяет определить оптимальную высоту слоя монолитной бетонной крепи на основе расширяющегося вяжущего для надёжной герметизации технологических швов, что позволит получить цельную конструкцию крепи ствола, предотвратить преждевременное разрушение бетона под действием горного давления в результате имевшей место несвязанности крепи отдельных заходок и обеспечить безремонтную эксплуатацию ствола в течении длительного срока службы выработки.

Если значение высоты слоя бетонирования расширяющимся бетоном, определенное по формуле, будет ниже 0,15 м, высота слоя принимается равной 0,15 м.