

УДК 614.841.332

В. А. Уварова, А. И. Фомин

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ АМПУЛ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ

Как правило, для химического крепления анкеров в массиве горной выработки используются сталеполимерные или композитно-полимерные анкеры, которые состоят из анкера, представляющего из себя твердый стальной или композитный стержень и химической ампулы. Химическая ампула – это двухсекционная полиэтиленовая оболочка, в одной из секций которой содержится смола в жидком виде, в другой секции – отвердитель, также в жидком виде.

При закреплении анкеров химическим составом (рис. 1) [1] в предварительно пробуренный шпур вводится необходимое количество ампул с химическим содержимым (смола и отвердитель), а затем стержень, вращаемый с помощью сверла и подаваемый ко дну шпура. Оболочка ампул разрывается, их содержимое перемешивается. После затвердевания химического состава и закрепления анкера устанавливают опорную шайбу, создают предварительное натяжение гайкой.

Ампулы химического крепления представляют собой двухкомпонентные составы, в полиэтиленовой двухсекционной оболочке, в одной из секций которой содержится отвердитель, а в другой полимерная смола в чистом виде либо с минеральным наполнителем. Оба компонента находят-

ся в жидком виде, а герметичная полиэтиленовая оболочка выступает в качестве защиты от преждевременного отверждения. В качестве связующего используются смолы различного химического состава: полиуретановые, полиэфирные, полистирольные, фенолформальдегидные. Химический состав отвердителей также разнообразен, это, например, 50% паста пероксида бензоила в дибутилфталате или трикрезилфталате или 60% раствор метилэтилкетона в диметилфталате [2]. В качестве наполнителей применяют инертную пыль, минеральные вещества и цемент. Принцип действия полимерного анкера заключается в том, что крепление стержня из металла осуществляется путем введения его в ампулу из синтетической смолы, которая затвердевает в процессе перемешивания ее химических компонентов, глубоко проникает в поры соединяемого основания и удерживает стержень в горной массе. Различные составы имеют разную продолжительность схватывания, однако в целом она составляет от нескольких часов до суток.

Характерной особенностью технологий химического анкерования является то, что составы привносятся в горную выработку в жидком виде и процесс перемешивания химических составов

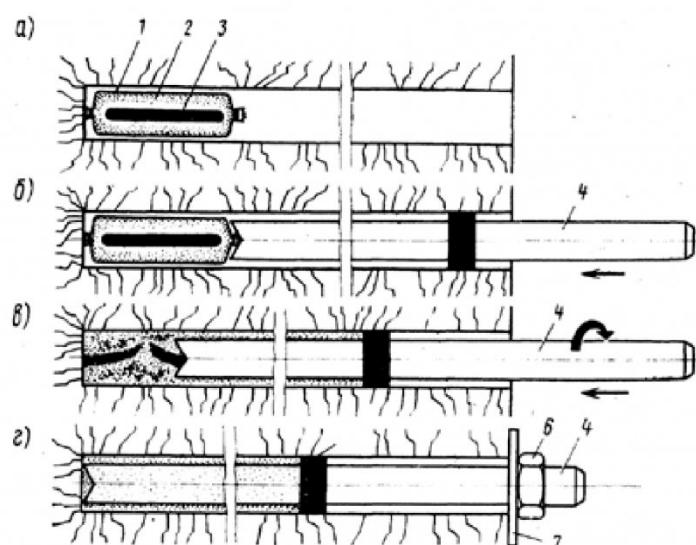


Рис. 1. Схема закрепления анкера в шпуре с помощью химического состава:

а – введение химической ампулы в шпур; б – введение анкера в шпур; в – перемешивание состава в шпуре путем вращения анкерного стержня; г – закрепленный анкер с опорной шайбой; 1 – полиэтиленовая оболочка ампулы; 2 – смесь связующего (смолы и минерального наполнителя); 3 – отвердитель, заключенный во внутреннюю полиэтиленовую или стеклянную оболочку, 4 – анкерный стержень; 5 – уплотнительное кольцо; 6 – натяжная гайка; 7 – плоский опорный элемент

происходит непосредственно на рабочем месте проходчика. При этом в воздух рабочей зоны могут выделяться как исходные компоненты отвердителя и наполнителя ампулы, так и вещества, образующиеся при их взаимодействии друг с другом.

Для того, чтобы определить возможный состав токсичных веществ, образующихся при смешивании компонентов химической ампулы, был произведен следующий эксперимент (рис. 2).

В герметичный сосуд 1, объемом 0,001 м<sup>3</sup>, из крышки 2 которого была выведена резиновая трубка 3 с двухходовым краном 4, помещали стеклянную пробирку 5 с компонентами ампулы 6 в количестве 30 мл с процентным содержанием отвердителя и наполнителя согласно рецептуре данной ампулы (1: 2; 1:1,5; 1:1). Компоненты ампулы перемешивали в пробирке, в течение 30с. По истечении 0,1; 1; 4; 24, и 48 часов через двухходовой кран отбирали газовые пробы для качественного и количественного анализа. Анализ газовых проб осуществлялся на хроматографах «Кристалл-2000», «Кристалл Люкс 4000М», фотоэлектроколориметре, портативном газоанализаторе «Комета».

Важнейшие контролируемые вещества в горных выработках это метан, оксид и диоксид углерода, а также водород. Поэтому в состав определяемых газов были включены эти вещества, а также те вещества, которые были указаны в технической документации на ампулы табл. 1

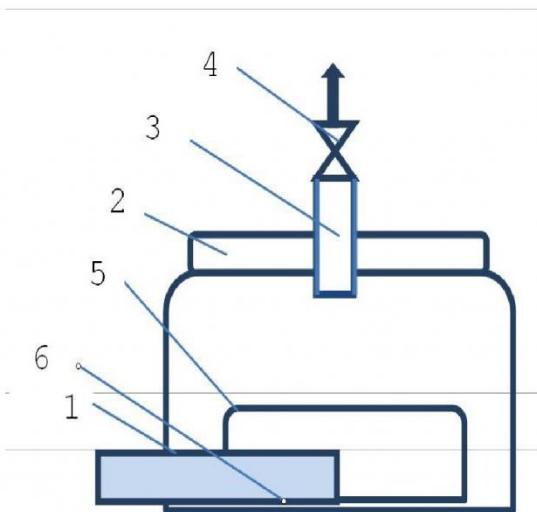


Рис. 2. Схема проведения эксперимента по определению состава газов при смешивании компонентов ампул химического крепления: 1 – герметичный сосуд; 2 – крышка; 3 – резиновая вакуумная трубка; 4 – двухходовой кран, 5 – стеклянная пробирка; 6 – компоненты ампулы

В табл. 2 представлены качественный и количественный состав веществ, образующихся при смешивании компонентов ампул химического крепления, а также удельное газовыделение  $Q_i$ .

$$Q_i = \frac{C_i}{M \cdot V \cdot t},$$

Таблица 1. Вещества, контролируемые при газовыделении из ампул

по ГН 2.2.5.1313-03	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	ное агрегатное состояние в воздухе в условиях	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	2	3	4	5	6	7	8
1210	Метан	74-82-8	CH <sub>4</sub>	7000	п	4	
2057	Углерод оксид	630-08-0	CO	20	п	4	O
7.*	Углерода диоксид	124-38-9	CO <sub>2</sub>	27000/9000	п	4	
2108	Формальдегид	50-00-0	CH <sub>2</sub> O	0,5	п	2	O, A
592	Гидроцианид	74-90-8	CHN	0,3	п	1	O
525	Гидроксибензол (фенол)	108-95-2	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	1/0,3	п	2	
-	Водород			не нормируется			
166	Аммиак	7664-41-7	NH <sub>3</sub>	20	п	4	
1270	1,1'-Метиленбис(4-изоцианатбензол)	101-68-8	C <sub>15</sub> H <sub>10</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,5	п+а	2	A
2320	Этенилбензол (стирол)	100-42-5	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub>	30/10	п	3	
976	Три(проп-1-енил)амин <sup>+</sup>	102-70-5	C <sub>9</sub> H <sub>15</sub> N	2	а	3	
1569	2,2'-Оксидиэтанол (диэтиленгликоль)	111-46-6	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O <sub>3</sub>	10	п+а	3	

\* – по ГН 2.2.5.2100-06 (Дополнение № 2 к ГН 2.2.5.1313-03)

Таблица 2. Удельное газовыделение при смещивании компонентов ампул химического крепления анкеров

№ п/ п	Наимено- вание ампулы	Интер- вал отбо- ра проб, час	Удельное газовыделение, мг/(г · час)							
			Оксид углеро- да	Диоксид углерода	Водо- род	Аммиак	4,4- Дифенил метан- диизо- цианат*	Фенол	Фор- маль- дегид	Стирол
1	Marisil E	0,1	-	$3 \cdot 10^{-2}$	-	$6,0 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	-
		1	-	$2,4 \cdot 10^{-2}$	-	$9,0 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-
		4	-	$2,0 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-
		24	-	$2,5 \cdot 10^{-4}$	-	$2,0 \cdot 10^{-8}$	-	-	-	-
		48	-	$1,0 \cdot 10^{-4}$	-	$3,7 \cdot 10^{-8}$	-	-	-	-
2	Maritan NP	0,1	-	7,7	-	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-6}$	-	-	-
		1	$0,4 \cdot 10^{-3}$	1,7	-	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	-	-	-
		4	-	0,7	-	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	-	-	-
		24	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	-	$7,0 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-
		48	-	$2,7 \cdot 10^{-2}$	-	$2,0 \cdot 10^{-7}$	-	-	-	-
3	Mariflex S/GE-20	0,1	-	$16,3 \cdot 10^{-1}$	-	-	-	$8,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	-
		1	-	$32,6 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	-
		4	-	$10,8 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-6}$	-
		24	-	$2,8 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	-
		48	-	$1,0 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	-
4	Jetroc	0,1	-	$2,0 \cdot 10^{-2}$	-	$4,6 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-
		1	-	$0,2 \cdot 10^{-2}$	-	$4,5 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-
		4	-	$6,7 \cdot 10^{-3}$	-	$1,6 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-
		24	-	$1,0 \cdot 10^{-3}$	-	$3,6 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	-
		48	-	$0,9 \cdot 10^{-3}$	-	$2,2 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	-
5	Fenoflex K	0,1	-	$2,7 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$	-
		1	-	$2,1 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	-
		4	-	$7,0 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	$4,3 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	-
		24	-	$1,1 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	-
		48	-	$8,8 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$6,6 \cdot 10^{-7}$	-
6	Bevedol- Bevedan	0,1	-	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	-
		1	-	$1,7 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	-	-	-
		4	-	$3,3 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	-
		24	-	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	-	-
		48	-	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$	-	-	-	-	-
7	АПУ- 1300	0,1	-	$2,7 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	-	-	$1,6 \cdot 10^{-3}$
		1	-	$2,1 \cdot 10^{-3}$	-	-	-	-	-	$1,8 \cdot 10^{-3}$
		4	$9,1 \cdot 10^{-7}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	-	$2,0 \cdot 10^{-3}$
		24	$3,8 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	-	$2,5 \cdot 10^{-4}$
		48	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$

где  $Q_i$  – удельное газовыделение  $i$ -го газообразного компонента, мг/(г · час);  $C_i$  – концентрация  $i$ -го газообразного компонента, мг/м<sup>3</sup>;  $M$  – масса материала, г;  $V$  – объем воздуха в сосуде, м<sup>3</sup>,  $t$  – время, час.

Как видно из данных табл. 2, в составе веществ, образующихся при смещивании компонентов ампул химического крепления анкеров, присутствуют водород, аммиак, оксид и диоксид углерода, фенол, формальдегид, 4,4-дифенилметандиизоцианат, стирол, пропан-2-он (ацетон). Это вещества 2-4 класса опасности, острого и аллергического действия, находящиеся в воздухе в виде паров. Метан, гидроцианид, диэтиленгликоль и триэтиламин при анализе продуктов газовыделения компонентов ампул не обнаружены. Интенсивность газовыделения по мере отверждения материала снижается.

Таким образом, выявлено, что при установке анкеров с применением ампул химического крепления на рабочем месте проходчика, проводящего данную операцию рабочего цикла, могут образовываться вредные вещества 2-4 класса опасности острого и аллергического действия на организм. Концентрация их на конкретном рабочем месте зависит от количества установленных анкеров, химического состава и рецептуры ампул, а также интенсивности проветривания выработки. Данные, полученные при этом эксперименте, могут учитываться при разработке и совершенствовании рецептуры химических компонентов полимерных ампул, при подборе СИЗ для защиты органов дыхания проходчиков, а также при проведении периодических профосмотров, производственного контроля и специальной оценки рабочих мест по условиям труда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виды временных крепей при горном способе работ/Библиотека/ Строительство метрополитенов/Московское метро [сайт]// URL: [http://www.metro.ru/library/stroitelstvo\\_metroplitenov/487/](http://www.metro.ru/library/stroitelstvo_metroplitenov/487/) (дата обращения 19.12.13)

2. Симонов В.А. и др. Анализ воздушной среды при переработке полимерных материалов/В.А. Симонов, Е.В. Нехорошева. Н.А. Заворовская.-Л.: Химия, 1988.-224 с.: ил.-с 136.

Авторы статьи

Уварова Варвара Александровна канд.техн.наук. ведущий науч. сотр., ОАО «Научный центр ВостНИИ по безопасности работ в горной про- мышленности (ОАО «НЦ Вост- НИИ»). E-mail: <a href="mailto:uvarova.v.a@mail.ru">uvarova.v.a@mail.ru</a>	Фомин Анатолий Иосифович докт. тех. наук. проф. каф. аэрологии, охраны труда и природы Куз- ГТУ, e-mail: <a href="mailto:aotp2012@yandex.ru">aotp2012@yandex.ru</a>
--	--

**УДК 622.4:536**

**А. В. Колмаков, В. А. Колмаков**

### **ПРОГНОЗ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЗДАНИЙ И КАРЬЕРОВ**

Опыт работы показывает, что при жизнедеятельности в некондиционной тепловой воздушной среде человек испытывает до десяти видов аномальных ощущений. Для поддержания комфортных условий затрачиваются большие средства. В связи с этим прогноз тепла в различных объектах жизнедеятельности имеет большое значение.

В настоящее время в мировой практике применяются различные методы определения микроклимата в поверхностных зданиях и шахтах (объектах), основанные на разных критериях оценки их эффективности. Для оценки эффективности методов действия на человека микроклимата принимаются следующие критерии: катаградус в Германии и России; температура: эффективная – в Бельгии; оперативная – в США; результативная – во Франции; величина теплового баланса – в США и др.

Опыт показывает, что эффективность микроклимата любого объекта определяется следующими основными факторами: температурой, скоростью движения воздуха, его влажностью и барометрическим давлением. Каждый из этих факторов имеет свою природу, но действуют они в синергизме и оказывают различное влияние на окружающую среду и человека.

Поэтому в качестве критерия для оценки тепловой эффективности микроклимата объектов жизнедеятельности авторами статьи принят интерактивный тепловой поток, как комплексный показатель.

Следует отметить, что в мировой практике теплового кондиционирования воздуха до сих пор не было метода прогноза интерактивных тепловых

потоков. Трудность этого объясняется наличием различных способов теплопереноса кондукцией, конвекцией, тепловой радиацией и их сложным сочетанием.

В настоящее время в научно-технической литературе рассматриваются три основных вида сложного тепломассопереноса: радиационно-кондуктивный, радиационно-конвективный и комбинированный. Анализ показывает, что полная система уравнений, описывающая сложный тепломассоперенос, включает в себя дифференциальные и интегродифференциальные уравнения и не может быть решена аналитически. Даже при частном решении этих уравнений применяются такие упрощения, которые позволяют получить лишь приближенный, оценочный характер процессов сложного переноса тепла.

Кроме того, решение задач сложного тепломассопереноса осложняется интерактивным характером изменения тепла\* в объектах исследования. Под интерактивным (interaktion – взаимодействие) понимается тепловой поток, обеспечивающий постоянное взаимодействие между окружающей средой и человеком для создания безопасных и комфортных условий жизнедеятельности системы окружающей среды и человека. В общем случае протекание тепловых процессов происходит во времени, поэтому они делятся на стационарные и нестационарные. При этом каждый процесс имеет свойственную ему величину теплового потока и характер протекания, которые зависят от целого ряда внешних и внутренних факторов.

Автором установлено, что при сложном теп-