УДК 622.281.4

***С.А. Жуков**, д-р техн. наук, проф.,*
Государственное высшее учебное заведение «КНУ»
***А.Н. Шашенко**, д-р техн. наук, проф., Национальный горный университет*
***Н.Н. Поддубный**, инженер, ООО «Ротис Плюс»*

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ НОВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НАБРЫЗГ-БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

В статье охарактеризованы условия горных работ в современных шахтах и главные проблемы, связанные с креплением подземных горных выработок (горной крепью). Проанализировано развитие науки о горных крепях и торкретировании скальных поверхностей. Представлены основные проблемы обеспечения шахтного строительства в Украине стройматериалами. Выполнен анализ рынка строительных сухих смесей для бетонных работ в подземных условиях. Определены перспективные направления для решения проблем, связанных с бетонной горной крепью. Выполнен анализ технологических свойств набрызг-бетонных смесей BUDMIX KR; соответствия этих смесей требованиям горного строительства и специфике подземных выработок, а также потенциальные возможности производителя данной продукции в современных условиях для решения возникающих ресурсных задач. В статье также рассмотрены лабораторные исследования набрызг-бетонных смесей и проанализированы их результаты. Определены главные особенности и характеристики бетонных смесей различного состава. Представлены также экспериментальные испытания новых бетонов для крепления подземных полостей и оценка эффективности предлагаемой технологии. Рассмотрены экспертные заключения различных комиссий и инстанций. Определены возможности широкого внедрения в горную практику рассмотренных стройматериалов и реальные перспективы дальнейшего развития технологий, основанных на них.

Ключевые слова: набрызг-бетон, торкретирование, сухая смесь, прочность бетона, крепь.

В статті охарактеризовано умови гірничих робіт в сучасних шахтах і головні проблеми, пов'язані з кріпленням підземних гірничих виробок (гірничим кріпленням). Проаналізовано розвиток науки про гірниче кріплення і торкретування скельних поверхонь. Представлено основні проблеми забезпечення шахтного будівництва в Україні будматеріалами. Виконано аналіз ринку будівельних сухих сумішей для бетонних робіт в підземних умовах. Визначено перспективні напрями для вирішення проблем, пов'язаних з бетонним гірничим кріпленням. Виконано аналіз технологічних властивостей набризк-бетонних сумішей BUDMIX KR; відповідності цих сумішей вимогам гірничого будівництва та специфіці підземних виробок, а також потенційні можливості виробника даної продукції в сучасних умовах для вирішення виникаючих ресурсних завдань. У статті також розглянуто лабораторні дослідження набризк-бетонних сумішей та проаналізовано їх результати. Визначено головні особливості та характеристики бетонних сумішей різного складу. Представлено також експериментальні випробування нових бетонів для кріплення підземних порожнин та

оцінку ефективності запропонованої технології. Розглянуто експертні висновки різних комісій та інстанцій. Визначено можливості широкого впровадження в гірничу практику розглянутих будматеріалів та реальні перспективи подальшого розвитку технологій, заснованих на них.

Ключові слова: набризк-бетон, торкретування, суха суміш, міцність бетону, кріплення.

The article described the conditions of mining operations in modern mines and major problems associated with fastening of underground mining (mining support). It analyzes the development of the science of mining support and concreting rocky surfaces. The main problems of mine construction building materials in Ukraine. The analysis of the market of construction dry mixes Concrete works in underground conditions. Perspective directions for solving the problems associated with concrete rock bolting. The analysis of the technological properties of sprayed concrete mixes BUDMIX KR; compliance with the requirements of these composition of mining construction and specifics of underground workings, as well as potential producers of the products in the present conditions to address emerging resource problems. The article also discussed laboratory studies sprayed concrete mixes and analyzed the results. Identify the main features and characteristics of concrete composition of different composition. Presented as experimental testing of new concrete for fixing underground cavities and evaluation of the proposed technology. We consider expert opinions of various commissions and courts. Possibilities broad introduction to the mountain practice considered construction materials and real prospects for the further development of technologies based on them.

Keywords: sprayed concrete, guniting, dry mixture, durability of concrete, fastening

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Торкретирование в современном шахтном строительстве является наиболее эффективным, а нередко – единственно возможным способом крепления горных выработок. Оно целесообразно при бетонировании поверхности сложной конфигурации, когда возникают трудности, связанные с уплотнением бетонных смесей вибраторами и дороговизной опалубки, а также в тех случаях, когда к бетону предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости, адгезионной эффективности, тиксотропности, динамике схватывания и набора прочности. Применение этого метода позволяет упростить транспортирование бетонной смеси к месту укладки, что актуализует вопрос заводского изготовления последней. Но все же самой серьезной проблемой является дороговизна высококачественных импортных стройматериалов при, не идущих с ними ни в какое сравнение, украинских. Поэтому вытекающей из этой проблемы первоочередной задачей является поиск по-настоящему эффективных, а главное – доступных торкрет-смесей отечественного производства.

Анализ исследований и публикаций. Анализ последних исследований и публикаций. Развитию теории и практики набрызг-бетона посвящено много работ отечественных [1-3] и зарубежных [4-6] ученых. В них рассмотрены вопросы твердения бетонов, применения поверхностно-

активных веществ, регулирования толщины слоя и влияния исходных материалов на прочность торкрет-бетона.

Ростовцев Д.С. выполнил много полевых экспериментов и установил зависимость количества отскока от скорости выхода струи. Учеными Ленинградского политехнического института под руководством профессора С.И. Дружинина были выполнены исследования зависимости прочности торкрет-бетона от состава раствора. Многие изобретатели работали над составами добавок к бетонам, ускоряющими процессы схватывания и твердения торкретной смеси. Велись также работы по повышению сцепления торкрет-бетона с покрываемой им поверхностью, исследовались процессы регуляции реологических свойств бетонных смесей. Однако уровень этих исследований, с точки зрения физико-химических процессов, был недостаточно высоким и не давал полного представления о закономерностях формирования структуры торкрет-бетона. Последующим развитием теории и практики торкрет-бетона были работы советских ученых Н.А. Агрызкова, П.И. Глужге, А.П. Шипилова и др., в которых они приступили к исследованиям процессов с использованием современных положений теоретической механики, химии цемента и теории упругости. На этом этапе развития теоретические и практические исследования охватывали большое количество технологических параметров процесса, однако они не совмещали вместе средства, материалы, технологии и эксплуатационные свойства набрызг-бетона.

Во многих работах хорошо исследованы технологические параметры торкрета, его физико-механические характеристики, выделены рациональные области применения[7-8].

Однако полученные данные по большей части носят разрозненный, а порой и противоречивый характер, поскольку изготовление образцов и оценка физико-механических показателей торкрет-бетона выполнялись не одной методикой и технологией, а использовались индивидуальные решения и подходы [9].

Ранее в СССР были разработаны различные нормативно-технические источники, относящиеся к технологическим правилам торкретирования инженерных сооружений (ПТКБ ЦП МПС СССР, 1985 г.), к вопросам крепления выработок набрызг-бетоном (ВСН 126-90 / Минтрансстрой СССР, ВНИИ транспортного строительства, 1991 г.) и др. [10].

Многие современные исследования сконцентрированы на улучшении технологических и эксплуатационно-технических свойств набрызг-бетона. Несомненным достижением являются разработки торкрет-бетона РСТ 8 на специальном водонепроницаемом безусадочном цементе с применением добавки РСАМ [11] и других [12]. ОАО «ЦНИИПромзданий» (РФ) рассматривает широкий спектр применения торкрет-бетонных

покрытий конструкций полифункционального назначения, значительное внимание, уделяя технологическим вопросам получения и применения в строительной практике торкрет-фибробетона [13]. Торкрет-бетон Spray-Con WS канадского производителя Gemite (Джимайт) является исключительно экономичным продуктом, образует водонепроницаемый воздухопропускающий слой, его можно наносить толщиной от 1/8 дюйма до 12 дюймов (от 40 мм до 300 мм) при последовательном наращивании покрытия. Spray-Con обладает очень высокой прочностью соединения с основанием. Отличные связующие качества и армированная структура делают его идеальным материалом для крепления объектов, подвергающихся динамическим нагрузкам во время нанесения [14]. В КГАСА разработано модифицирование торкрет-бетонной смеси водной эмульсией низкомолекулярного полиэтилена (НМПЭ) с помощью анионактивных ПАВ как эмульгаторов; подобраны типы ПАВ-эмульгаторов и режимы приготовления прямых концентрированных водных эмульсий НМПЭ-2 и смеси НМПЭ-2 и НМПЭ-3 [15].

Анализ приведенных и многих других 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» [16].

Постановка задач исследования. Вышеизложенные проблемы, ситуация в нашей стране, а также потребности горной и строительной отраслей обусловили цель работы – исследование эффективности технологии торкретирования и свойств набрызг-бетонных смесей BUDMIX KR, соответствия их требованиям горного строительства и специфике условий подземных выработок, а также потенциальных возможностей в решении возникающих задач названным предприятием.

Изложение материала и результаты. Смеси BUDMIX KR предназначены: 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 м² производственных площадей, что позволяет в кратчайшие сроки развернуть широкомасштабное производство разработанных торкрет-смесей, способное покрыть потребности горняков и строителей если не всей Украины, то Кривбасса – вполне, что обосновано серьезно аргументированными расчётами.

Кроме того, ООО «РОТИС ПЛЮС» имеет собственную научно-исследовательскую и лабораторную базу, а также активно сотрудничает с учеными и специалистами Криворожского национального и Национального горного университетов (соответственно – КТУ и НГУ), ряда лабораторий.

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. При этом гранулометрический состав заполнителей соответствует широко апробированному графику рассева [17] (рис. 1).

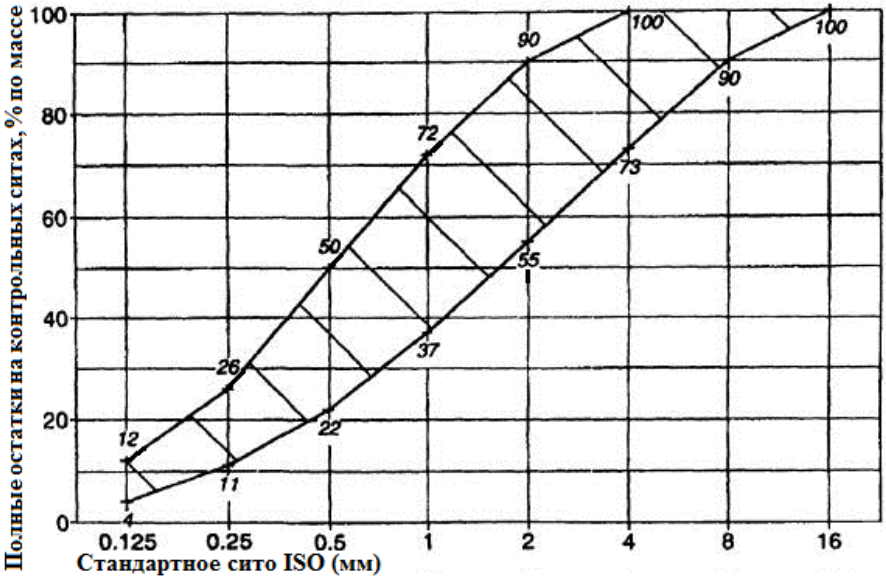

Рис. 1. Гранулометрический состав песка

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 робот 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 роботы в более ранние сроки.

3. Рассматриваемый материал обладает пониженным процентом отскока – до 3%, что в свою очередь обеспечивает снижение: стоимости самой крепи; загрязнения горной выработки и находящегося в ней 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. Предоставляется возможность работы по согласованным недельно-суточным графикам.

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

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

8. 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 (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики набрызг-бетонных смесей BUDMIX KR

№ смеси	Прочность на сжатие через			Толщина мм нанесения за 1 проход	Макси-мальная фракция, мм.	Предназначение, свойства, главные особенности смесей
	7 час	24 час	28 дн.			
1		335	600	100	До 10	Смесь для аварийных работ. Начало схватывания – через 45 мин. Ускоренный набор прочности. Смесь повышенной прочности
2		230	500	300	До 10	Смесь повышенной прочности. Ускоренный набор прочности. Отскок – до 2%. Повышенная толщина нанесения за один проход
3		170	500	100	До 10	Смесь для нанесения особо прочного набрызг-бетона
4		200	500	100	До 10	Смесь для особо прочного набрызг-бетона. Ускоренный набор прочности
5		108	450	100	До 10	Смесь для общестроительных работ повышенной прочности
6	56	154	450	300	До 10	Смесь позволяет проводить взрывные работы через 7 часов. Ускоренный набор прочности. Отскок – до 2%. Повышенная толщина нанесения за один проход
7	20	140	400	300	До 10	Смесь для ответственных конструкций. Отскок – до 2%. Повышенная толщина нанесения за один проход
8	5	74	350	100	До 10	Смесь позволяет проводить взрывные работы через 24 часа. Ускоренный набор прочности
9	37	95	350	300	До 10	Смесь позволяет проводить взрывные работы через 7 часов. Отскок – до 2%. Повышенная толщина нанесения за один проход. Ускоренный набор прочности
10		134	300	100	До 3	Ускоренный набор прочности
11	10	50	270	300	До 10	Ускоренный набор прочности; Повышенная толщина нанесения за один проход. Отскок – до 2%
12			200	300	До 3	Для общестроительных работ с повышенной толщиной нанесения. Отскок – до 2%
13			200	100	До 3	Смесь для общестроительных работ
14		36	172	100	До 3	Смесь для общестроительных работ
15		40	170	100	До 10	Смесь для общестроительных работ
16		30	150	100	До 3	Смесь для общестроительных работ
17		17	150	400	До 10	Для неответственных конструкций с повышенной толщиной нанесения. Отскок – до 2%
18		23	138	50	До 3	Смесь для мокрого способа торкретирования
19			100	100	До 3	Смесь для общестроительных работ

Испытательная лаборатория строительной продукции Государственного предприятия "Кривбасстандартметрология", аккредитованного Национальным агентством по аккредитации Украины на соответствие ДСТУ ISO/IEC 17025: 2006, на основании выполненных исследований смесей BUDMIX KR определила их радиометрические (табл. 2) и прочностные (табл. 3) характеристики.

Таблица 2

Результаты радиометрических испытаний

Наименование показателя / ед. измерений	Природные радионуклиды		
	Радий-226	Торий-232	Калий-40
Удельная активность природных радионуклидов в образцах	<61,18	<82,79	<220,10
Суммарная удельная эффективная активность радионуклидов, Бк/кг с погрешностью, %	188,34±30%		
Допустимые уровни суммарной удельной активности природных радионуклидов ($А_{сум}$), Бк×кг$^{-1}$ соответственно ДБН В.1.4-1.01-97	I класс – ниже, или равно 370 II класс – ниже, или равно 740 III класс – ниже, или равно 1350		

Результаты радиометрии представлены в Протоколе испытаний № 6358-Х от 11.09.2013 г. Испытательной лаборатории «ПРОД-ТЕСТ» на продукцию: БСС В 10.П1.F50.W2 (бетонная смесь сухая для набрызг-бетона), изготовленная ООО "РОТИС ПЛЮС". Испытания проведены в соответствии с ДБН В.1.4-1.01-97 “Система норм и правил снижения уровня ионизирующих излучений природных радионуклидов в строительстве. Регламентированные радиационные параметры. Допустимые уровни”.

Общее заключение лаборатории: испытанные образцы имеют суммарную удельную эффективную активность ПРН (природных радионуклидов), обусловленную радием-226, торием-232 и калием-40, на уровне 188,34 Бк×кг$^{-1}$ ±30%. Соответственно полученным результатам исследованный материал, представленный к испытаниям, относится к I классу строительных материалов.

Комиссия ПАО «ЕВРАЗ СУХАЯ БАЛКА» провела испытания смесей № 2, № 4, № 6, поставленных ООО «РОТИС ПЛЮС», в условиях действующей шахты.

Таблица 3

Результаты прочностных испытаний

Название показателей (характеристик), единицы измерений	Протокол испытаний № 22458-Б от 19.12.2013 г. (В/Т=0,18)		Протокол испытаний № 23421-Б от 25.12.2013 г. (В/Т=0,17)		Протокол испытаний № 1073-Б от 15.01.2014 г. (В/Т=0,18)		Протокол испытаний № 1507-Б от 21.01.2014г. (В/Т=0,17)	
Номера серий образцов	1	2	3	4	5	6	7	8
Предел прочности на сжатие после 7 часов								
Средняя масса образца, гр.; плотность кг/м^3	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, кгс/см^2	56		37					
Прочность бетона серии образцов, МПа	5,6		3,6					
Предел прочности на сжатие после 24 часов					**после 28 суток**			
Средняя масса образцов, г	2070	2076	1998	1989	2076	2080	2027	2032
Разрушающая нагрузка, кгс	15750	16750	10750	9250	46500	48125	35000	38750
Разрушающая нагрузка, кН	154,4	164,2	105,35	90,65	455,70	471,63	343,00	379,75
Прочность бетона, приведенная к базовому размеру образца, МПа	14,7	15,6	10,0	8,6	43,3	44,8	32,6	36,1
Прочность бетона серии образцов, кгс/см^2	154		95		450		351	
Прочность бетона серии образцов, МПа	15,2		9,3		44,1		34,4	

Примечание: Испытания проводились при температуре воздуха 18-22 °С и относительной влажности 60-65%.

Смеси тремя составами по 500 кг были нанесены по 2 м^2 на стены главного квершлага гор. -1420, пройдённого по амфиболитам крепостью *f*=16-18. Укладка смесей производилась при помощи установки СБ-67: смесь № 2 – за один проход был нанесён слой, толщиной $\delta_{ср}$=140 мм; смесь № 4 – $\delta_{ср}$=110 мм; смесь № 6 – $\delta_{ср}$=300 мм (рис. 2).

При торкретировании смесями № 2, № 4, № 6 отскок не превышал 2 %. Испытание смесей № 2, № 4, № 6 показало, что толщину нанесения при необходимости можно увеличивать: материал не плывёт. Начало схватывания испытуемых смесей: смесь № 2 –7 мин., №4 – 14 мин., № 6 – 45 мин. Прочность на сжатие (кгс/см^2) 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.

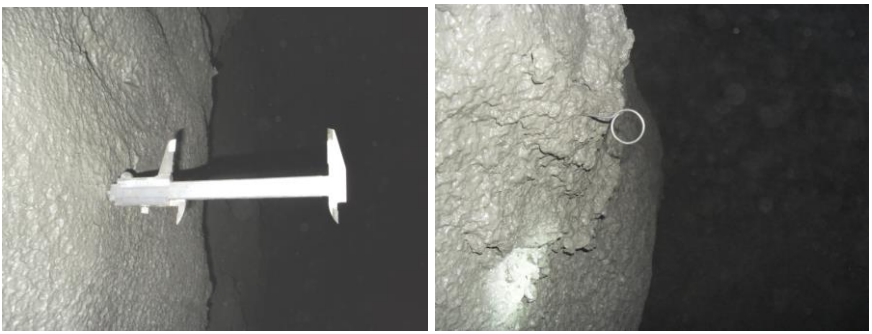

Рис. 2. Смесь № 2 – $д_{ср}$=140 мм (фото слева), штангенциркуль надежно держится в свеженанесенной смеси;
Смесь № 6 – $д_{ср}$=300 мм (фото справа), видно кольцо погруженного в свежую смесь щупа, длиной 300 мм

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

Согласно приказу № 958/1 ПАО «Кривбассжелезрудком» от 17. 07. 2013, специальная комиссия провела испытание торкретной 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. 4.

Таблица 4

Сравнительная таблица испытаний торкретной смеси 16.07.2013 в ИСП «ЦэнЛ»

	Средняя прочность контрольных образцов (кгс/см^2) через период							
	1 час	2 часа	3 часа	4 часа	5 часов	6 часов	7 часов	24 часа
«Ротис ПЛЮС» смесь № 4	1.4	4.16	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

Весьма показательным здесь также является сравнение представленного выше с результатами теоретико-экспериментальных

исследований влияния технологических факторов на прочность торкрет-бетона и количество отскока, проведенных во Львовском региональном научно-техническом центре ГосдорНИИ [18]. Для определения зависимости прочности полученного торкрет-бетона и количества отскока от скорости выхода струи были проведены исследования, в которых изменялась только скорость. При этом расстояние от сопла к бетонной поверхности составляло 0,7 м.

Анализ данных показывает, что оптимальной для получения высокой прочности бетона является скорость выхода струи из торкрет-машины в 130 м/с. При изменении скорости до 90 или 180 м/с прочность бетона на сжатие снижается более чем на 30 %. Значения потери материала в отскок получены тоже при скорости130 м/с. Во время определения влияния расстояния от сопла до торкрет-бетонного покрытия на *R* и количество отскока, при постоянных значениях В/Ц=0,4 и скорости 130 м/с это расстояние изменялось от 0,9 до 1,5 м. Результаты исследований представлены в табл. 5.

Таблица 5

Зависимость прочности торкретбетона и количества отскока от расстояния сопла к рабочей поверхности

Расстояние от бетонной поверхности, м	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
R, МПа	21,7	24,3	24,9	25,9	27,8	26,4	23,0	19,4
Количество отскока, %	26,5	21,0	17,3	14,1	12,0	13,9	16,9	12,1

Как видно из данных результатов, оптимальным по показателям прочности и потерям через отскок является расстояние от сопла до бетонной поверхности в 1,2 м. Оценка влияния В/Ц на прочность и потери через отскок проводилась на серии образцов, где постоянными оставались рассматриваемое расстояние (1,2 м), а также скорость – 130 м/с (табл. 6).

Таблица 6

Зависимость прочности торкрет-бетона и количества отскока от В/Ц

Водоцементное отношение (В/Ц)	0,35	0,4	0,45	0,5
R, МПа	26,4	28,5	25,4	2,1
Количество отскока, %	19,1	13,1	12,0	11,2

Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимальным для использованных материалов является В/Ц=0,4. При значениях В/Ц=0,35

значительная часть материала отходит в отскок, о чем свидетельствуют данные табл. 6. Но все же минимальный отскок в этих экспериментах составил 11,2 %, что более чем в 3 раза выше значений при испытаниях набрызг-бетонных смесей BUDMIX KR производства ООО "РОТИС ПЛЮС".

Как и большинство других набрызг-бетонов, BUDMIX KR включает в себя различные добавки. Их состав, комбинации и соотношение в настоящее время тщательно исследуются. Но уже можно утверждать их пригодность и для межарочного омоноличивания закрепляемых пород без «затяжки»; создания монолитных крепей-оболочек, наносимых по армосеткам и армокаркасам (рис. 3); для защиты от коррозионного износа несущих металлоконструкций, а также металлической шахтной крепи, включая из специального взаимозаменяемого профиля (СВП), для чего выполнены эксперименты по методике, разработанной в НГУ [19].

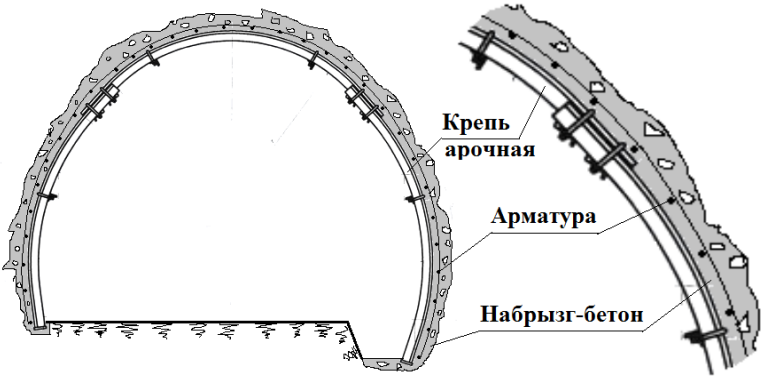

Рис. 3. Крепление горизонтальной выработки с омоноличиванием поверхностей между металлическими арками набрызг-бетоном без затяжки

При этом исследуется не только физико-механическая и технологическая эффективность, но и химическая агрессивность вводимых в смесь добавок (расширяющие, понижающие влаго- и водопроницаемость;, водопотребность (пластификаторы и суперпластификаторы); ускорители и замедлители; полимерные модификаторы; защищающие от воздействия щелочей; облегчающие подачу бетона насосами; смешанные и многофункциональные добавки; системы, модифицированные водорастворимыми полимерами и др.) [20].

Заключение государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы № 05.03.02-04 / 114181 от 2013 г.: по предоставленным

заявителем образцам смеси BUDMIX KR соответствуют требованиям действующего санитарного законодательства Украины и могут быть использованы в заявленной сфере применения.

С учетом данных промышленных испытаний и заключения госсанэпидслужбы, НИИБТГ составил заключение экспертизы технической документации смеси BUDMIX KR производства ООО «РОТИС ПЛЮС» на соответствие требованиям нормативных актов по охране труда и промышленной безопасности. Целью экспертизы являлась оценка возможности безопасного применения смеси в подземных условиях железорудных шахт. Анализ технических параметров смеси показал: изготовление смеси соответствует требованиям ДСТУ Б В.2.7-96: 2000; в качестве составляющих смеси применяются компоненты, допущенные к использованию в строительстве; для нанесения набрызг-бетона используются установки, допущенные к эксплуатации в подземных условиях железорудных шахт.

Вывод экспертизы НИИБТГ: сухая смесь для торкретирования производства ООО «РОТИС ПЛЮС» отвечает требованиям ДСТУ Б В.2.7-96 2000 Смеси бетонные и бетон. Технические условия (ГОСТ 7473-94), НПАОП 1.2.90-1.02-71 Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом, в подземных условиях железорудных шахт, и пригодна к применению в подземных выработках шахт ОАО «Кривбассжелезрудком».

Общие выводы.

1. На основании экспериментальных исследований установлена возможность и целесообразность использования смесей BUDMIX KR производства ООО «Ротис ПЛЮС» для торкретирования выработок.

2. 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/м3).

3. 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.

4. Разработаны и оптимизированы составы смеси BUDMIX KR набрызг-бетонов.

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

Выводы. Как показали результаты исследований, процесс торкретирования дает возможность обеспечить прирост прочности уже во время выполнения работ. Торкрет-бетон дает возможность расширить область использования технологии бетонирования, поскольку при этом улучшаются физико-механические свойства бетона: прочность на изгиб - на 40 % и больше; прочность на сжимание - на 15 % и больше.

Сегодня назрела необходимость в изменении стереотипов относительно использования новых прогрессивных технологий торкретирования, а также разработки и выпуска отечественных нормативов, которые бы регламентировали проектирование и выполнение этих работ.

Список использованных источников

1. Атманских С.А. Исследование процессов возведения набрызг-бетонной крепи в горизонтальных горных выработках.// Кандидатская диссертация. – Свердловск: – 1969. – С.23.
2. Голицинский Д.М., Маренный Я.И. Набрызгбетон в транспортном строительстве. – М.: Транспорт, – 1993. – 152 с.
3. Мостков В.М., Воллер И.Л. Применение набрызгбетона для проведения горных выработок. – М.: Недра, 1968. – 127с.
4. Darbi M.L Sprayed concret-material with great potential. Water schvices, 1981, v.85, N 1020, P.80-81.
5. Reading G. Sanierung mit dem Betonspritzverfahren. BD Baumaschinendinst. – 1980. – N8. – S.662-663.
6. http://www.rucem.ru/pochet/pochet45.php
7. Костюк Н.Г. Разработка технологии изготовления железобетонных труб способом механического набрызга смеси. Дис. канд. техн. наук. – Харьков: ХИИКС, 1984. – 171 с.
8. Бурак Е.Э. Совершенствование технологии нанесения торкрет-бетона на горизонтальные поверхности пневмоопалубок. Дис. канд. техн. наук. – Воронеж: ВГАСУ, 2011. – 200 с.
9. http://stroitelstve.ru/prochnost-torkret-betona-2/
10. http://www.iprosoft.ru/techexpert/ST?base=8124&catId=57
11. http://www.b2b.by/goods/building-construction-materials-glass-ceramics-S000/construction-materials-and-products-glass-S300/roofing-and-waterproofing-materials-and-work-S355/TORKRET-BETONY-81333-6164.html
12. http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/440115.html
13. http://gostrf.com/normadata/1/4293839/4293839687.htm
14. http://vival.ibud.ua/ru/company-prais/vlazhnyy-torkret-beton-dzhimayt-spray-con-ws-vival-64122
15. http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/440115.html
16. http://budmix-kr.com/
17. http://gostrf.com/normadata/1/4293839/4293839687.htm

18. Руководство по применению торкрет-бетона при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций зданий и сооружений. Шифр м10.1/06. – М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2007.

19. Коваленко В.В. Защита металлической крепи от коррозии с использованием торкрет-бетона. Моног. – Д.: Национальный горный университет, 2012. — 108 с. — ISBN 978-966-350-324-0.

20. http://msd.com.ua/dobavki-v-beton-spravochnoe-posobie/dobavki-dlya-torkretirovaniya-betona/

Рукопись поступила 25.09 2015

УДК 624.015

О.А. Паливода, *асистент,* ***С.О. Жуков***, *д-р техн. наук, проф.*
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

МЕТОДИКА ІНЖЕНЕРНОГО РОЗРАХУНКУ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗІ ЗМІЦНЕНИМИ ЯДРАМИ

В даний час необхідно посилювати режим економії, ефективність використання ресурсів, знижувати матеріаломісткість в будівництві.

Сучасні будівельні конструкції повинні відповідати всім вимогам економічності, ресурсозбереження, які пред'являються до будівництва. Основний напрямок їх розвитку – це скорочення витрати сталі (14-16 %), економія цементу (10-12%) і економія лісових матеріалів (12-14 %). Ці завдання можна вирішувати, в тому числі і за рахунок зниження матеріаломісткості та зменшення поперечного перерізу конструкцій, за рахунок раціонального поєднання бетону і сталі при їх спільній роботі та за рахунок застосування високоміцних матеріалів. Цим вимогам задовольняють будівельні конструкції з трубобетону. При відносно малому поперечному перерізі такі конструкції здатні витримувати значні зусилля, при цьому бетон за рахунок об'ємного напруженого стану сприймає напруги, що значно перевищують призмову міцність, що економить сталь і бетон. Застосовуючи високоміцні бетони, бетони, ущільнені пресуванням, центрифугуванням, можна отримати значну економію цементу, так як за рахунок індустріальних технологічних факторів ущільнення бетонної суміші міцність бетону значно підвищується. Підвищити міцність бетону можна і за рахунок застосування непрямого армування, що дозволяє при малій витраті сталі значно підвищити міцність конструкцій.

Удосконалення відомих ефективних способів зміцнення бетону стосовно трубобетонних конструкцій зі зміцненим осердям, придатних до індустріалізації, є актуальною і важливою задачею.

Метою представлених в даній статті досліджень було експериментальне вивчення трубобетонних елементів з бетонними ядрами, зміцненими різними методами; розробити методи розрахунку несучої здатності і напружено-деформованого стану трубобетонних елементів зі зміцненими ядрами.