УДК 622.235

Е.В.КОЛГАНОВ, В.А.СОСНИН
ГосНИИ «Кристалл», Дзержинск, Россия

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

Дан анализ безопасности эмульсионных взрывчатых веществ, рассмотрены их свойства и методы определения. Установлено, что производство, транспортирование и применение матричной эмульсии взрывобезопасно при регламентированных режимах изготовления и использования.

In work the analysis of safety emulsione explosives is given, their properties and methods of definition are considered. It is established, that manufacture, transportation and application matrix emulsione is explosion-proof at regulated modes of manufacturing and use.

Создание нового класса промышленных взрывчатых веществ (ПВВ) на основе эмульсии «вода в масле» явилось неизбежной необходимостью развития прогрессивной технологии ведения взрывных работ на карьерах и единственно верным решением получения экологически чистых и безопасных составов. Эмульсионные взрывчатые вещества (ЭВВ) быстро завоевали рынки сбыта и получили преимущественное развитие за счет неоспоримых преимуществ по стоимости, экологии и безопасности. Анализ научно-технической отечественной и зарубежной литературы показал, что эмульсионные взрывчатые вещества обладают чрезвычайно низкой чувствительностью к тепловым и механическим воздействиям. В то же время как любая система, обладающая определенной потенциальной энергией и имеющая в составе углеводородное горючее и окислитель, эмульсия может быть доведена до возникновения в ней горения и взрывоподобного процесса. Знание условий и причин неконтролируемого термического или химического распада позволит определить граничные условия изготовления, транспортирования и применения составов и предотвратить возникновение аварийный ситуаций. Наиболее реальным путем возникновения аварийных ситуаций в производстве низкочувствительных взрывчатых веществ является термическое воздействие, которое основывается на теории термического воспламенения. Вследствие этого были проведены экспериментальные исследования различных видов термического воздействия на отечественное эмульсионное вещество типа порэмита как наиболее потенциально опасного явления в возникновении пожара или взрыва.

Производство ЭВВ осуществляется в две стадии. На первой готовят эмульсионную матрицу, которая впоследствии за счет сенсибилизации на второй стадии переводится во взрывчатое вещество. Матричная эмульсия не считается взрывчатым веществом и классифицируется в США, Канаде, Швеции, Австралии и других странах как окислитель, ее относят к подклассу 5.1. По существующим методикам безопасности и взрывчатости, чувствительность эмульсий, особенно матричных с высокой плотностью, настолько низка, что их классифицируют как невзрывчатые. Например, фирма «Atlas» матричную эмульсию «APEX 1000» относит при перевозке к окислителям. Широкие исследования детонационной способности матричных эмульсий в США и Японии показали, что при плотности более 1,353 г/см^3 эмульсии имеют критический диаметр более 378 мм. С.К.Чен при различных испытаниях с целью изучения опасности ЭВВ определил, что наиболее вероятной причиной аварии является саморазогрев эмульсии при критической температуре более 250 °С, и подтвердил это полупромышленными испы-

Таблица 1

Пожароопасные характеристики горючей фазы и эмульсии порэмита

Образцы	Температура, °С			Время задержки самовоспламенения, с
	вспышки	воспламенения	самовоспламенения	
Мазут:				
Образцы 1; 4; 1556; 1557	188-224	236-278	410-430	5-14
Образец 3 (сера 3,5 %)	192	253	410	8
Индустриальное масло, образец 5	234	265	370	20
Дизельное топливо:				
марки Л	96	112	315	2
марки З	59	75	280	18
Эмульгаторы:				
РЭМ	263	335	430	55
ПГТ	215	266	430	60
Горючая среда:				
Образец 4 + 30 % эмульсии ПТ	205	236	410	13
Образец 5 + 30 % эмульсии ПТ	233	266	400	12
Образец 4 + 10 % ДТ марки Л	116	170	400	4
Образец 4 + 10 % ДТ марки З	97	131	410	2
Образец 4 + 20 % ДТ марки З	60	75	300	5
Эмульсия порэмита:				
Масло индустриальное	Отсутствует	Отсутствует	380	24
Мазут	Отсутствует	Отсутствует	350	35
Мазут + 5 % ДТ марки З	Отсутствует	Отсутствует	390	7
Мазут + 10 % ДТ марки З	Отсутствует	Отсутствует	345	42
Образец 3	Отсутствует	Отсутствует	310	36

Примечание. ПТ – стандартная эмульсия, ДТ – дизельное топливо

таниями. При испытании опасности ЭВВ он показал, что даже при самой высокой энергии удара (высота падения груза 2 м) с навеской 20-30 мг «Powermax» не дает положительной реакции в незамкнутом пространстве при действии груза массой 5 кг. Аналогичные результаты при ударе были получены в замкнутом пространстве на приборе Американского общества по испытанию материалов. Испытания на трение как наиболее потенциально опасное явление в процессе производства ЭВВ за счет эффективности превращения механической энергии в тепловую проводились на фрикционном диске фирмы «Hercules» с гидравлической нагрузкой при толщине слоя 0,1 мм и скорости скольжения 4,4 м/с и также не дали положительного результата.

Исследование процессов горения при тепловых воздействиях. Под пожароопасностью веществ подразумевают совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Для оценки пожарной опасности веществ определяли следующие характеристики: температура вспышки, температура воспламенения и самовоспламенения, – по методикам ГОСТ 12.1.044-89. Пожароопасные характеристики исследовались по стандартным методикам. Результаты исследований приведены в табл.1.

Полученные результаты показывают, что для эмульсии порэмита введение низколетучих примесей в виде дизельного топлива в составе мазута до 20 % незначительно влияет на температуру вспышки. Представленные результаты по исследованию пожароопасности порэмита и его горючей основы показывают, что у эмульсий на масле и мазуте отсутствуют вспышка и воспламенение до 205-210 °С. Выше данного значения начинается разложение исследуемых образцов с последующим их самовоспламенением. Учитывая отсутствие температуры вспышки

и воспламенения в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89, эмульсию на мазуте и масле относят к классу трудногорючих веществ. Образцы мазута и масла имеют пожароопасные характеристики на одном уровне, а содержание серы до 3,5 % не оказывает на них заметного влияния. Температура самовоспламенения эмульсии порэмита 310-370 °С, в этом диапазоне наблюдается небольшая зависимость от типа горючего и содержания воды. Визуальное наблюдение процесса нагрева эмульсии показывает, что ее разложение начинается при 210 °С, при дальнейшем повышении температуры до 230 °С наблюдается бурное разложение с увеличением объема, а при подъеме температуры до 235 °С происходит самопроизвольное воспламенение. Таким образом, в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89 эмульсия порэмита относится к трудногорючим веществам.

За рубежом фирма «CIL», Канада провела исследования по возможности воспламенения образцов эмульсии путем их нагрева реостатной проволокой постоянного тока. Опыты показали, что эмульсия в сосуде высокого давления не имеет четко выраженной точки воспламенения и при испытаниях наблюдается широкая область постоянной температуры проволоки. Следовательно в эмульсиях в значительной степени идут эндотермические реакции вплоть до воспламенения.

Исследование термической стойкости. В нагреваемых образцах на малых навесках (1-2 г) при температуре 105-110 °С наблюдается расслоение эмульсий, дальнейшая температура при 160-170 °С вызывает кипение образца с выделением белых паров и пузырьков. При 210 °С возникает процесс разложения образца с увеличением объема, а повышение температуры до 230 °С приводит к бурному разложению. Воспламенение образцов без внешнего источника пламени происходит при 233-235 °С. Более детальное исследование процесса температуры порэмита массой более 1 кг проводили при непрерывном контроле качества по показателю емкости. При этом было определено, что при нагревании образцов до 100 °С эмульсия сохраняет свое качество в пределах 150-220 пФ в течение длительного времени (более 48 ч). При повышении температуры образца до 110 °С наблюдается снижение качества эмульсии по емкости со 180 до 380 пФ, а при температуре 120 °С качество снижается до 560 пФ с выделением капелек окислителя (роса). Температура эмульсии при 160 °С приводит к ее разрушению, и она расслаивается на два слоя через 1,5 ч температурования.

Далее образцы эмульсии порэмита исследовали на термическую стойкость в зависимости от компонентного состава. Были использованы следующие методы: газоманометрический метод изучения стойкости на измерительно-вычислительном комплексе (ИВК) «Вулкан»; совмещенный термический анализ – дифференциально-термический анализ (ДТА) и термогазоанализ (ТГА) – на термоанализаторе «Дериватограф-*Q*».

Термостойкость на ИВК «Вулкан» оценивалась по повышению давления газов в процессе термостатирования образцов эмульсии в специальных сборках. Термостатирование проводилось при нескольких значениях температуры (140; 150; 160; 170 °С) и выдержке при каждом значении температуры около 3 ч, а при 170 °С – 7 ч. Давление газообразных продуктов устанавливалось после прогрева сборки в течение 30-35 мин и затем практически оставалось на постоянном уровне. В табл.2 представлены усредненные значения давлений (из двух опытов), которые создаются, вероятно, за счет упругости паров, поскольку при охлаждении сборки с образцом до комнатной температуры давление снижалось до начальных значений. Как видно из приведенных данных, изучаемые образцы по газовыделению, происходящему в процессе термостатирования, практически не различаются.

Таблица 2

Давление газообразных продуктов эмульсии, мм рт.ст.

Номер образца	Температура, °С			
	140	150	160	170
1 (масло)	700	870	1080	1350
2 (мазут)	655	840	1060	1310
3 («Нитро Нобель»)	750	900	1170	1410

Результаты исследований по совмещенному термическому анализу на термоанализаторе «Дериватограф-*Q*» приведены в табл.3.

Таблица 3

Характеристические значения температуры термоанализа порэмита, °С

Номер образца	По кривым ДТА		По кривым ТГА	
	Начало экзоэффекта	Интенсивное разложение	Диапазон температур	Убыль массы, %
1 (масло)	203-206	260-265	25-161 155-265	7,8 16,3
2 (мазут)	205-208	261-266	25-157 160-265	7,9 21,1
3 («Нитро Нобель»)	204-207	260-265	25-160 160-265	8,2 23,6

Проведенный на дериватографе термический анализ в динамическом режиме нагрева (2,5 °С/мин) на образцах массой 0,05 г показал отсутствие практических различий по термостойкости между образцами 1-3. На кривых дифференциально-термического анализа в интервале температур от 30 до 190 °С фиксируются эндотермические эффекты, которые имеют сложный вид из-за многокомпонентности эмульсии. Кривая термогазоанализа показывает, что эндотермические эффекты сопровождаются потерей массы образца, в основном за счет испарения воды. До 190 °С общие потери по массе составляют 14-15 %. При достижении 198 °С отмечается начало экзотермических процессов, которые завершаются при 270-280 °С. Экзотермические процессы термического разложения также имеют сложный характер и многостадийный вид. Остаток образца в виде твердого осадка при дальнейшем повышении температуры не претерпевает каких-либо термических превращений.

Полученные различными методами результаты исследования термической стойкости образцов эмульсии порэмита, приготовленных на разном техническом сырье и при различном компонентном соотношении, позволяют сделать заключение, что термостойкость этих образцов находится на одном уровне. Замена масла на мазут также не приводит к снижению уровня термостойкости эмульсии порэмита. Все образцы до 170 °С в течение 6-7 ч непрерывного нагревания термостойки. Тепловыделение фиксируется при линейном нагреве выше 200 °С, а тепловое самовоспламенение в условиях отсутствия газоотвода при 225-235 °С возможно через 3-4 ч.

Полученные при нескольких постоянных значениях температуры дифференциальные кривые «разогрев – время» (пики) затем обрабатывались с помощью специальной расчетной программы «KENT» на персональном компьютере IBM PC/AT. В результате определялись кинетические константы уравнения скорости термического разложения исследуемых образцов. Кинетические константы совместно с теплофизическими характеристиками материала являлись исходными параметрами для расчетной оценки безопасных и критических условий использования этого материала в различных температурно-временных режимах с учетом реального размера исследуемой системы (программа «TEPLO»). Тепловыделение при терморазложении образцов эмульсии по методике ОСТ В 84-2048-82 было зафиксировано при температуре выше 210 °С, поэтому изучение кинетики тепловыделения проводилось при 210-250 °С. Подробно (при нескольких значениях температуры) были изучены образцы 1; 2 и 6. Полученные кинетические кривые тепловыделения обработаны с помощью расчетной программы «KENT».

Температурная зависимость скорости терморазложения изученных образцов эмульсии вполне удовлетворительно описывается уравнением автокатализа 2-го порядка следующего вида:

$$L = K_{01}\exp(-E_1/RT)(1-n) + K_{02}\exp(-E_2/RT)(1-n)n^2,$$

где L – скорость разложения (тепловыделения), $с^{-1}$; E_1, E_2 – кинетические константы уравнения; K_{01}, K_{02} – предэкспонента, $с^{-1}$; R – газовая постоянная; T – температура, К; n – глубина разложения.

Полученные кинетические константы K_{01}, E_1, K_{02} и E_2 имеют соответственно следующие значения: $2{,}53\cdot10^{16}$; 51300; $4{,}15\cdot10^{6}$ и 24400.

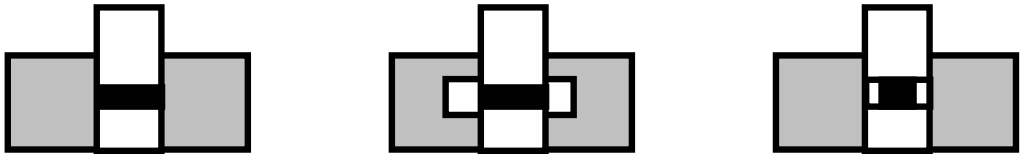


Рис.1. Приборы для проведения испытаний на чувствительность к удару

По найденным уравнениям скорости тепловыделения проведены расчеты критических условий возможного самовоспламенения эмульсии порэмита в накопителе установки приготовления эмульсии. Расчеты на граничные условия 1-го рода осуществлены для системы «эмульсия в стальном цилиндре» диаметром 2,8 м при теплоемкости эмульсии 0,55 кал/°С и теплопроводности 0,01 кал/(м·с·°С). Прогнозирование теплового состояния системы при 80-100 °С подтвердило отсутствие (с точностью до 0,01 °С) саморазогрева эмульсии порэмита. Тепловое самовоспламенение в накопителе эмульсии возможно, например, при температуре 170 °С и выше через 8-10 суток, хотя ее разогрев на 5-7 °С происходит через 5-6 суток. При 90 °С разогрев массы в течение 7 суток не превышает 0,1 °С при глубине разложения 0,0001.

Достоверность полученной модели прогнозирования термической безопасности подтверждается достаточно точным совпадением расчетных результатов с экспериментальными, полученными при испытаниях образцов в герметичных ампулах (диаметр 20 мм) в диапазоне 210-250 °С.

Расчет критических параметров теплового самовоспламенения эмульсии на мазуте позволил установить, что при 90-110 °С тепловыделения в течение нескольких суток не происходит и разложение эмульсии начинается лишь при 205-210 °С, а интенсивно происходит только при 240-250 °С. Температура самовоспламенения эмульсии составляет 310-370 °С. В этом диапазоне наблюдается небольшая зависимость от типа горючего и содержания воды. Влияния изученных материалов, обращаемых в технологическом процессе, на термическую стойкость эмульсии порэмита не отмечено, за исключением сухого нитрита натрия. Характер тепловыделения показывает, что процесс разложения эмульсии практически идентичен разложению водного раствора чистого окислителя при тех же значениях температуры.

Исследование чувствительности эмульсии. Работа проводилась с использованием эмульсии порэмита, приготовленной в условиях опытного цеха и на промышленной установке. В качестве исследуемых добавок к эмульсии применялись дюралюминий (фракция 200-350 мкм), нитрит натрия, формалин, песок (фракция 200-270 мкм). Количество добавки составляло 0,5-1 %. Добавки нитрита натрия и формалина вводились на стадии приготовления эмульсии. Песок и дюралюминий добавлялись перед проведением испытаний.

Исследования *чувствительности к удару* проводились по ГОСТ 4545-88 на малых и больших навесках (копер К-44-П и большой копер БК) в трех роликовых приборах (рис.1) при температуре 20-80 °С, последняя из которых является температурой получения эмульсии (табл.4 и 5).

Из табл.4 и 5 следует, что при испытаниях на чувствительность к удару по ГОСТ 4545-88 не удается вызвать инициирования эмульсии порэмита. Аналогичный результат получен для эмульсии на компонентах «Dino Nobel».

Введение в эмульсию порэмита песка приводит к незначительному повышению чувствительности к удару (до уровня тротила). Добавка песка или дюралюминия в количестве 1 % к эмульсии порэмита с нитритом натрия (образец 2) не приводят к повышению чувствительности к удару.

При введении 1 % песка к эмульсии порэмита с формалином (образец 1) чувствительность в приборе 1 (температура 20 °С) повышается до уровня тротила. Чувствительность сухой и обычной эмульсии порэ-

Таблица 4

Исследование чувствительности к удару эмульсии порэмита

Образец	На малых навесках					На больших навесках, груз 24 кг, высота 2000 мм, %
	Частость взрывов, %			Нижний предел, мм		
	Прибор 1	Прибор 2	Прибор 3	Прибор 2	Прибор 3	
Порэмит	0	12	8-20	500	200	0
Порэмит с 8 % алюминия	0	4	8-20	500	150-200	0
Тротил	0	0-20	84	500	70	0

Таблица 5

Исследование чувствительности к удару эмульсии порэмита с добавками (груз 20 кг, высота 250 мм)

Образец	Нижний предел в приборе 2, мм		Частость взрывов, %		
			Прибор 1		Прибор 3
	20 °С	80 °С	20 °С	80 °С	20 °С
Эмульсия порэмита (ρ = 1,394 г/см^3)	≥ 500	≥ 500	0	0	0
Эмульсия порэмита с дюралюминием	500	500	0	0	0
Эмульсия порэмита с нитритом натрия (ρ = 1,394 г/см^3) – образец 2	≥ 500	500	0	0	0
Эмульсия порэмита с нитритом натрия и 1 % песка	500	500	0	0	–
Эмульсия порэмита с нитритом натрия и 1 % дюралюминия:					
ρ = 1,394 г/см^3	500	500	0	0	–
ρ = 1,37 г/см^3	≥ 500	500	0	8	0
Эмульсия порэмита с формалином и 1 % песка	500	500	12	0	–
Эмульсия порэмита с формалином и 1 % дюралюминия	500	500	0	0	–
Эмульсия порэмита с песком	500	500	4	0	20
Эмульсия порэмита на компонентах «Dino Nobel»	≥ 500	–	0	–	0
Эмульсия порэмита (сухая)	500	≥ 500	0	8	–
Эмульсия порэмита (сухая) с дюралюминием	400	≥ 500	0	0	–
Эмульсия порэмита (сухая) с песком	70	70	20	20	–

мита (ρ = 1,394 г/см^3) практически равноценна. Добавка 1 % песка к сухой эмульсии порэмита резко увеличивает вероятность возникновения локальных очагов инициирования, при этом основная масса вещества остается непрореагировавшей.

С целью проверки *вероятности распространения взрывчатого разложения* на окружающую массу были проведены испытания по методике ГосНИИ «Кристалл» № 180-698-84 и методике ООН.

Условия испытаний по методике ГосНИИ «Кристалл»: груз 40 кг, высота сбрасывания 2 м, боек диаметром 40 мм, толщина слоя окружающей массы 4-5 мм, навеска 2-3 г, температура 20 °С.

Условия испытаний по методике ООН: груз 30 кг, высота сбрасывания 4 м, боек диаметром 40 мм, толщина слоя окружающей массы 4-5 мм, навеска 2-3 г, температура 20 °С. Схема испытаний представлена на рис.2. Факт распространения процесса устанавливался по наличию или отсутствию ок-

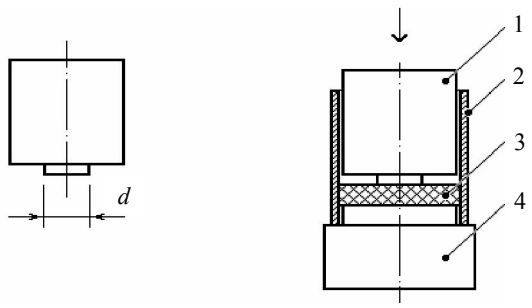


Рис.2. Сборка для проведения испытаний на чувствительность к удару

1 – боек; 2 – обойма; 3 – испытываемый материал; 4 – наковальня

Таблица 6

Исследование чувствительности к трению

Образец	Нижний предел в приборе 2, мм	
	20 °С	80 °С
Эмульсия порэмита с нитритом натрия (ρ = 1,16 г/см^3) – образец 2	12000	–
Эмульсия порэмита с нитритом натрия и 1 % дюралюминия	12000	–
Эмульсия порэмита с формалином (ρ = 1,394 г/см^3) – образец 1	12000	12000
Эмульсия порэмита с формалином (образец 1) и 1 % песка	7000	12000
Эмульсия порэмита с формалином и 1 % дюралюминия	10000	12000
Эмульсия порэмита с песком	5000	11000
Эмульсия порэмита на компонентах «Dino Nobel»	12000	–
Эмульсия порэмита (сухая)	8000	8000
Эмульсия порэмита (сухая) с дюралюминием	8000	7000
Эмульсия порэмита (сухая) с песком	3000	3000

ружающего боек материала, по характеру деформации бойка, наковальни, ограничительной оболочки.

В опытах с эмульсией порэмита (ρ = 1,394 г/см^3) на подложке из шлифовальной шкурки зернистостью 200-700 мкм очагов инициирования не наблюдалось. Поэтому в дальнейших испытаниях в эмульсию вводили 1 % песка, но и в этом случае локальных очагов инициирования не наблюдалось. В опытах на сухой эмульсии порэмита с добавкой 1 % песка появились локальные очаги, но распространения процесса на окружающую массу не произошло. В опытах по методике ООН также нет инициирования и распространения взрыва.

Чувствительность к трению определялась по ОСТ В 84-895-83 на приборе К-44-Ш (табл.6).

Из опытов следует, что по чувствительности к трению образцы эмульсии порэмита плотностью 1,394 г/см^3 на отечественных компонентах и эмульсии плотностью 1,393 г/см^3 на компонентах «Dino Nobel» практически равноценны.

На основе опытов установлено, что только сухая эмульсия порэмита является более чувствительной, но уровень чувствительности к трению остается очень низким (приближается к тротилу). Уровень чувствительности повышается при добавке песка к сухой эмульсии порэмита, и нижний предел снижается до 300 МПа, что характерно для основных ВВ. При этом количество очагов инициирования возрастает, но часть испытуемой массы остается непрореагировавшей.

Введение добавок нитрита натрия, формалина, песка, дюралюминия не привело к увеличению чувствительности к трению исходной эмульсии порэмита. Сухая эмульсия порэмита является более чувствительной к трению, чем влажная (чувствительность на уровне тротила).

Таким образом, стандартные испытания на чувствительность к удару и трению показали нечувствительность эмульсии порэмита к этим видам воздействия.

Чувствительность к длительному трению определяет вероятность загорания или взрыва эмульсии порэмита в шестеренном насосе или другом оборудовании. Для имитации трения эмульсии между шестернями и корпусом использовали специальную установку.

Таким образом, при давлении прижатия 0,25 МПа, окружной скорости 1,04 м/с и времени 1 ч (табл.7) трение эмульсии порэмита в замкнутом объеме между хромоникелем и алюминиевым сплавом не приводит к загоранию или взрыву.

Истирание сухой эмульсии порэмита с 4 % нитрита натрия в тех же условиях приводит к разогреву эмульсии, газовыделению и выбросу расплава из зоны трения через уплотнение без загорания и взрыва.

Испытания на чувствительность *к воздействию удара быстролетящего элемента*

Таблица 7

Условия и результаты испытаний

Образец, материал пуансона	Нормальное давление прижатия, МПа	Время трения, мин	Максимальная температура разогрева, °С	Результат испытаний
Эмульсия порэмита влажная, I2XI8H10T	0,07	20	97	Истирание резинового уплотнения, чашки из алюминиевого сплава. Взрывов, загораний нет
	0,165	50	106	Истирание резинового уплотнения, чашки из алюминиевого сплава. Плавление порэмита до жидкой фазы. Взрывов, загораний нет
	0,246	60	204	Истирание резинового уплотнения, чашки из алюминиевого сплава. Плавление порэмита до жидкой фазы и газовыделение. Взрывов, загораний нет
Эмульсия порэмита высушенная, I2XI8H10T	0,246	26	149	Истирание резинового уплотнения, чашки из алюминиевого сплава. Плавление порэмита до жидкой фазы и газовыделение. Взрывов, загораний нет
Эмульсия порэмита влажная с 4 % нитрита натрия. Сталь 45	0,246	60	95	То же
	То же	20	236	Истирание резинового уплотнения, чашки из алюминиевого сплава и пуансона. Плавление порэмита до жидкой фазы с газовыделением. Выброс расплава порэмита через резиновое уплотнение через 20 мин. Взрывов, загораний нет

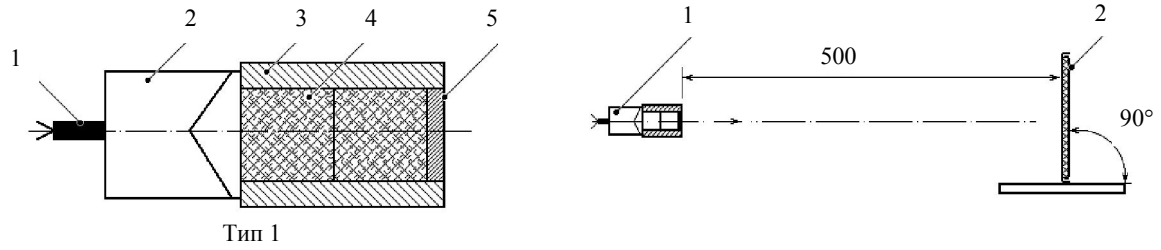


Рис.3. Сборка для метания пластины

1 – капсюль; 2 – генератор; 3 – обойма; 4 – шашка; 5 – пластина

проводили по методике К-30, представленной на рис.3.

Метаемый элемент представлял собой стальную пластину диаметром 30 мм и толщиной 4 мм и находился на расстоянии 500 мм от испытуемого материала, зажатого между двумя стальными пластинами толщиной 3,5 мм или в открытом заряде 70 мм. Метание осуществлялось при срабатывании генератора плоской ударной волны, которая инициирует метательный заряд из двух тротиловых шашек по 30 г, находящийся в толстой стальной оболочке длиной 50 мм и толщиной стенки 10 мм. По каждому образцу эмульсионного ПВВ порэмита проводили три параллельных отстрела. О результатах испытаний судили по наличию или отсутствию продуктов и по следам детонации на пластине. Результаты испытаний показали, что обычная и металлизированная эмульсия нечувствительна к действию быстролетящего элемента со скоростью подлета 1400 м/с.

Испытания на чувствительность *к простелу пулей* калибра 7,62 мм проводились при стрельбе с расстояния 50 м, начальная скорость пули 820 м/с. Испытываемый образец эмульсии массой 1 кг помещался между металлическими пластинами с толщиной слоя эмульсии 70 мм. Температура эмульсии при испытании поддерживалась в пределах 70-80 °С. Схема монтажа образца представлена на рис.4.

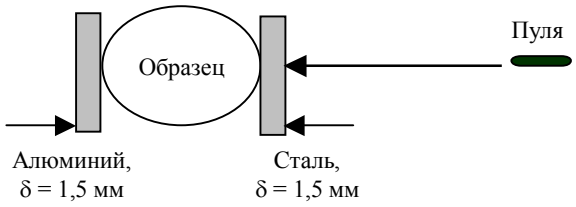


Рис.4. Схема испытаний на прострел пулей

На основании полученных результатов установлено, что эмульсия порэмита в условиях испытаний нечувствительна к простреллу пулей.

Оценка чувствительности эмульсии порэмита *к распространению детонации* проводилась по методикам ООН серии 1а (i), 1в (ii) и серии 2 пункт 10.1 согласно «Рекомендациям по перевозке опасных грузов: Руководство по испытаниям и критериям. Изд.4 / ООН. Нью-Йорк – Женева, 2003 (ST/SG/AC.10/11/Rev.4)».

Ионизационные датчики, установленные в трубе, зарегистрировали следующие скорости процесса v (средние значения по двум параллельным испытаниям) на расстоянии l от начала трубы:

l, мм	160	245	330	415
v, м/с	2800	2250	1750	–

Исследуемая эмульсия для испытания по серии 1а (i) помещалась в металлические трубы. При инициировании от дополнительного детонатора массой 60 г, состоящего из двух шашек флегматизированного гексогена размером 30 × 30 мм, произошел частичный разрыв трубы с сохранением донной части оснастки. Расчетное значение скорости звука в эмульсии составляет 2000 м/с. На основании пункта 3.4 подпункт «С» исследуемая эмульсия классифицируется как неспособная к распространению детонации.

При испытании по методике 1в (ii) исследуемая эмульсия помещалась в трубу. В центральную часть трубы располагалась навеска черного пороха 50 г. В результате испытания одной из крышек была выбита донная часть, эмульсия порэмита выброшена из трубы без воспламенений. Сама труба деформаций и повреждений не имела. На основании пункта 2.1 «Рекомендаций …» по результатам испытаний серии 1а (i) и 1в (ii) исследуемая смесь не может быть отнесена к классу взрывчатых веществ.

При испытаниях по серии 2 пункт 10.1 исследуемая смесь загружалась в трубу. Инициирование проводилось от электродетонатора ЭД-8. В результате подрыва верхняя часть трубы разрушена. В неразрушенной донной части трубы длиной 200 мм остался непрореагировавший продукт. Результаты испытаний на восприимчивость считаются отрицательными.

На основании изложенного можно сделать вывод, что производство, транспортирование и применение эмульсии порэмита взрывобезопасно при регламентированных режимах изготовления и использования. При этом имеющиеся отечественные и зарубежные материалы по свойствам эмульсий показывают, что инициирование взрывных процессов в эмульсионных ВВ трудно вызвать за счет механических воздействий, реально возможным путем являются тепловые процессы. Этот вывод подтверждается разбором ряда аварийных случаев в производстве ЭВВ фирмой «Safex», где потенциальной причиной возникновения взрыва почти во всех случаях являлось тепло.

ГосНИИ «Кристалл» провел целевую проверку производства эмульсии порэмита 1А в ОАО «Ураласбест». Было установлено, что существующая технология обеспечивает изготовление эмульсии порэмита 1А, соответствующей нормируемым показателям. При этом плотность эмульсии не выходила за регламентируемые значения. Была определена относительная плотность или возможность газонасыщения эмульсии, которая определялась как отношение реальной плотности на выходе из аппарата эмульгирования к максимально возможной при заданных условиях. Ее значение не ниже 0,98 по предложению АО «Нитро Сибирь» было рекомендовано Ростехнадзором для включения в ТУ как обязательный показатель. На ОАО «Ураласбест» относительная плотность составила 0,991, что значительно выше регламентного значения, вследствие этого газанасыщение эмульсии в процессе получения отсутствует.

Также на полигоне были проведены испытания полноты детонации зарядов эмульсии порэмита 1А диаметрами 120 и 160 мм. После испытания плита не была деформирована и видны остатки эмульсии. Таким образом, наблюдался затухающий процесс детонации в заряде 160 мм.

Выводы

1. В соответствии с результатами испытаний, проведенными по «Рекомендациям …», раздел 11, испытания серии 1 типа a и серии 2 типа a горячая эмульсия порэмита 1 по транспортной опасности не относится к классу 1 и не является взрывчатым веществом.

2. Результаты испытаний, проведенных для горячей эмульсии порэмита 1 по «Рекомендациям …», раздел 18, испытания серии 8 типа b, позволяют отнести эмульсию порэмита 1 и 1А к классу 5.1.

3. Проверка технологии изготовления эмульсии порэмита 1А на ОАО «Ураласбест» определила отсутствие ее газонасыщения (относительная плотность 0,991), а полигонные испытания эмульсии порэмита 1А выявили затухающий взрывной процесс в зарядах до 160 мм.