

С целью дальнейшего повышения качества распознавания введено понятие о классе, предложенное в [4] как совокупность признаков для каждого класса, имеющих наибольшие значения весов. В данном случае для каждого класса выбирались признаки с наибольшим абсолютным значением информативных весов. Введение понятия о классе позволило достичь качества распознавания 94,1%. Понятие о классе включало: для 1-го и 3-го классов — OB_{100} и P , для 2-го класса — OB_{100} и K . (Заметим, что информативные веса признаков для 10 эталонных объектов существенно отличаются от таковых, полученных при использовании в качестве эталонных всех 44 нитраминов. Следовательно, понятие о классе в данном случае отличается от следующего из результатов, приведенных в таблице.) Для С-нитросоединений выбраны следующие эталонные объекты: 2, 2, 2-тринитроэтилкарбонат (1-й класс); метил-2, 2, 2-тринитроэтилкарбонат (1-й класс); N-(2, 2, 2-тринитроэтил)-3, 3, 5, 5-тетранитропиперидин (1-й класс); бис(2, 2, 2-тринитроэтил)сукцинат (2-й класс); 1, 1, 1, 3-тетранитробутан (2-й класс); 2, 2-динитропропан-1, 3-диол-бис(4, 4, 4-тринитробутират) (2-й класс); нитроизобутил-4, 4, 4-тринитробутират (3-й класс); метилен-бис(4, 4, 4-тринитробутирамид) (3-й класс); 2, 2-динитробутил-4, 4, 4-тринитробутират (3-й класс). Качество распознавания составило 76%. Введение понятия о классе повысило качество распознавания объектов до 84%. Понятие о классе включало: для 1-го и 3-го классов — OB_{100} и K , для 2-го класса — OB_{100} и P .

Исходя из гипотезы компактности классов, можно провести статистический анализ информативных весов признаков по критерию Стьюдента для уровня значимости 0,95. В результате, из рассмотренной последовательности соединений выброшены N-метилэтилендинитрамин, 1, 1, 1, 3, 5, 5, 5-гептанитропентан, N, N'-бис(2, 2, 2-тринитроэтил)мочевина, 2, 2, 2-тринитроэтил-4, 4, 4-тринитробутират, 3, 3, 4, 4-тетранитрогексан, 2, 2, 4, 4, 6, 6-гексанитрогептан. В «химических» причинах «нестандартного» поведения чувствительности этих соединений предстоит еще разобраться, однако без учета таких молекул можно для нитраминов получить качество распознавания 97% (не распознан 2, 2, 5, 7, 7, 9, 12, 12-октанитро-5, 9-диазатридекан), а для С-нитросоединений — 90% (не распознаны этилен-бис(4, 4, 4-тринитробутират) и 2, 2-динитропропил-4, 4, 4-тринитробутирамид). Отметим, что в настоящем подходе группа гемдинитросоединений распознана полностью, в то время как подход [3] не давал надежного прогноза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В. И. Распознающие системы. Справочник.— Киев: Наук. думка, 1983.
2. Белик А. В., Потемкин В. А. Тез. VIII итоговой научной конф.— Челябинск, 1984.
3. Камлет М. Детонация и взрывчатые вещества.— М.: Мир, 1981.
4. Зенкин А. А., Зенкин А. И. Сборник работ по математической кибернетике.— М.: ВЦ АН СССР, 1981.

Поступила в редакцию 13/XI 1986

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К УДАРУ СМЕСЕЙ МЕТАЛЛ — ОКИСЛИТЕЛЬ

*С. П. Бажанов, Е. Х. Гидаспова, С. М. Муратов,
В. Г. Капцлович, В. И. Иванов, Л. Я. Кашпоров,
С. И. Воронков*
(Куйбышев)

Существующий стандарт [1] на методы определения чувствительности ВВ к удару предусматривает испытания ВВ при постоянных весах 50—100 мг. Однако, как показывают исследования [2, 3], энергия инициирования смесей металл — окислитель в значительной степени за-

висит от геометрических размеров образца и воздействующего бойка, определяющих характер деформационного процесса, формирующего взрыв.

В данной работе продолжены исследования по изучению деформации и инициирования систем металл — окислитель. Испытания проводились на малом копре К-44-1 с массами грузов 0,2; 0,4 и 1 кг в приборах, позволяющих изменять диаметры бойков и толщину слоя образца, одновременно фиксировать процесс распространения горения из зоны воздействия. В качестве бойков использовались жала со следующими характеристиками: угол заточки 23° , длина 35 и диаметр 3 мм, материал — сталь У10А. Острие жала стачивалось до диаметров ударной площадки 0,5 и 1 мм. Диаметр ударной площадки исходного жала составлял 0,02 мм. Испытания проводились при различных толщинах слоя.

Исследовались смеси на основе металлов, резко отличающихся по физико-механическим, физико-химическим и теплофизическим свойствам, которые в значительной степени определяют характер деформации и условия локального разогрева и воспламенения ВВ, а следовательно, и чувствительность к механическим воздействиям. Для опытов брались цирконий, титан и магний. У циркония и титана $T_{\text{воспл}} = 450$ и 523 К, $T_{\text{пл}} = 2133$ и 1933 К, коэффициент температуропроводности $a = 96$ и 78 м²/с. Прочность образцов размером $d \times h = 10 \times 5$ мм, сформированных при давлениях $p = 1$ ГПа, составляла 360 и 580 МПа. У магния $T_{\text{пл}} = 923$ К, прочность 190 МПа, $T_{\text{воспл}} = 823$ и коэффициент температуропроводности 839 м²/с.

Готовились стехиометрические смеси с различными окислителями (нитрат и пероксид бария, хлорат и перхлорат калия), которые перед испытанием подпрессовывались до давления 300 МПа. О чувствительности смесей судили по нижнему пределу частоты взрывов из 10 опытов. Исследования проводились с целью отработки методики определения критерия оценки чувствительности (минимальной энергии инициирования E_{min}), апробации его на широком круге систем для проверки его объективности и классификации смесей по степени опасности.

Для определения минимальной энергии инициирующего удара воспользуемся тем, что энергию инициирования можно регулировать отношением диаметра бойка к толщине образца d/h [2, 4]. Полученные результаты приведены на рис. 1. Видно, что чувствительность одной и той же смеси характеризуется областью соотношений E , d и h , пределы которой по E могут изменяться более чем на 3 порядка. Стандартные же условия испытания [1] определяют в этой области одну точку, не отвечающую предельному случаю. Минимальная энергия определяется путем уменьшения диаметра бойка до тех пор, пока энергия инициирования прекратит снижаться и начнет увеличиваться, образуя минимум на зависимости $E = f(d/h)$. Процедуру определения E_{min} см. на рис. 1, в, г.

Значения параметров, соответствующих минимальным значениям энергии инициирования, удельной энергии инициирования и энергий инициирования, полученных в стандартных условиях для некоторых смесей, приведены в таблице. Здесь же даны результаты оценки чувствительности смесей при импульсном трении с учетом сдвигообразования в смеси, как в менее прочном элементе фрикционной пары. Сдвиг в смеси осуществлялся с помощью шероховатостей роликов, величина которых составляла 20 мкм [2].

Видно, что энергия удара, полученная в стандартных условиях, не характеризует опасных условий, поскольку ее значения на 2—3 порядка выше, чем значения E_{min} , полученные при оптимальных d и h . Если для оценки степени опасности руководствоваться только минимальным диаметром d_{min} , то ввиду дискретности диаметра бойков получается, что чувствительность многих смесей становится неразличимой, поскольку они имеют один и тот же d_{min} .

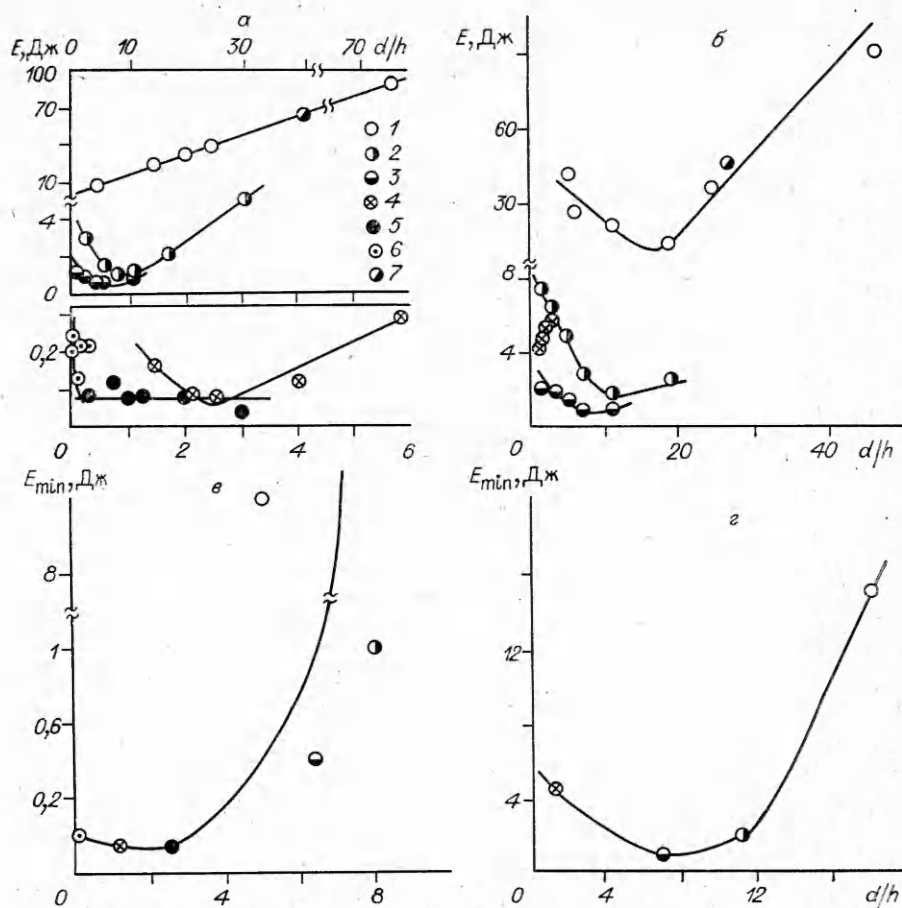


Рис. 1. Зависимости энергии инициирования (а, б) и минимальной энергии инициирования (в, г) от d/h и d при ударе на копре.
 а, в) $Zr + Ba(NO_3)_2$; б, г) $Mg + Ba(NO_3)_2$. d , мм: 1—10, 2—4, 3—2,5, 4—1, 5—0,5, 6—0,02; 7—стандартная навеска 50 мг.

Использование в качестве критерия оценки чувствительности удельной минимальной энергии удара, приходящейся на единицу площади бойка $E_{min}^{уд}$, и энергии удара, полученной в стандартных условиях $E_{ст}$, показывает, что менее прочные смеси на основе магния оказываются по чувствительности на уровне составов на основе циркония, а в ряде слу-

Параметры инициирования смесей металл— окислитель при ударе и импульсном трении

Смесь	h , мм	d_{min} , мм	d/h	E_{min} , Дж	$E_{min}^{уд}$, Дж/см ²	$E_{ст}$, Дж (50 МПа)	p , МПа
$Zr + KClO_3$	0,37	0,5	1,35	0,04	20,4	10	1,9*
$Zr + Ba(NO_3)_2$	0,40	0,5	1,25	0,04	20,4	62	1,9***
$Zr + KClO_4$	0,30	0,5	1,67	0,12	61,2	35	1,9***
$Ti + KClO_3$	0,27	2,5	9,26	0,32	6,5	55	3,8
$Ti + KClO_4$	0,22	1,0	4,55	0,32	40,5	14	1,9
$Ti + Ba(NO_3)_2$	0,37	2,5	6,76	0,44	9,0	50	11
$Mg + KClO_4$	0,21	2,5	11,9	0,4	8,2	8	19
$Mg + KClO_3$	0,19	2,5	13,6	0,4	8,2	9	38
$Mg + Ba(NO_3)_2$	0,38	2,5	6,58	0,95	19,2	47	658
Гексоген	0,69	2,5	3,62	3,6	73,5	10	110
Тэн	0,65	2,5	3,85	0,3	6,1	7	38

* Частота инициирования 90 %.
 ** 10 %.
 *** 40 %.

чаев даже выше их, что противоречит результатам оценки чувствительности, полученным при импульсном трении с учетом сдвигообразования. Только величина минимальной энергии инициирования позволяет получить ряд чувствительности, хорошо коррелирующий с получаемым при импульсном трении. Совпадение рядов чувствительности, найденных при ударе (с оптимальным соотношением d/h) и импульсном трении, свидетельствует об идентичности деформационного процесса, формирующего взрыв при этих воздействиях, который сводится к сдвигу в ВВ: при ударе — за счет разрушения и смещения фрагментов относительно друг друга [5], при импульсном трении — за счет срезания тонкого слоя смеси шероховатостями роликов [2]. Аналогичный подход теоретически обоснован в работе [6] для ВВ с произвольной реологией.

Анализ экспериментальных данных по чувствительности исследованных смесей показывает, что чем выше $T_{пл}$ и прочность металла, меньше $T_{воспл}$ и a , тем при меньших значениях d , p и E происходит их инициирование при ударе и импульсном трении. Практически это проявляется в том, что смеси на основе циркония показывают большую локальность и чувствительность по сравнению со смесями на основе магния (их инициирование происходит при меньших d , p и E). Промежуточное положение занимают смеси на основе титана.

Большая чувствительность смесей на основе циркония по сравнению со смесями на основе магния дополнительно подтверждается результатами тензометрических и фоторегистрационных исследований характера деформации этих смесей в предвзрывном периоде, проведенных по методам [5, 7]. Осциллограммы $p=f(t)$ показывают, что деформация при плавно спадающем или пульсирующем давлении с постоянной амплитудой 0,1 ГПа в течение 200—300 мкс после достижения максимума p не приводила к инициированию смеси $Mg + Ba(NO_3)_2$. Инициирование происходило только при быстром спаде давления длительностью 20—30 мкс, свидетельствующем о высокоскоростном радиальном движении слоя.

Результаты по измерению скорости движения смесей в процессе удара с помощью ждущего фоторегистратора ЖФР-3 приведены на рис. 2. Они показывают, что для предвзрывного периода (300—600 мкс)

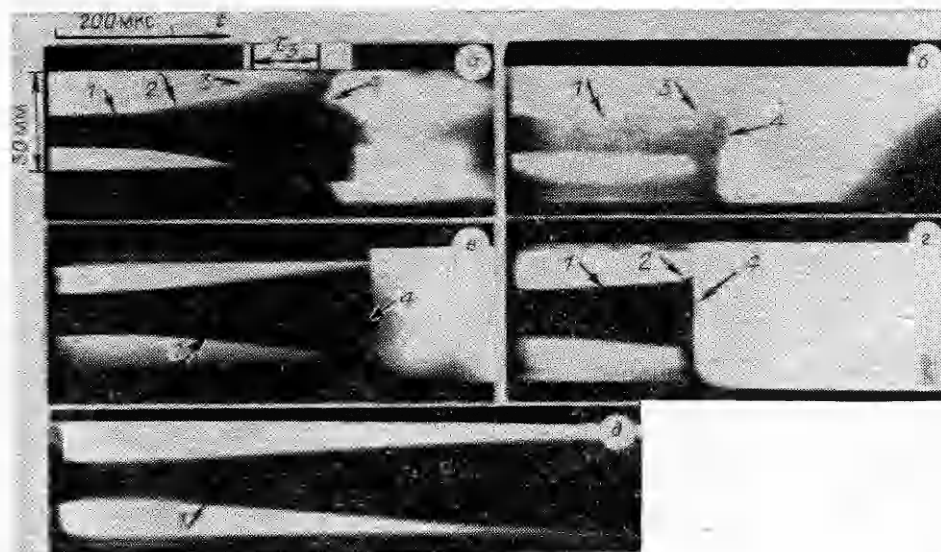


Рис. 2. Регистрограммы процесса деформации и воспламенения смесей $Mg + Ba(NO_3)_2$ (а, б) и $Zr + Ba(NO_3)_2$ (в, г, д) при ударе.

а, б, в, г) воспламенение; д) отказ. Навеска, мг: 500 (а, в), 90 (б) и 150 (г). E , Дж: 50 (а), 25 (б), 30 (в, г) и 17 (д). 1 — низкоскоростное радиальное движение слоя; 2 — промежуточная скорость; 3 — высокоскоростное движение слоя; 4 — воспламенение; τ_3 — время задержки до воспламенения.

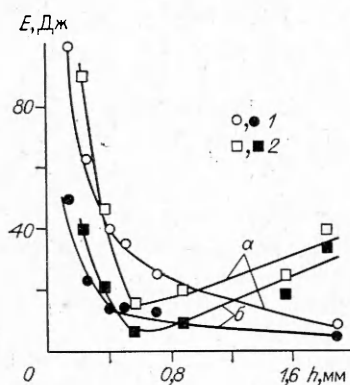


Рис. 3. Зависимость номинальной (а) и поглощенной (б) энергии удара от толщины образцов.
1 — Zr + Ba(NO₃)₂; 2 — Mg + Ba(NO₃)₂.

характерно ступенчатое (в две-три стадии) увеличение радиальной скорости движения смеси от нескольких метров до 100 м/с и более. Воспламенение смеси Mg + Ba(NO₃)₂ наступает через 60—200 мкс от начала высокоскоростного движения слоя или даже после его окончания. Смесь же Zr + Ba(NO₃)₂ инициируется не только при высокоскоростном радиальном движении слоя с заметно меньшим временем задержки от его начала, но и при низкоскоростном движении (~10 м/с). Если наряду с номинальной энергией удара использовать в качестве критерия оценки чувствительности энергию, поглощенную образцом $E_{\text{погл}}$ (рис. 3), то во всем диапазоне толщин ($d = 10$ мм) для обеих смесей $E_{\text{погл}}$ удовлетворительно коррелирует с номинальной энергией удара. Причем у смесей на основе магния $E_{\text{погл}}$ больше, а область толщин с минимальной энергией инициирования уже, чем у составов на основе циркония. Для последнего минимум энергии должен проявиться при еще большей толщине слоя, что также указывает на большую чувствительность смеси Zr + Ba(NO₃)₂. Об этом же свидетельствуют и результаты регистрации распространения процесса горения исследованных смесей из зоны воздействия. Они показывают, что для смеси Zr + Ba(NO₃)₂ характерно в большинстве случаев испытаний распространение горения на окружающее вещество. Смесь же Mg + Ba(NO₃)₂ чаще всего инициируется только под бойком без распространения горения на окружающее вещество.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 4545-80. Вещества взрывчатые. Методы определения чувствительности к удару.— М.: Госстандарт, 1981.
2. Муратов С. М., Бажанов С. П., Гидаспова Е. Х. и др. ФГВ, 1985, 21, 4, 123.
3. Муратов С. М., Цыганков В. С., Постнов С. П. и др.— В кн.: Первый Всесоюз. симп. по макрокинетике и хим. газодинамике. Т. II.— Черногоровка, 1984.
4. Афанасьев Г. Т., Боболев В. К. Иницирование твердых взрывчатых веществ ударом.— М.: Наука, 1968.
5. Афанасьев Г. Т., Боболев В. К., Карабанов Ю. Ф. и др. ФГВ, 1975, 11, 3, 467.
6. Дубовик А. В., Лисанов М. В.— В кн.: Матер. VIII Всесоюз. симп. по горению и взрыву. Детонация и ударные волны.— Черногоровка, 1986.
7. Кондриков Б. П., Чубаров В. Д.— В кн.: Вопросы теории взрывчатых веществ.— М., 1974.

Поступила в редакцию 11/XI 1986,
после доработки — 20/II 1987

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ УДАРНИКА В МЕТАЛЛЕ

С. К. Андилевко, Е. Н. Сай, Г. С. Романов,
С. М. Ушеренко

(Минск)

Форма кратера, возникающего при соударении, зависит от материала ударника и преграды, скорости, угла соударения и т. д. [1]. В рамках принятых представлений о кратерообразовании [2] наибольшая деформация материала преграды наблюдается на этапе расширения. Конечный диаметр кратера, как правило, больше диаметра ударника. Глубина кратера обычно не превышает 10—40 размеров исходного ударника. Кратеры, геометрия которых отклоняется от описанной выше, принято счи-