© Д.Ф. Заятдинов, П.В. Гречишкин, А.С. Позолотин, Г.Н. Роут, 2015

УДК 622.831; 622.2; 622.235

Д.Ф. Заятдинов, П.В. Гречишкин, А.С. Позолотин, Г.Н. Роут

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ АНКЕРОВ ЗАКРЕПЛЕННЫХ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ДВУХКАМЕРНЫЕ АМПУЛЫ (АМК ДК)

Представлены результаты лабораторных и шахтных испытаний различных конструкций анкеров, установленных на ампулы минеральные композиционные двухкамерные (АМК ДК), обеспечивающие эффективность закрепления анкерной крепи в кровле и боках горных выработок, повышая безопасность ведения горных работ в различных горно-геологических условиях.

Ключевые слова: сталеминеральная анкерная крепь, минеральная композиция, двухкамерная ампула, технология установки, закрепляющая втулка, стальные и комбинированные анкеры, канатные анкеры.

Введение

В декабре 2013 г. вышел Приказ об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» [1], согласно которой, сталеминеральную анкерную крепь рекомендуется применять в горных выработках:

- со сроком службы более 10 лет;
- пройденных по пластам весьма склонных к самовозгоранию;
- с обводненными породами.

Специалистами ООО «РАНК 2», более 7 лет назад, была разработана ампула минеральная композиционная АМК для закрепления анкеров и широко применяется на угольных шахтах и рудниках России (ООО «Шахта Байкаимская», закреплено более 20 км выработок; шахта «Владимирская»; рудники «Холбинский», «Ирокинда», «Хужир» и др.). В настоящее время ампулы эффективно применяются в различных условиях, тем не менее, для увеличения скорости установки сталеминеральной анкерной крепи, была разработана ампула минеральная композиционная двухкамерная (далее по тексту – АМК ДК). При использовании ампул АМК ДК исключаются за-

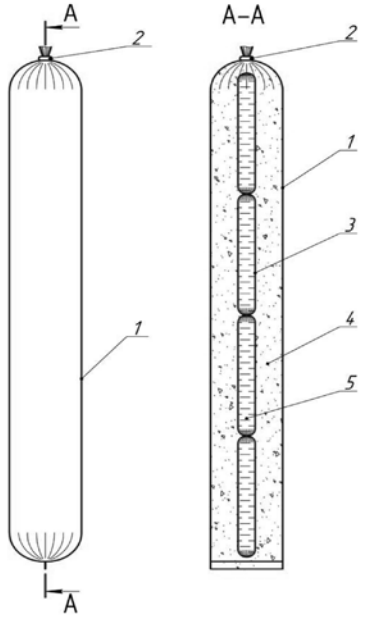

Рис. 1. Общий вид ампулы АМК ДК: 1 – внешняя оболочка; 2 – клипса; 3 – оболочка внутренней камеры; 4 – минеральная композиция; 5 – внутренние секции с жидким отвердителем

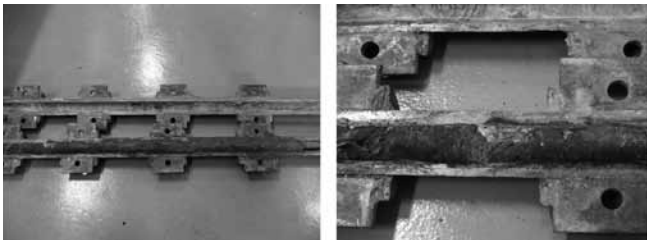

Рис. 2, 3. Закрепляющая втулка, образованная ампулами АМК ДК, после испытаний анкера в лабораторных условиях

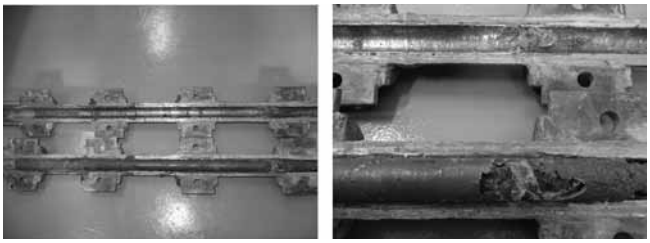

Рис. 4, 5. Закрепляющая втулка, образованная полимерными ампулами, после испытаний анкера в лабораторных условиях

траты времени на замачивание ампул в воде перед установкой в шпур, что позволяет значительно снизить трудоемкость проходческих работ и сократить время на крепление выработок в целом, также разработчиками ампулы был уменьшен срок гидратации состава минеральной композиции (до 30 мин.) по сравнению с прототипом (до 24 часов). Состоит ампула из внешней оболочки *1* с минеральной композицией *4* и оболочки внутренней камеры *3*, заполненной жидким отвердителем *5* (рис. 1). Оболочка внутренней камеры *3* разделена на герметичные секции термошвом, что позволяет при установке анкера качественно и равномерно смачивать минеральную композицию, для обеспечения отверждения состава по всей длине закрепляющей втулки [2, 3]. Благодаря тому, что состав равномерно перемешивается с отвердителем в процессе установки, гидратация минеральной композиции протекает по всему объему закрепляющей втулки и увеличивает прочность закрепления анкера в короткие сроки [4, 5, 6].

Технология установки анкера на АМК ДК:

- бурится шпур диаметром 27–30 мм;
- ко дну шпура до упора досылается необходимое количество ампул;
- к анкеру с помощью переходника-вращателя присоединяется анкероустановщик;
- с помощью станка, путем равномерного вращения и подачи, анкер устанавливается в проектное положение, в течение 8–10 сек. Ожидание отверждения состава ампул не требуется;
- на муфту надевается опорный элемент и производится предварительное натяжение анкера путем затягиванием гайки.

Одним из главных достоинств АМК ДК является то, что в случае самовозгорания угля или пожара в шахте, закрепляющая втулка сохраняет несущую способность анкерной крепи, за счет негорючести минерального состава, что делает ее незаменимой при использовании в условиях отработки угольных пластов склонных и весьма склонных к самовозгоранию. Термостойкость состава разработанной смеси, без снижения прочности, составляет не менее 600 °С что в 4 раза больше по сравнению с полимерными ампулами где точка плавления 165 °С, а точка воспламенения 300 °С [7]. Реологические свойства минерального состава закрепляющей втулки из ампул АМК ДК (рис. 2, 3) со временем не меняются по сравнению с полимерными составами, где прочность закрепляющей втулки (рис. 4, 5) в шахтных условиях начинает снижаться уже на 2-й год эксплуа-

тации за счет усадки [7]. При установке анкеров на две минеральные ампулы длиной 450 мм (суммарная длина ампул, 900 мм [1]) и на две полимерные ампулы длиной 470 мм (суммарная длина ампул, 940 мм) в лабораторных условиях, в искусственный шпур диаметром 30 мм, было установлено, что фактическая длина закрепляющей втулки составляет:

• более 900 мм (рис. 6, 7) с применением АМК ДК;

• менее 800 мм при установке анкера на полимерные ампулы (рис. 8, 9).

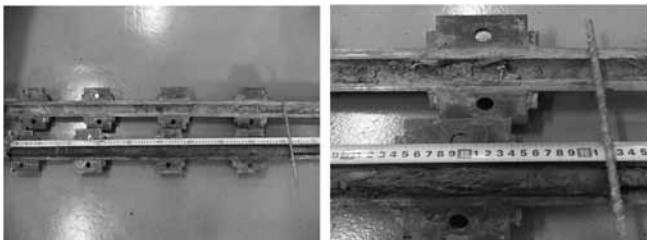

Рис. 6, 7. Фактическая длина закрепляющей втулки, образованная ампулами АМК ДК (суммарная длина ампул 940 мм)

Рис. 8, 9. Фактическая длина закрепляющей втулки, образованная полимерными ампулами (суммарная длина ампул 940 мм)

Установка анкеров на полимерные ампулы сопровождается выделение в горные выработки токсичных веществ (паров стирола), что отрицательно влияет на здоровье горняков. Напротив, при установке анкеров с использованием ампул АМК ДК подобные риски полностью исключены. Этот фактор особо актуален в условиях слабо проветриваемых и тупиковых горных выработок.

Основные технические преимущества ампулы АМК ДК по сравнению с полимерной ампулой представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические преимущества ампулы АМК ДК

Показатели	Минеральная ампула АМК ДК	Полимерная ампула
Выделение токсичных испарений	-	+
Надежность закрепления анкеров	+	+
Закрепляющий материал не горит и не поддерживает горение	+	–
Обеспечение расчетной несущей способности анкера через 30 минут после закрепления	+	+
Работоспособность анкерной крепи в горных выработках с длительным сроком службы (пять лет и более)	+	Необходимо проводить периодические испытания на несущую способность
Операция перемешивания состава ампул в шпуре	Отсутствует	Обязательна
Срок хранения ампул	12 месяцев	до 6 месяцев
Температура хранения ампул	-50 °С – +50 °С	+4 °С – +20 °С;
Работоспособность в обводненных породах	+	–

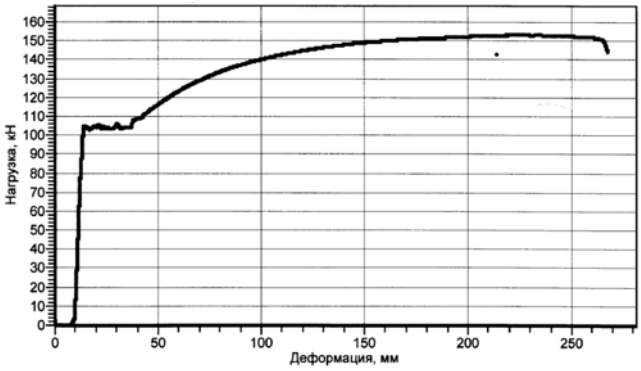

Рис. 10. Нагрузочная характеристика анкера АКМ 20.01–01, закрепленного на ампулы АМК ДК через 30 мин. с момента установки

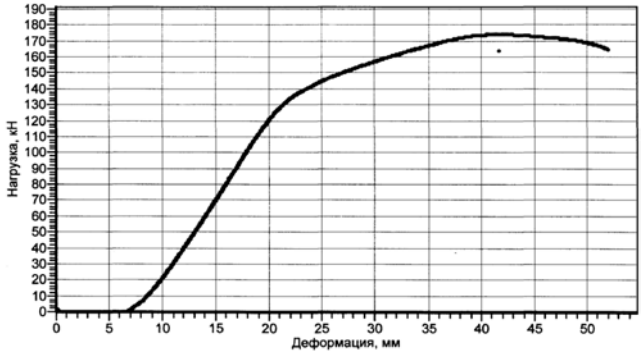

Рис. 11. Нагрузочная характеристика анкера А20В (АКМ АВ), закрепленного на ампулы АМК ДК через 30 мин. с момента установки

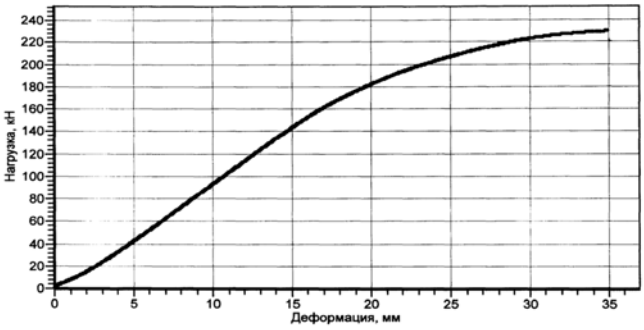

Рис. 12. Нагрузочная характеристика канатного анкера АК01, закрепленного на ампулы АМК ДК через 30 мин. с момента установки

Ампулы АМК ДК эффективно применяются как для закрепления стальных анкеров (типа АКМ АВ, А20В и др.), так комбинированных (типа АКМ 20.01) и канатных (типа АК01, АК02, АК01–25). Также с помощью АМК ДК выполняется бесфундаментный монтаж ленточных конвейеров на анкеры, в выработках с обводненными, или слабыми вмещающими породами почвы [8] и монтаж подвесных монорельсовых дорог на анкеры АК01–121 и АК01–25.

Специалистами ООО «РАНК 2» проведены лабораторные и шахтные испытания прочности закрепления ампулами АМК ДК, стальных, комбинированных и канатных анкеров, а так же несущей способности крепи. Результаты лабораторных испытаний показаны на (рис. 10, 11, 12) и в табл. 2. Результаты шахтных испытаний показаны в табл. 3.

Также в лабораторных условиях был испытан канатный анкер АК01–25 закрепленный на ампулы АМК ДК, суммарной длиной 1350 мм, с целью проверить работоспособность крепи в условиях эксплуатации подвесной монорельсовой дороги. Моделирование циклических нагрузок создавалось гидравлическим прессом ИП-500-авто в пределах 25–75 кН. Нагрузочная характеристика при 250 циклах представлена на рис. 13.

После проведения испытаний (250 циклов) при раскрытии искусственного шпура, было выявлено, что под действием циклических нагрузок на канатный анкер АК01–25, установленный на

ампулы АМК ДК, разрушений и изменения длины закрепляющей втулки не происходит, что подтверждает работоспособность ампул в шпурах при циклических нагрузках на канатный анкер.

Кроме того, ампулы АМК ДК были испытаны в условиях обводненности пород кровли с водопритоком из шпура, до 3 литров в минуту, в условиях ОАО «Ургалуголь» и ОАО «Приморскуголь» ШУ «Восточное». После установки анкерной крепи на минеральные ампулы АМК ДК водоприток из шпура прекратился. Проведенные испытания показали работоспособность и эффективность применения ампул АМК ДК для крепления анкеров в условиях обводненных пород.

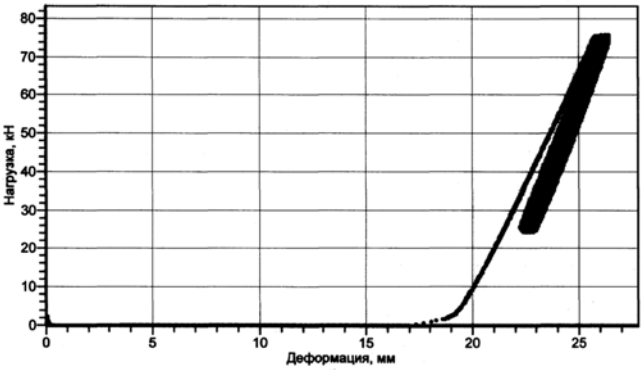

Рис. 13. Нагрузочная характеристика анкера АК01–25, закрепленного на ампулы АМК ДК при циклических нагружениях (250 циклов)

Выводы

По результатам лабораторных и шахтных испытаний закрепления различных конструкций анкеров ампулы АМК ДК обеспечили:

• надежное закрепление анкеров различных видов в углепородном массиве;

Таблица 2

Результаты лабораторных испытаний различных конструкций анкеров на ампулы АМК ДК

Основные технологические показатели	Типы анкеров		
	АКМ 20.01–01	**А20В**	**АК 01**
Количество ампул АМК ДК, L-450, мм	2	2	3
Предварительное натяжение анкеров на гидравлическом прессе ИП 500, сразу после установки анкеров, кН	20	20	20
Время ожидания после установки анкера до проверки несущей способности, мин.	30	30	30
Максимальная нагрузка на анкер, кН	153	175	230
Примечания	В результате испытаний, анкер воспринял нагрузку до 105 кН, после чего стержень анкера начал удлиняться без потери несущей способности, при нагрузке 153 кН произошел обрыв стержня анкера	В результате испытаний анкер выдержал нагрузку до 175 кН, после чего сорвало резьбу на стержне анкера.	В результате испытаний, анкер анкер выдержал нагрузку до 230 кН, после чего произошел обрыв жилы каната.

Таблица 3

Результаты шахтных испытаний различных конструкций анкеров, установленных на ампулы АМК ДК в условиях шахты ООО «Шахта Байкаимская» и ОАО «СУЭК – Кузбасс» ПЕ шахта «Комсомолец»

Основные технологические показатели	**Типы анкеров**	
	АКМ 20.01–01	**А20В (АКМ АВ)**
Количество ампул АМК ДК, L-450 мм	2	2
Предварительное натяжение анкеров, сразу после установки, кН	20	20
Время после установки до испытания на прочность закрепления, мин.	30	30
Максимальная нагрузка на анкер, кН	100	140
Смещения стержня анкера в шпуре, мм	нет	нет
Примечания	Суммарное время установки анкера (без бурения) на минеральную ампулу составило 12 сек., по сравнению с полимерной 40 сек.*	
Выводы	Фактическая несущая способность подтвердила необходимую прочность закрепления анкера	Фактическая несущая способность подтвердила необходимую прочность закрепления анкера

• эффективность крепления выработок в условиях обводненных пород;

• удобство использования при креплении горных выработок;

• надежность закрепления анкеров для монтажа подвесных монорельсовых дорог и отсутствие снижения прочности закрепления от воздействия циклических нагружений.

Как показал анализ результатов лабораторных и шахтных испытаний, ампулы АМК ДК обеспечивают прочность закрепления анкерной крепи при различном характере нагрузки на нее и являются достойной альтернативой полимерным ампулам при наличии преимуществ по ряду показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.02.2014 № 31354). http://minjust.consultant.ru/page.aspx?1094937 (дата обращения 01.12.2014).

2. *Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж.* Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение / Под ред. В.Б. Ратинова; пер. с англ. Т.И. Розенберг, Ю.Б. Ратиновой. – М.: Стройиздат. 1986. – 278 с.

3. *Касторных Л.И.* Добавки в бетоны и строительные растворы; Учебно-справочное пособие; 2-е изд. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 221 с.

4. *Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. и др.* Добавки в бетон: Справ. пособие / Под ред. В.С. Рамачандрана; пер. с англ. Т.И. Розенберг, С.А. Болдырева. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.

5. *Брыков А.С.* Гидратация портландцемента: учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2008. – 30 с.

6. *Брыков А.С.* Силикатные растворы и их применение: учебное пособие. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 54 с.

7. *Магдыч В.И., Утиралов О.А.* Крепление горных выработок угольных шахт сталеминеральной анкерной крепью / Под ред. В.В. Сенкуса. – Новосибирск: Наука, 2007. – 148 с.

8. *Еременко В.А., Разумов Е.А., Заятдинов Д.Ф.* Современные технологии анкерного крепления // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 12. – С. 38–45. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Заятдинов Дамир Фанисович – заместитель директора по перспективному развитию, ООО «РАНК 2», *e*-mail: kom.info@rank42.ru,
Гречишкин Павел Владимирович – кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт угля СО РАН, *e*-mail: iuu@icc.kemsc.ru,
Позолотин Александр Сергеевич – кандидат технических наук, директор по перспективному развитию, *e*-mail: pozolotinas@rank42.ru, ООО «РАНК 2»,
Роут Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, старший преподаватель, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, Горный институт, *e*-mail: rector@kuzstu.ru.

UDC 622.831; 622.2; 622.235

TESTS DATA FOR DIFFERENT ROCK BOLTS INSTALLED WITH TWO-BARREL MINERAL COMPOSITIONS CAPSULE AMK DK

Zayatdinov D.F., Deputy Director for Prospect Development, LLC «RANK 2», 650000, Kemerovo, Russia, *e*-mail: kom.info@rank42.ru,
Grechishkin P.V., Candidate of Technical Sciences, Researcher, Institute of Coal of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, 650065, Kemerovo, Russia, *e*-mail: iuu@icc.kemsc.ru,
Pozolotin A.S., Candidate of Technical Sciences, Director for Prospect Development, *e*-mail: pozolotinas@rank42.ru, LLC «RANK 2», 650000, Kemerovo, Russia,
Rout G.N., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Mining Institute of Kuzbass State Technical University named after T. Gorbachev, 650026, Kemerovo, Russia, *e*-mail: rector@kuzstu.ru.

The author reports the laboratory and mine tests of different design rock bolts installed using two-barrel mineral composition capsules AMK DK. This combination ensures efficient fixation of rock bolts in roof and walls of an underground excavation with higher safety of mining in various ground conditions.

Key words: steel-mineral roof bolting, mineral composition, two-barrel capsule, installation technology, fastening sleeve, steel and combination rock bolts, cable bolts.

REFERENCES

1. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti «Instruktsiya po raschetu i primeneniyu ankernoi krepi na ugol'nykh shakhtakh», available at: http://minjust.consultant.ru/page.aspx?1094937 (accessed 01.12.2014).
2. Ramachandran V., Fel'dman R., Boduen Dzh. *Nauka o betone: Fiziko-khimicheskoe betonovedenie*. Pod red. V.B. Ratinova; per. s angl. T.I. Rozenberg, Yu.B. Ratinovoi (Physicochemical science on concrete , Ratinov V.B. (Ed.), Rozenberg T.I., Ratinova Yu.B. (English–Russian translation)), Moscow, Stroiizdat, 1986, 278 p.
3. Kastornykh L.I. *Dobavki v betony i stroitel'nye rastvory*; uchebno-spravochnoe posobie (Additives for concrete and mortars, training and reference manual, 2nd edition), Rostov-na-Donu: Feniks, 2007, 221 p.
4. Ramachandran V.S., Fel'dman R.F., Kollepardi M. *Dobavki v beton: Sprav. posobie*. Pod red. V.S. Ramachandrana; per. s angl. T.I. Rozenberg, S.A. Boldyreva (Additives in concrete: reference aid. Ramachandran V.S. (Ed.), Rozenberg T.I., Boldyrev S.A. (English–Russian translation)), Moscow, Stroiizdat, 1988, 575 p.
5. Brykov A.S. *Gidratatsiya portlandtsementa: uchebnoe posobie* (Hydration of Portland cement. Educational aid), Saint-Petersburg, SPbGTI(TU), 2008, 30 p.
6. Brykov A.S. *Silikatnye rastvory i ikh primenenie: uchebnoe posobie* (Silicate mortars and application. Educational aid), Saint-Petersburg, SPbGTI(TU), 2009, 54 p.
7. Magdych V.I., Utiralov O.A. Kreplenie gornykh vyrabotok ugol'nykh shakht stalemineral'noi ankernoi krep'yu. Pod red. V.V. Senkusa (Steel-mineral roof bolting in coal mines. Senkus V.V. (Ed.)), Novosibirsk, Nauka, 2007, 148 p.
8. Eremenko V.A., Razumov E.A., Zayatdinov D.F. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2012, no 12, pp. 38–45.