

УДК 541.12.031

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Г. А. Нишпал, В. Г. Базарова, Э. Г. Гусановская  
Федеральный центр двойных технологий "Союз", г. Дзержинский, Россия

*Рассмотрен комплексный подход к методам определения чувствительности взрывчатых материалов (ВМ). Предварительная оценка относительной чувствительности дает возможность аттестовать данный взрывчатый материал по уровню чувствительности к уже известным материалам. При наличии необходимого количества материала можно в ходе дальнейших исследований провести испытания по определению критических параметров и дать рекомендации по проектированию оборудования и организации технологического процесса.*

Как показывает статистика, основной причиной несанкционированных (случайных) загораний при производстве ВМ и изготовлении из них изделий является чувствительность к механическим воздействиям, которая может достигать величины более 90 % от общего количества аварий.

Действительно, практически любые технологические операции (прессование, шнекование, смешение, чистка оборудования и т. д.) связаны с механическими воздействиями на перерабатываемый материал. Знание закономерностей и допустимых величин этих воздействий на ВМ, исключающих его загорание, т. е. допустимых тепловых воздействий, являющихся результатом перехода механической энергии в тепловую, — один из важнейших вопросов при организации безопасных технологических процессов переработки ВМ.

Процесс перехода механической энергии в тепловую является сложным вопросом, и до настоящего времени отсутствует единая теория на механизм этого явления. В то же время этот вопрос имеет принципиальное значение при организации безопасных технологических процессов, конструировании оборудования, эксплуатации и транспортировании ВМ и изделий, так как исключение возможности начального очага загорания автоматически исключает аварию в целом.

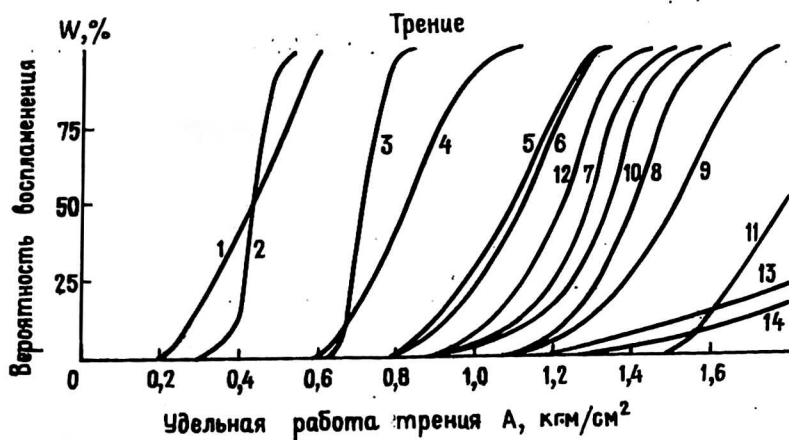
В связи с вышесказанным можно сказать, какое принципиальное значение для оценки и прогнозирования безопасности приобретает информативность экспериментальных методов испытаний ВМ на чувствительность к механическим воздействиям. В настоящее время как в стране, так и за рубежом существует большое число разнообразных методов испытаний, которые условно можно разделить на две группы:

методы относительной оценки чувствительности, позволяющие построить ряд чувствительности, т. е. аттестовать данный ВМ по уровню его чувствительности к механическим воздействиям (рисунок);

модельные методы испытаний, позволяющие воспроизвести механические воздействия в реальном производстве и определить критические параметры загорания интересующего ВМ — давление ( $P$ ), скорость ( $V$ ), время ( $\tau$ ).

Каждая из названных групп, с нашей точки зрения, имеет право на применение стадии разработки ВМ или изделия. При наличии достоинств и недостатков каждая из этих групп дополняет одна другую. Например, результаты исследований, полученные при помощи методов относительной оценки чувствительности, не могут быть непосредственно использованы при проектировании технологической аппаратуры или организации технологического процесса. Эти задачи могут решаться при использовании модельных методов испытаний ВМ, которые

разрабатываются только при наличии уже спроектированной аппаратуры и достаточного количества испытуемого материала (десятки и сотни граммов) [6].



Чувствительность к механическим воздействиям ВМ:

1 — гремячая ртуть; 2—12 — пороха; 13 — гексоген; 14 — октоген

Таким образом, целесообразность использования обеих групп методов оценки чувствительности не вызывает сомнений. Преимущество каждой из групп на определенном этапе разработки нового материала очевидна, т. е. на первоначальном этапе решающую роль при аттестации состава, в ряду уже известных, играют результаты относительной оценки чувствительности.

При организации технологического процесса, в том числе проектировании оборудования и оснастки, необходимо знание критических параметров, которые можно получить при помощи модельных методов испытаний.

Не останавливаясь подробно на анализе первой группы методов испытаний, которая неоднократно рассматривалась в работах известных ученых [1—5], отметим, что по информативности отечественные методы испытаний на чувствительность к механическим воздействиям не уступают зарубежным. Подтверждением тому является то, что представленные в Комитет экспертов ООН отечественные методы испытаний для малых навесов (на удар на вертикальном копре и ударный сдвиг на приборе К-44-111) включены в сборник ООН "...Испытания и критерии" в качестве альтернативных [7].

В связи с тем, что модельные методы испытаний чувствительности к механическим воздействиям, как отдельное специфическое направление исследований при оценке безопасности ВМ, сформированное в России в последние 10—15 лет, не имеют такой широкой практики и научной базы, как методы первой группы, остановимся более подробно на их анализе.

Большой вклад в разработку модельных методов испытаний внесли специалисты различных научных школ: В. Н. Широков, А. И. Левин, В. Я. Копытов, А. К. Чекалина, В. П. Требунский, В. Г. Базарова, Ю. И. Водяник, В. И. Гладков, Н. П. Логинов, Н. Т. Дрягина и др. Рассмотрим, каковы основные принципы создания модельных методов.

Анализ работы технологического оборудования, применяемого в производстве ВМ, позволяет, при всей сложности и многообразии, выделить ряд типичных механических воздействий на перерабатываемый ВМ или изделие на его основе, отвечающих реальным условиям (табл. 1).

Разработанная классификация механических воздействий и оценки их параметров позволяют путем создания несложных устройств произвести эксперимен-

тальное (физическое) моделирование и определение реальных критических параметров загорания практически для всех ВМ применительно к технологической аппаратуре, используемой в производстве ВМ, и нагрузкам, наблюдаемым при эксплуатации изделий.

Таблица 1

**Классификация механических воздействий  
при технологических операциях в производстве ВМ**

Тип воздействия	Область проявления	Определяемые параметры
Объемное сжатие	Поддавливание, полимеризация, слив, прессование	$P$ , кгс/см <sup>2</sup>
Трение при сдвиге	Поршни, шнеки, скребки	$P$ , кгс/см <sup>2</sup> ; $V$ , м/с
Трение при бесконечном сдвиге	Уплотнения, механическая обработка	$P$ , кгс/см <sup>2</sup> ; $V$ , м/с
Течение через канал	Шнеки, решетки, вальцы	$P$ , кгс/см <sup>2</sup> ; $W$ , об/мин
Скоростной удар	Центробежное смешивание	$V$ , м/с

Данный подход позволяет также спрогнозировать уровень безопасности вновь разрабатываемого оборудования и рекомендовать оптимальные исходные данные при его разработке.

На сегодняшний день вопросы методологии моделирования до конца не изучены, а существуют только общие принципы подхода создания представительной модели, при которых учитываются следующие параметры:

- геометрическое подобие;
- энергетическое подобие;
- адекватность материалов модели и натуре;
- использование величины навески изучаемого вещества, исключая влияние краевых эффектов;
- установление основных критических параметров.

В связи с тем, что объемы одной статьи не позволяют описать все известные методы модельных испытаний, ограничимся только перечислением наиболее широко применяемых в практике исследований:

- чувствительность к механической обработке резцом (трение при сдвиге);
- модель работы сальниковых уплотнений (трение при бесконечном сдвиге);
- модель торцевого трения;
- модель составляющих нагрузок (конус);
- модель падения изделия;
- модель проскальзывания ВМ при падении;
- модель вибрационных нагрузок ЖВВ;
- модель адиабатического сжатия;
- модель движения жидковязкого ВМ в тонкой щели (зазор в оборудовании);
- отсечка жидковязкого ВМ при движении по массопроводу.

Из перечислений модельных методов испытаний можно сделать вывод о том, что каждый из них решает только одну конкретную задачу. Преимущество предложенного подхода заключается в том, что при испытании на определенный вид воздействия (удар или трение) используется одно и то же оборудование, изменяется только рабочий орган установки. Так, при оценке работы сальниковых уплотнений используется известный прибор И-6-11, при этом вместо пестиков с поддоном устанавливается модель пары трения, отвечающая условиям работы сальниковых уплотнений.

Анализ многочисленных данных по критическим параметрам загорания ВМ, полученных различными исследователями (Левин, Широков, Базарова, Копытов, Павлова, Боргуль, Водяник и др.), дает основание полагать, что удельные давления, при которых происходит загорание ВМ, находятся в функциональной зависимости от времени воздействия и скоростей пар трения  $P_{уд} = f(\tau, V)$ . При этом в зависимости от условий механического нагружения конкретного ВМ можно с достаточной для инженерных расчетов точностью указать удельные давления прижатия и скорость пар трения для распространенных конструкционных материалов (металл, тефлон, резина, войлок) (табл. 2).

Таблица 2

Критические параметры воспламенения ВМ

Тип воздействий на ВМ	Время, воздействия, с	Критические параметры	
		$P_{уд}$ , кгс/см <sup>2</sup>	$V$ , м/с
Длительное трение при установившемся теплоотводе	> 3000	10—25	0,3—0,2
Трение с истиранием испытуемого материала в зоне трения	5—30	15—30	1,2
Проскальзывание при падении или сдвиге	$1 \cdot 10^{-1}$	20—40	5—4
Кратковременные (импульсные) воздействия	$5 \cdot 10^{-4}$	500—1500	5

Таким образом, с учетом коэффициента безопасности, в зависимости от условий переработки материала, приведенные выше данные могут служить отправной точкой при конструировании технологического оборудования или оценках допустимых нагрузок на изделия при его эксплуатации. При этом необходимо учитывать, что критические параметры загорания могут снижаться на порядок и более при образовании пары трения ВМ.

Представленная выше попытка анализа информативности используемых в практике методов испытаний по оценке чувствительности ВМ ставила своей задачей показать необходимость комплексного подхода к решению задачи снижения вероятности загорания ВМ при его переработке и использовании.

Таким образом, рассмотренный комплексный подход к методам определения чувствительности к механическим воздействиям ВМ, показал необходимость как предварительной оценки относительной чувствительности разрабатываемого материала, так и проведения модельных испытаний, позволяющих воспроизвести механические воздействия в реальном производстве с целью определения критических параметров загорания интересующего ВМ.

## Литература

1. Холево Н. А. Чувствительность взрывчатых веществ к удару. — М.: Машиностроение, 1974.
2. Афанасьев Г. Т., Боболов В. К. Иницирование твердых взрывчатых веществ ударом. — М.: Наука, 1968.
3. Дубовик А. В., Боболов В. К. Чувствительность жидких взрывчатых систем к удару. — М.: Наука, 1978.
4. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. — М.: Оборонгиз, 1960.
5. Боуден Ф., Иоффе А. Быстрые реакции в твердых веществах. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962.
6. Звонарев Ю. В. Предложения по использованию лабораторно-стендовых методов СССР для оценки степени опасности ВМ согласно рекомендациям ЭКО СОС ООН: Справка-отчет. — М.: ЦНИИХМ, 1989.
7. Рекомендации по перевозке опасных грузов. Испытания и критерии. 1-е изд. — Нью-Йорк, 1987.

**THE COMPARATIVE INFORMATIVE ANALYSIS OF TESTS METHODS  
AT VALUATION OF THE EXPLOSIVE MATERIALS SENSITIVITY  
TO MECHANICAL EFFECTS**

*G. A. Nishpal, V. G. Bazarova, E. G. Gusanovskaja*  
Federal centre of double technologies "Union", Dzerjinskij, Russia

*The complex approach to methods of determination of explosive materials sensitivity is considered in this article. The tentative estimation of relative sensitivity enables to certify the given explosive material on level of sensitivity to already known materials. If there is necessary amount of a material it is possible during further researches to conduct tests on definition of critical parameters and to give the recommendations for designing of the equipment and organization of technological process.*