

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАБРЫЗГ-БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Применение торкретирования в современном горном строительстве является наиболее эффективным, а нередко – единственно возможным способом крепления горных выработок. Оно целесообразно, когда необходимо бетонировать поверхности сложной конфигурации, когда возникают трудности, связанные с уплотнением бетонных смесей вибраторами и требуются значительные затраты на изготовление опалубки, а также в тех случаях, когда к бетону предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости, адгезионной эффективности, тиксотропности, динамике схватывания и набора прочности.

С момента появления первого патента на метод торкретирования в 1911 г., выданного в США К.Э. Эйкли, этот метод и оборудование для его осуществления претерпели значительную эволюцию. Анализ исследований и публикаций свидетельствует о высоком уровне изучения и использования набрызг-бетона. Но в то же время для украинских потребителей большинство наиболее эффективных смесей зарубежных производителей являются экономически недоступными. На украинском рынке предложение отечественных сухих набрызг-бетонных смесей – крайне ограничено. Наибольший интерес, с нашей точки зрения, здесь представляет ряд смесей BUDMIX KR – и по их заявленным характеристикам, и с учетом потенциала производственной базы их производителя – ООО «РОТИС ПЛЮС».

Смеси для торкретирования марки BUDMIX KR применяются: для нанесения на стенки горных выработок конструктивного набрызг-бетона; крепления и герметизации изоляционных перемычек; изоляции стенок горных выработок от притока в них воды и др. Выпускающее эти сухие смеси для набрызг-бетона сухого и мокрого нанесения ООО «РОТИС ПЛЮС» устойчиво работает на рынке строительных материалов более 7 лет. Особое внимание следует обратить на то, что предприятие создано на базе Криворожского завода строительных конструкций – производства, изначально структурно и функционально специализированного для схожих технологий, которое имеет более 3000 м<sup>2</sup> производственных площадей, что позволяет в кратчайшие сроки развернуть широкомасштабное производство разработанных торкрет-смесей, способное покрыть потребности горняков и строителей всей Украины, что обосновано серьезно аргументированными расчётами. Кроме того, ООО «РОТИС ПЛЮС» имеет собственную научно-исследовательскую и лабораторную базу, а также активно сотрудничает с ведущими учеными и специалистами в данной области.

Рассматриваемый набрызг-бетон является инновационным и не имеет аналогов. На сегодняшний день технология его производства имеет статус ноу-хау. Что же касается общей характеристики, то для изготовления смесей используются следующие материалы: вяжущее – портландцемент; заполнители – песок, гравий; добавки к смеси – сополимер винилацетата и этилена, а также метилгидроксипропилцеллюлоза.

Главными преимуществами BUDMIX KR являются:

1. Возможность нанесения за один проход слоя, толщиной более 300 мм, что обеспечивает: подтвержденное в промышленных условиях сокращение сроков производства работ по сравнению с «традиционными» смесями в 2-5 раз; экономию затрат на заработную плату в 3-7 раз и материала – до 30%; увеличение сроков эксплуатации оборудования на 30%. Набрызг-бетон, нанесённый за один проход, создаёт монолитную конструкцию, работающую в полной мере как одно целое, а не слоистую, неизбежную даже при самых динамичных методах послойного торкретирования, что даёт возможность при проектировании уменьшать площадь сечения выработки «в проходке» при сохранении «в свету» при равных прочих условиях.

2. Набрызг-бетон имеет ускоренный набор прочности в течение первых семи часов после нанесения, что позволяет производить циклические взрывные работы в более ранние сроки.

3. Рассматриваемый материал обладает пониженным процентом отскока – до 3%, что в свою очередь обеспечивает снижение стоимости самой крепи; загрязнения выработки и оборудования, а также затрат, связанных с утилизацией отходов.

4. Исследуемый материал в настоящее время уже выпускается как продукция ООО «РОТИС ПЛЮС» согласно государственного стандарта Украины «Смеси строительные сухие модифицированные» ДСТУ Б В.2.7.-126:2011 и межгосударственного «Смеси бетонные ДСТУ Б В.2.7.-96-2000 (ГОСТ 7473-94)».

5. Рассматриваемые набрызг-бетонные смеси хорошо себя зарекомендовали при работе, как на импортном, так и отечественном оборудовании в: «Кривбассжелезрудком», «Евраз Сухая Балка», «Миттал Стил Кривой Рог».

6. Набрызг-бетонные смеси могут выпускаться по согласованию с заказчиками (согласно проектной документации или с изменившимися условиями) с разными характеристиками.

7. В настоящее время предприятие приступило к выпуску торкрет-смесей BUDMIX KR, позволяющих производить безопалубочное бетонирование по вертикальным и потолочным поверхностям толщиной 200-400 мм за один проход.

Исследование смесей BUDMIX KR осуществлялось в лабораториях ООО "РОТИС ПЛЮС", КНУ, ДП "Кривбасстандартметрология", УкрНИИпромедицины МОЗУ, НИИБТГ и др. Испытывались образцы размером 100×100×100 мм по ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Испытания проведены в соответствии ДСТУ Б В.2.7-96-2000 "Смеси бетонные. Технические условия"; ДСТУ Б В.2.7-214: 2009 "Строительные материалы. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам"; ДСТУ Б В.2.7-114-2002 "Смеси бетонные. Методы испытаний" (табл. 1).

Таблица 1

Результаты прочностных испытаний

Номера серий образцов	1	2	3	4
<b>Предел прочности на сжатие после 7 часов</b>				
Средняя масса образца. гр.; плотность кг/м <sup>3</sup>	2068	2082	2014	2001
Разрушающая нагрузка, кН	56,47	59,56	37,82	38,35
Прочность бетона, приведенная к базовому размеру образца, МПа	5,4	5,7	3,6	3,6
Прочность бетона серии образцов. МПа	5,6		3,6	
<b>Предел прочности на сжатие после 24 часов</b>				
Средняя масса образцов. г	2070	2076	1998	1989
Разрушающая нагрузка, кН	154,4	164,2	105,35	90,65
Прочность бетона, приведенная к базовому размеру образца, МПа	14,7	15,6	10,0	8,6
Прочность бетона серии образцов. МПа	15,2		9,3	
Номера серий образцов	5	6	7	8
<b>Предел прочности на сжатие после 28 суток</b>				
Средняя масса образцов. г	2076	2080	2027	2032
Разрушающая нагрузка, кН	455,70	471,63	343,00	379,75
Прочность бетона, приведенная к базовому размеру образца, МПа	43,3	44,8	32,6	36,1
Прочность бетона серии образцов. МПа	44,1		34,4	

Комиссия ПАО «ЕВРАЗ СУХАЯ БАЛКА» провела испытания смесей № 2, № 4, № 6 ООО «РОТИС ПЛЮС», в условиях действующей шахты. Смеси тремя составами по 500 кг были нанесены по 2 м<sup>2</sup> на стены главного квершлага гор. -1420, пройденного по амфиболитам крепостью  $f=16-18$ . Укладка смесей производилась при помощи установки СБ-67: смесь № 2 – за один проход был нанесён слой, толщиной  $\delta_{cp}=140$  мм; смесь № 4 –  $\delta_{cp}=110$  мм; смесь № 6 –  $\delta_{cp}=300$  мм. При торкретировании смесями № 2, № 4, № 6 отскок не превышал 2%. Испытание смесей показало, что толщину нанесения при необходимости можно увеличивать: материал не плывёт. Начало схватывания испытываемых смесей: № 2 – 7 мин., № 4 – 14 мин., № 6 – 45 мин. Прочность на сжатие (кгс/см<sup>2</sup>) через 7 часов: № 2 – 50, № 4 – 30; через 24 часа: № 2 – 200, № 4 – 120, № 6 – 20; через 28 суток: № 2 – 500, № 4 – 350, № 6 – 150.

Выводы комиссии: торкрет-смеси № 2, № 4, № 6 – пригодны для использования в ПАО «ЕВРАЗ СУХАЯ БАЛКА»

Специальная комиссия ПАО «Кривбассжелезрудком» провела испытание торкрет-смеси, поставленной ООО «РОТИС ПЛЮС», на «сбойке» между стволами шахт «Новая» и «Гвардейская» гор. -1430 м. Смесь в количестве 300 кг была нанесена на стены и свод установкой СБ-67 слоем 30-50 мм. Быстрота схватывания испытываемой смеси – 10 мин., «текхарда» – 15 мин. Потери за счет отскока испытываемой смеси по сравнению с «текхардом» – на 30% меньше.

Выводы комиссии: Цементно-песчаная смесь – пригодна для использования в выработках ПАО «Кривбассжелезрудком». Результаты испытаний смеси приведены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительная таблица испытаний торкретсмеси в ИСП «ЦэнЛ»

	Прочность образцов (кгс/см <sup>2</sup> )							
	через часов							
	1 ч	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч	6 ч	7 ч	24 ч
«Ротис ПЛЮС» смесь № 4	1.4	4.1 6	9.0	15. 3	21. 4	34. 3	31. 0	122
«Ротис ПЛЮС» смесь № 5		3.9	10. 3	22. 9	29. 5	33. 3		126

Заключение государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы: смеси BUDMIX KR соответствуют требованиям действующего санитарного законодательства Украины и могут быть использованы в заявленной сфере применения.

Вывод экспертизы НИИБТГ: сухая смесь для торкретирования производства ООО «РОТИС ПЛЮС» отвечает требованиям ДСТУ Б В.2.7-96 2000 и пригодна к применению в подземных выработках шахт ОАО «Кривбассжелезрудком».

Таким образом, на основании экспериментальных исследований установлена возможность и целесообразность использования смесей BUDMIX KR производства ООО «Ротис ПЛЮС» для торкретирования выработок.

Результаты экспериментальных исследований и промышленных испытаний указывают на снижение отскока при торкретировании смесью BUDMIX KR до 2%, при средних показателях традиционных смесей на уровне до 25%, и самых «продвинутых» – до 7% (при расходе цемента 500 кг/м<sup>3</sup>).

Экспериментально установлено, что смеси BUDMIX KR обеспечивают необходимые прочностные и эксплуатационные свойства крепи при снижении водопоглощения на 15-20% и увеличении водонепроницаемости в 1,5-2,0 раза.

Разработаны и оптимизированы составы смеси BUDMIX KR набрызг-бетонов. Разработана технологическая схема нанесения набрызг-бетона на основе BUDMIX KR и выполнено опытно-промышленное применение ее и составов данной смеси в ПАО «Кривбассжелезрудком».