

УДК 622 235.22:622.235.3

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫМ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМ ВВ

*Калякин С.А., к.т.н., доц., Лабинский К.Н., к.т.н., доц.
Донецкий национальный технический университет
Украина, г. Донецк, 83000, ул. Артема, д. 58
E-mail: yglenit@gmail.com
Терентьева Е.В., инж., аспирант
Макеевский научно-исследовательский институт*

Современные ПВВ содержат в своем составе очень токсичные сенсibilизаторы детонации, что делает их экологически небезопасными. В статье рассмотрены основы создания экологически чистых ПВВ и обоснование технических требований к ним. Основным путем улучшения свойств уже существующих ПВВ является повышение герметичности патронов, а разработка новых составов должна исключать наличие в них токсичных для человека сенсibilизаторов и базироваться на использовании предохранительных эмульсионных ВВ.

Ключевые слова: сенсibilизатор, токсичность, предохранительные ВВ, эмульсионные ВВ.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ЗАПОБІЖНИХ ВР

*Калякин С.А., к.т.н., доц., Лабинский К.Н., к.т.н., доц.
Донецкий национальный технический университет
Украина, г. Донецк, 83000, ул. Артема, б. 58
E-mail: yglenit@gmail.com
Терентьева Е.В., инж., аспирант
Макеевский научно-исследовательский институт*

Сучасні запобіжні вибухові речовини (ЗВР) містять у своєму складі дуже токсичні сенсibilізатори детонації, що робить їх екологічно небезпечними. У статті розглянуті основи створення екологічно чистих ЗВР та обґрунтування технічних вимог до них. Основним шляхом покращення властивостей вже існуючих ЗВР є підвищення герметичності патронів, а розробка нових складів повинна виключати наявність у них токсичних для людини сенсibilізаторів та базуватися на використанні запобіжних емульсійних ВР.

Ключові слова: сенсibilізатор, токсичність, запобіжні ВР, емульсійні ВР.

GROUNDING OF THE TECHNICAL REQUIREMENTS TO THE ENVIRONMENTALLY CLEAR PERMISSIBLE EXPLOSIVES

*Kalyakin S.A., Cand.Sci.(Tech.), Assoc. Prof., Labinskiy K.N., Cand.Sci.(Tech.), Assoc. Prof.
Donetsk National Technical University
Artema Str., 58, Donetsk, 83000
E-mail: yglenit@gmail.com
Terentieva E.V., engineer, postgrad.
Makeyevka Scientific-Research Institute*

The modern permissible explosives contain toxic sensibilizers of detonation that makes them dangerous for the environment. The basics of creation of environmentally clear explosives are considered. The technical requirements of such explosives are grounded. The main way of improvement of properties of existing explosives is increasing the hermeticity of explosives' cartridges. The developing of new compositions must to except toxic sensibilizers and be based on the using of permissible emulsion explosives.

Key words: sensibilizator, toxicity, permissible explosives, emulsion explosives.

Введение. При взрывных работах в опасных по газу и взрывам угольной пыли условиях шахт допущены к применению специальные предохранительные взрывчатые вещества (ПВВ). При их применении в сложных горно-геологических условиях залегания пластов с высокой температурой пород (до 50⁰С) и плохо проветриваемыми забоями горных выработок имеет место токсичное действие на организм человека не только продуктов взрыва ВВ, но и сильно токсичных ингредиентов их состава. Так, содержащиеся в составе ПВВ нитроэффиры (смесь нитроглицерина с динитратом диэтиленгликоля) и тро-

тил, которые, согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ГОСТ 12.1.007-76 относятся к I и II классу опасности по токсичному действию на человека, делают эти ВВ экологически опасными.

Анализ предыдущих исследований. Современные типы ПВВ, допущенные к применению в угольных шахтах Украины, представлены тротилосодержащими аммонитами ПВВ III и IV класса и нитроэфирсодержащими угленитами V..VII классов. Эти ВВ экологически небезопасные и токсичные для человека, т.к. содержат вышеупомянутые сенсibilизаторы. Как только нитроглицерин начал приме-

няться в промисловому виробництві динаміта і інших ВВ, було відмічено, що робітники, заняті на виробництві, испытывали головні болі, потіння, почервоніння обличчя, артеріальну гіпотензію, серцебиття і головокружіння. Нітроглицерин потрапляє в організм людини через дихальні шляхи і шкіру. Робітники, заняті на виробництві нітроглицеринових ВВ і при їх використанні, испытывали серйозне гіпотензивне дієння, серед них почали траплятися випадки раптової смерті. Спочатку ці випадки ніхто не відносив до професійної діяльності людей. Однак в 1952 році спеціальними дослідженнями в США була встановлена взаємозв'язок між численними випадками смерті робітників, професійна діяльність яких була пов'язана з нітроглицериновими ВВ і хронічними отруєннями людей нітроэфірами. Оказалося, що тривале вплив нітроглицерина на організм людини призводить до фатального колапсу. Тринітотолуол (тротил) також представляє собою речовину сильнотоксичну і небезпечну для людини. Тротил уражає кров, печінку, нирки і мозок людини, поглинається людиною при контакті з шкірою і при вдиханні його пилі. Довготривале дієння тротила на організм призводить до його кумулятивному дієнню і отруєнню людини продуктами метаболізму, виникаючими при розпаді тротила. Тому ПВВ повинні бути не токсичними для людини. Для цього необхідно розробити спеціальні екологічно чисті ПВВ і технічні вимоги до них. Розв'язання цих проблем є важливим питанням в захисті праці робітників і підвищенні безпеки вибухових робіт в вугільних шахтах.

Ціль роботи. Розробка технічних вимог до екологічно безпечних ПВВ і обґрунтування шляхів створення чистих (малотоксичних) ВВ для вугільних шахт.

Матеріали і результати досліджень. Аналіз сучасного стану техніки безпеки при вибухових роботах і перспектив розвитку ПВВ для вугільних шахт [1] показав наступне. Особливостями праці шахтарів на глибоких горизонтах шахт слід вважати високу температуру навколишніх горних порід (більше 50⁰С) і складну вентиляцію горних виробіток. При вибухових роботах в цих умовах, як правило, використовують ПВВ IV..VI класів, які містять тротил і легколетучі нітроэфіри. В місцях їх застосування шахтарі піддані хронічному впливу на їх організм тротила і нітроэфірів. При підвищенні температури летучість рідинних нітроэфірів різко зростає. Так, пружність парів нітроглицерина при 20⁰С становить 0,0015 мм.рт.ст., а при 60⁰С – 0,06 мм.рт.ст., т.е. в 40 раз більше. Симптомами токсичного впливу парів є головний біль, похмуріння свідомості, зниження кров'яного тиску, нудота, блювота. За останні 5...10 років на вугільних шахтах, де існують найважчі умови праці, зросло кількість гірничих робітників, загинувших в результаті раптової смерті.

Кількість їх смертей досягла 15% від загальної кількості загинувших в вугільних шахтах. По значимості цей фактор ураження гірничих робітників займає третє місце після загибелі людей на транспорті і підйомі і в результаті вибухів вибухопечної середовища в горних виробітках. В зв'язі з цим, запропоновано два технічних напрямки в розв'язанні даної проблеми. Вони сформульовані в формі технічних вимог до новим екологічно чистим ВВ і ПВВ, раніше дозволеним до застосування в вугільних шахтах.

Перше вимога. Герметизація ПВВ в патронах. Через негерметичність паперової оболонки патронів, які містять нітроэфіросодержачі і тротилосодержачі ВВ, трапляється випаровування парів нітроэфірів з ПВВ і вилітати порошку аммоніта, запобігти яким можна тільки герметизацією оболонки патронів. Цей напрямок за всю історію розробки і застосування ПВВ вже декілька разів практично використовувався. В колишньому Радянському Союзі були розроблені захисні патрони V..VI класів ПВП-1, СП-1 і П12ЦБ-2М. За кордоном в Чехії патрони ПВВ II класу – Остравіта Ц поміщалися в поліетиленову оболонку і представляли собою монозаряд, а в Росії – емульсійні ВВ поміщалися в жорсткі поліетиленові оболонки. Таким чином, існує технічне рішення патронів токсичних для людини ВВ в герметичні поліетиленові оболонки.

Перевірка і обґрунтування параметрів патронів ВВ в герметичних поліетиленових оболонках були проведені в МакНІІ. Їх испытывали на відповідність технічним вимогам до патронів ВВ V і VI класів з підвищеною стійкістю до вигорання [2]. Високозахисні нітроэфіросодержачі ВВ – углиніти 13П (V клас) і 10П (VI клас) патронувалися в поліетиленові оболонки діаметром 37..38 мм, герметичність яких досягалася з допомогою туго закрученої кришечки з поліетилену (рис. 1). Виробляли ці ПВВ на хімічному підприємстві імені Г.І. Петровського, єдиному виробнику углинів 13П і 10П. На испытання в МакНІІ були представлені експериментальні патрони, а також зразки від валових партій углинів 13П і 10П. Методи і методики испытаній ПВВ V і VI класів викладені в технічних вимогах [2]. Испитання углинів в поліетиленових оболонках проводили паралельно з патронами в паперових оболонках, обраних від валових партій. Результати испытаній наведені в табл. 1.

Результати испытаній углинів 13П і 10П в герметичних поліетиленових оболонках показали наступне. Патрунування углинів 13П і 10П в такі оболонки технологічних труднощів не викликало, виділення нітроэфірів при зберіганні і транспортуванні не спостерігалося. Вибухові показники углинів значно покращилися: швидкість детонації 13П зросла на 15,5%, 10П – на 3,7% порівняно з углинітами в

бумажных оболочках, работоспособность увеличилась в среднем на 10..15%. Особенно необходимо отметить увеличение водоустойчивости патронов угленитов в полиэтиленовых оболочках. Их герметизация позволила добиться высокой детонационной способности после выдержки в воде при ее из-

быточном давлении 5...10 атм. Таким образом, герметизация патронов угленитов повысила их водоустойчивость, что позволило в дальнейшем использовать эти патроны при гидровзрывании – самом эффективном и безопасном способе взрывания ВВ в угольных шахтах.



Рисунок 1 – Герметичный патрон угленита в полиэтиленовой оболочке

Таблица 1 – Технические показатели угленитов 13П и 10П

Технические показатели ПВВ	Угленит 13П		Угленит 10П	
	патрон в бумажной оболочке	патрон в полиэтиленовой оболочке	патрон в бумажной оболочке	патрон в полиэтиленовой оболочке
Плотность ВВ в патроне, г/см ³	1,21	1,29	1,27	1,28
Скорость детонации, м/с	2327,0	2688,0	1999,0	2073,6
Предохранительные свойства по газу (частота воспламенений): канальная мортира без забойки, предельный заряд – прямое инициирование – 1,0 кг, – обратное инициирование – 0,6 кг, – обратное инициирование – 1,0 кг; угловая мортира с отражательной стенкой на расстоянии 0,6 м – предельный заряд, кг, – 50%-ный заряд, кг	0/10 0/10 - 0,1 0,3	0/10 0/10 - - 0,3 (100% воспл.)	0/10 - 0/10 0,4 0,8	0/10 - 0/10 - 0,6
Полнота детонации заряда из 4 ^x патронов в металлической трубе d = 43 мм	полная	полная	полная	полная
Детонация патронов после выдержки в воде 60 мин, заряд 1,0 кг, избыточное давление P = 0,1 атм P = 0,5 атм P = 5,0 атм P = 20,0 атм	полная неполная - -	- полная полная неполная	полная неполная - -	- полная полная неполная
Работоспособность на 10 TH тонном баллистическом маятнике, мм (заряд 300 г)	142,9	157,8	119,5	137,0

Однако необходимо отметить снижение их уровня предохранительных свойств в метано-воздушной смеси (МВС). Оказалось, что патроны угленита 13П в полиэтиленовых оболочках имеют уровень предохранительных свойств по газу примерно в два раза ниже, чем патроны в бумажных оболочках, уровень патронов угленита 10П ниже в 1,13 раза.

Решение возникшей проблемы снижения уровня предохранительных свойств по газу патронов угленитов в полиэтиленовых оболочках было найдено благодаря наблюдениям за свойствами ВВ при гидровзрывании. Под избыточным давлением воды (до 20 атм) происходит нарушение герметичности полиэтиленовой оболочки в торце патрона, где находится крышечка, вода проникает внутрь и смачивает ВВ. Углениты 13П и 10П содержат в составе натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), которая желатинизируется водой и придает ВВ гелеобразное состояние типа густой, трудно текучей консистенции. Исследования показали, что гелеобразные системы, полученные из угленитов и воды, устойчиво детонируют в монозарядах из патронов в полиэтиленовых оболочках, если содержание воды в составах не превышает 12%. Патроны угленита 13П в полиэтиленовых оболочках, содержащие 8,5..11% воды, были испытаны в угловой mortире, расположенной в МВС. Испытания показали, что патрон массой 347 г не воспламенял МВС, а патрон угленита, не содержащего воду, воспламенял метан массой 200 г. Заряд угленита 13П из двух патронов в полиэтиленовых оболочках общей массой 685 г воспламенял метан с вероятностью в два раза меньшей, чем аналогичный заряд угленита 10П, не содержащего воду. Таким образом, оказалось, что заряды водонаполненного угленита 13П имеют уровень предохранительных свойств, аналогичный уровню ПВВ VI класса. В связи с этим, представляли интерес опыты по определению работоспособности выдержанных в воде патронов угленита, содержащего около 10% воды. Опыты проводили на 10-ти тонном баллистическом маятнике путем взрывания четко подобранных по массе патронов ВВ. Было установлено, что патроны угленита 13П (300 г) в бумажных оболочках дали отклонение маятника 142,9 мм, сухие патроны в полиэтиленовых оболочках – 154 мм, а мокрые с увлажненным угленитом 146 мм. Оказалось, что, несмотря на снижение работоспособности угленитов с водой в патронах с полиэтиленовой оболочкой по сравнению с сухими, все же их работоспособность выше, чем у патронов в бумажных оболочках на 2,2% и это при резком, более чем в 5 раз возрастании предельного заряда. Таким образом, путем патронирования угленитов 13П и 10П в полиэтиленовые оболочки удалось добиться их герметизации и повысить экологическую чистоту, снизив опасность отравления шахтеров нитроэфирами, одновременно решив задачи повышения работоспособности этих ВВ и безопасности их применения во взрывоопасной среде.

Второе требование. Создание ПВВ без нитроэфиров и других токсичных sensibilizаторов. При

внедрении герметизации патронов угленитов их производство станет дороже и цена на такие патроны увеличится. Поэтому кардинальное решение проблемы заключается в разработке экологически чистых ПВВ без содержания в их составе токсичных веществ. Дальнейшие исследования показывают принципиальную возможность создания таких ВВ для угольных шахт. В последние годы решение проблемы создания экологически чистых и безопасных ВВ сводится к разработке эмульсионных ПВВ (ЭВВ).

ЭВВ представляют собой дисперсные системы с поверхностью раздела между двумя несмешивающимися фазами: дисперсионной средой и дисперсной фазой. Для стабилизации и придания эмульсионным ВВ необходимой устойчивости в их состав вводят эмульгаторы. Таким образом, получается, что ЭВВ представляют собой довольно сложные многокомпонентные системы, требующие четкого выполнения техрегламента при их производстве. На сегодняшний день нет точного подхода в реализации тех или иных принципов построения эмульсионных предохранительных ВВ (ЭПВВ). С одной стороны, так получилось потому, что данные системы могут быть чрезвычайно сложными по составу, а с другой, потому, что в полной мере не удается реализовать известные принципы построения ПВВ в связи с их противоречивостью и возникшими трудностями при создании как самих эмульсий, так и ЭПВВ на их основе. С учетом того, что экологически безопасные ПВВ нового поколения будут эмульсионные, рассмотрим наиболее существенные отличия в свойствах между ЭВВ и современными порошкообразными ПВВ. Во-первых, ЭВВ представляют собой высоковязкие системы на основе концентрированных растворов, состоящих из воды, солей-окислителей, горючих компонентов и sensibilizатора. Эти высоковязкие плотные растворы не имеют естественной пористости, как у порошкообразных угленитов и аммонитов. При нагревании они приобретают текучесть, однако не смачивают угольный штыб, который находится в шпурах и может контактировать с ЭВВ. Вследствие наличия воды в ЭВВ, низкоплавкости и текучести их растворов, отсутствия у них естественной пористости и высокой термостабильности, эти ВВ обладают низкой горючестью и их смеси с угольным штыбом не горят. Поэтому данные ВВ обладают высокой устойчивостью против выгорания и, в отличие от обычных типов ПВВ, не требуют применения специальных добавок, снижающих поджигаемость (горючесть). Во-вторых, ЭВВ не содержат мощных sensibilizаторов из бризантных ВВ (тротил, гексоген, нитроэфиры). Их высоковязкие концентрированные растворы обладают крайне низкой детонационной способностью и восприимчивостью к детонации. Sensibilizация этих ВВ осуществляется не за счет применения мощных чувствительных к детонации ВВ, а специальными технологическими приемами. Наиболее широко используемые приемы sensibilizации ЭВВ заключаются в аэрировании

их растворов с помощью специальных газогенерирующих добавок или принудительным созданием микропор с помощью полых стеклянных или полимерных микросфер. Таким образом, получается, что детонационная способность ЭВВ достигается оптимальным регулированием их плотности с помощью микропор, которые в детонационной волне являются центрами – «горячими» точками инициирования взрывной реакции. В-третьих, наличие воды в составе ЭВВ при взрыве его заряда приводит к интенсивному парообразованию и снижению температуры продуктов взрыва, вследствие чего эти ВВ имеют сравнительно низкую температуру продуктов взрыва. Вместе с тем, пока не удалось достичь у этих ЭПВВ такого высокого уровня предохранительных свойств, как у нитроэфиросодержащих ПВВ V...VII классов.

Развитие научных принципов и положений теории ингибирования взрывоопасных смесей позволяет при разработке ЭПВВ решать следующие технические задачи.

Выбор соли-ингибитора основан на выполнении трех положений, отвечающих за эффективные условия ингибирования МВС при взрыве в ней заряда ПВВ. Первое положение требует, чтобы концентрация соли-ингибитора в продуктах детонации ПВВ – C_u была всегда не меньше, чем флегматизирующая МВС концентрация ингибитора – C_ϕ :

$$C_u \geq C_\phi.$$

Второе положение требует снижения ударной нагрузки на соль-ингибитор при детонации ВВ до пределов, при которых кристалл не подвергается пластической деформации сдвига, а третье – необходимости учета его химической активности по отношению к радикалам, участвующим в реакции окисления метана.

Ввод соли-ингибитора в состав ПВВ. В настоящее время исследовано и опробовано три способа введения в состав ПВВ соли-ингибитора:

- непосредственный ввод соли в состав ПВВ, который давно вошел в практику производства этих ВВ и получил название «классический»;

- ввод в состав ПВВ так называемой пары ионообменных солей, например, нитрата натрия (калия) и хлористого аммония;

- окружение патрона ПВВ по боковой поверхности и с торцов предохранительной оболочкой из соли-ингибитора.

Сравнительная оценка этих способов показала, что с точки зрения элементарного состава зарядов таких ПВВ все три способа в какой-то степени идентичны. Однако ПВВ, изготовленные указанными способами, ингибируют МВС в разной степени эффективности как при взрывании их зарядов в канале mortarы без забойки, так и открытых зарядов в угловой mortarе с отражательной стенкой. Наибольшим эффектом ингибирования МВС при взрыве обладают ионообменные ПВВ, менее эффективны – классические ПВВ и их заряды в предохранительных оболочках. Влияние соли-ингибитора на детонационную способность ПВВ также различно. Ис-

следования показали, что детонационная способность ПВВ (скорость детонации и критический диаметр) существенно изменяется при увеличении концентрации соли-ингибитора в их составе как у классического типа, так и у ионообменного. Для зарядов ПВВ в предохранительных оболочках детонационная способность не ухудшается только в том случае, если торцы патронов не покрыты оболочкой. Поэтому выбор одного из способов получения ПВВ представляет собой компромисс между необходимым уровнем предохранительных свойств ВВ, его детонационной способности и возможностью производства ПВВ с минимальными затратами. В любом случае, необходимо добиться приемлемого соответствия между сенсibiliзирующей способностью «горячих точек» во фронте детонационной волны и флегматизирующим действием конденсированной соли-ингибитора на развитие взрывной реакции при детонации.

Выбор способа сенсibiliзации ЭПВВ. Из известных способов сенсibiliзации ЭВВ или низкоплавких систем наиболее изучены три. Это ввод в состав ВВ пористого тела, ввод микросфер и химическое газовое аэрирование пузырьками раствора. Самым эффективным способом является газовое аэрирование. Однако он недолговечный и достаточно сложный в технологическом исполнении. Вместе с тем, для низкоплавких эвтектик на основе аммиачной селитры и карбамида можно получить пористую систему с плотностью 1,0..1,15 г/см³, обладающую высокой детонационной способностью. При этом содержание конденсированной соли-ингибитора в этих низкоплавких динамонах можно довести до 10%, а общее содержание с учетом растворимых солей до 25..30%. При таком содержании солей-ингибиторов в составе ПВВ резко улучшаются его предохранительные свойства, вплоть до уровня штатных нитроэфиросодержащих угленитов V и VI классов.

Эти положения формируют научный подход к решению проблемы создания для угольных шахт экологически чистых ПВВ. Он сводится к тому, что необходимо создать эмульсионное или любое другое ВВ, которое не содержало бы токсичных для человека веществ и имело бы необходимый уровень предохранительных свойств и детонационной способности, соответствующих техническим требованиям к ПВВ V и VI классов. С этой целью был сделан патентный поиск известных технических решений, используемых во многих странах мира при создании ЭВВ.

Было установлено, что нитрат аммония (АН) и аминокислотная кислота – глицин (Г) при сокристаллизации образуют кристаллическое комплексное соединение, которое содержит два моля АН и один моль Г [5]. Это комплексное соединение (АНГ) имеет более высокие взрывчатые свойства, чем чистый АН или его смесь с дизельным топливом (ANFO). Формула нового комплексного соединения – $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot \text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$, по весу содержит 68% АН и 32% Г, имеет сравнительно низкую температуру

плавления (132°C) и позволяет создавать взрывчатые композиции при смешении с АН и другими компонентами подобного типа. Легкоплавкость АНГ дает возможность получать низкоплавкие смеси этого соединения с другими нитратами щелочных или щелочноземельных металлов, которые могут быть дисперсной фазой в ЭВВ.

В патенте [5] в качестве примера приведено ЭВВ подобного типа. Данное ЭВВ содержит АН – 66,7%, LiNO_3 – 15,0%, NaNO_3 – 5,0%, Г – 8,0%, минеральное масло – 1,4%, кристаллический воск – 1,2%, парафин – 1,2% и сорбитан моноолеат – 1,5%. Готовят ЭВВ при температуре около 100°C , охлаждают до $40..50^{\circ}\text{C}$ и смешивают со стеклянными микросферами размером 250 мкм. На 100 частей эмульсии берут 2,5 части микросфер, патронируют в патроны диаметром 32 мм. В этом диаметре ЭВВ легко детонируют при плотности $1,32 \text{ г/см}^3$ от капсюля-детонатора, содержащего 0,15 г азид свинца и 0,2 г тэна. Это указывает на очень высокие детонационные свойства предложенного ЭВВ и его восприимчивость к детонации. Наличие в составе этого ЭВВ солей лития и натрия дает возможность при вводе компонента, образующего с ними ионообменную пару, получать при взрыве ВВ соль-ингибитор. Это позволит создать ЭПВВ с высокими предохранительными свойствами.

Выводы. Сформулированы технические требования к экологически чистым и безопасным ПВВ для угольных шахт. Они сводятся к тому, что повышение экологической безопасности существующих ПВВ типа угленитов может быть достигнуто их герметизацией, то есть патронированием в полиэтиленовые оболочки.

Кардинальное решение проблемы экологически чистых ВВ заключается в создании ПВВ без токсичных соединений в их составе.

Для этого, в соответствии с техническими требованиями, необходимо обосновать выбор наиболее эффективных солей-ингибиторов МВС, их ввод в состав ЭВВ и способ его сенсibilизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калякин С.А., Грек В.А. Современное состояние взрывных работ и перспективы развития предохранительных взрывчатых веществ: матер. научно-технич. конф. «Взрывное дело в Украине. Современное состояние, проблемы, перспективы развития», Павлоград, 09-10 ноября 2006 г. - Павлоград: ПХЗ, 2006.
2. Технические требования к патронированным ВВ V и VI классов с повышенной устойчивостью против выгорания и методики их испытаний/Макеевский научно исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности. - Макеевка - Донбасс: МакНИИ, 1984. - 91 с. (Нормативный документ Минуглепрома СССР).

3. Калякин С.А. Определение концентрации ингибитора, флегматизирующего метано-воздушную смесь: матер. 5-й международной научно-практич. конф. «Становление современной науки - 2007», София 01-15 октября 2007 г. - София: Бял-Град - БГ, 2007. - С. 59-66.

4. Калякин С.А. Выбор солей - ингибиторов для предохранительных взрывчатых веществ: Сборник Взрывное дело. Вып. № 97/54. - М.: ЗАО «МВК по взрывному делу», 2007. - С. 161-169.

5. Patent: 4746380 United States, C06B045/00. Explosive compound comprising ammonium nitrate and glycin/ Jonn Gopper, Vladimir Sjansky; Imperial Chemical Industries. N: 053690; Filed: May 26, 1987.

RESOURCES

1. Kalyakin S.A., Grek V.A. Current state of blasting operations and prospects of development of safety explosives: coll. sci-tech. conf. "The explosive business in Ukraine. Current state, problems and prospects of development", Pavlograd, November 09-10, 2006 - Pavlograd: UGS, 2006. [In Russian]

2. Specifications for patronized EE of the V-th and the VI-th classes with increased resistance to burnout and methods of their testing / Makeevskij Research Institute for the security operations in the mining industry. - Makeevka - Donbass: MNII, 1984. - 91 pp. (Standard document of the Minugleprom of the USSR). [In Russian]

3. Kalyakin S.A. Determination of the concentration of inhibitor, retarding the methane-air mixture: Proceedings of the 5-th International scientific and practical. conf. "The formation of modern science – 2007", Sofia, October 01-15, 2007 - Sofia: BialGrad - BG, 2007. - P. 59-66. [In Russian]

4. Kalyakin S.A. The choice of salt-inhibitors for preventive of explosives: Coll. Vzryvnoe delo. Vol. № 97/54. - M.: JS "MVK of explosives", 2007. - P. 161-169. [In Russian]

5. Patent: 4746380 United States, C06B045/00. Explosive compound comprising ammonium nitrate and glycin/ Jonn Gopper, Vladimir Sjansky; Imperial Chemical Industries. N: 053690; Filed: May 26, 1987.

Стаття надійшла 07.12.2009р.
Рекомендована до друку д.т.н., проф.
Коміром В.М.