

α_0	$\beta=0$		$\beta=0,1$		$\beta=0,4$	
	R_*	τ_*	R_*	τ_*	R_*	τ_*
1,1	9,6	1,33	10,1	1,33	12,1	1,37
1,5	11,6	1,15	11,7	1,17	16,3	1,17
2,0	13,7	1,03	14,1	1,04	19,9	1,05

и предела текучести β . Неравенства (11) позволили сформулировать основное требование на время приложения внешнего давления τ_0 для осуществления неустойчивых режимов прессования

$$\tau_0 \leq \frac{v_0^2}{v} \left(\frac{\tau_*}{R_*} \right). \quad (12)$$

В частности, из (12) следует, что для порошка железа с размером зерен ~ 100 мкм при температуре порядка температуры плавления вещества $\tau_0 \leq 10^{-3}$ с. Результаты численного интегрирования задачи (1), (2), (10) приведены в таблице. Эти данные показывают, что для осуществления неустойчивых режимов схлопывания пор в материале необходимо с ростом начальной пористости порошкового материала увеличивать величину прикладываемого давления и сократить время достижения этого давления. Повышение предела текучести вещества порошка требует увеличения p_0 , а время достижения этого давления практически не изменяется.

В заключение отметим, что расчеты для различной геометрии поры, произвольной формы импульса давления с учетом противодействия газов и поверхностного натяжения можно выполнить аналогичным образом.

Поступила в редакцию 16/1 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Анисичкин. ФГВ, 1979, 15, 6, 126.
2. О. В. Роман, В. Ф. Нестеренко, И. М. Пикус. ФГВ, 1979, 15, 5, 102.
3. В. А. Косович, А. М. Каунов, В. С. Седых и др. ФХОМ, 1982, 1, 30.
4. А. В. Аттетков, В. В. Селиванов, В. С. Соловьев. ПМТФ, 1983, 1, 127.
5. Н. И. Матюшкин, Ю. А. Тришин. ПМТФ, 1978, 3, 99.

ВЛИЯНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ИЗБИРАТЕЛЬНУЮ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВВ К ФОРМЕ ИМПУЛЬСА УДАРНО-ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

*С. Г. Андреев, М. М. Бойко, В. В. Лазарев, В. С. Соловьев, А. И. Чернов
(Москва)*

В настоящее время установлено, что ВВ обладают избирательной способностью по чувствительности не только к виду энергии внешнего воздействия (начального импульса), но и к распределению энергии начального импульса во времени, в частности к профилю импульса давления [1, 2]. Это свойство прежде всего связано (предположительно) с особенностями механизма трансформации энергии внешнего воздействия в тепловую на различных неоднородностях и образования первичных очагов разложения (горячих точек), а также с механизмом развития начавшегося взрывчатого превращения в форму, регистрируемую в опытах по определению чувствительности. По этой причине ряд чувствительности ВВ, например к механическому удару, в общем случае не совпадает с рядом к ударно-волновому воздействию, которое отличается наличием

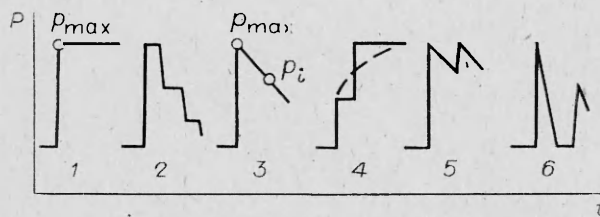


Рис. 1. Монотонные и немонотонные профили нагружения.

максимально возможных скоростей подъема давления (и соответственно скоростей деформаций) внутри ударного фронта.

Представляют интерес более подробные исследования ударного нагружения, в частности зависимости чувствительности одного и того же ВВ от формы импульса волнового нагружения (характеристик нарастания давления и его спада). Наиболее распространенные профили нагружения среды можно разделить на условно названные здесь монотонные (рис. 1, 1—3) (в период достижения максимума p_{\max} давление возрастает монотонно) и немонотонные (p_{\max} достигается немонотонно или даже возможны догружающие пики давления) (рис. 1, 4—6).

Если за показатель чувствительности принимать амплитуду волнового нагружения, формирующего детонационную волну (ДВ) на определенной, фиксированной глубине заряда L , то существующие данные по монотонному нагружению свидетельствуют о наибольшей чувствительности ВВ к одноступенчатому нагружению ударной волной (УВ) (прямоугольный профиль) без спада давления (см. рис. 1, 1). Для однородных ВВ это явление и в определенной степени динамика процесса прогнозируются полуколичественно на основании расчетных схем определения условий возбуждения детонации, сводящихся к вычислению температуры ударно-волнового разогрева и задержки адиабатического взрыва [3, 4]. При этом снижение чувствительности при переходе от монотонного одноступенчатого профиля (см. рис. 1, 1) к многоступенчатому (см. рис. 1, 4) объясняется падением температуры ударного разогрева по сравнению с однократным сжатием той же амплитуды. У неоднородных (пористых) ВВ возможность уменьшения чувствительности при переходе от одноступенчатого к многоступенчатому нагружению можно объяснить тем, что с увеличением времени достижения p_{\max} в волне сжатия уменьшаются интенсивность разогрева ВВ в окрестности неоднородностей вследствие увеличения количества рассеянного тепла и мощность тепловыделения, связанная со скоростью деформации.

Исключение из этого правила могут составить нагрузки с немонотонными профилями со спадом давления и последующим догружением (см. рис. 1, 5, 6), когда импульс давления, предваряющий последующее сжатие, либо генерирует неоднородности в первоначально однородном ВВ, либо развивает уже имеющиеся в гетерогенном. При этом ко времени прихода догружающего пика давления перестройка структуры может оказаться достаточной для повышения чувствительности заряда. Такой эффект наблюдается, в частности, в опытах с повторным догружением, проведенных в [4].

При малой разновременности импульсов немонотонных профилей и малой глубине спада (см. рис. 1, 5) и тем более при многоступенчатом сжатии (см. рис. 1, 4) возможно падение чувствительности, вызванное повышением однородности и частичным сгоранием (затухающим) вещества в очагах, неэффективных при данном давлении.

Таким образом, если учесть, что из-за различных реологических характеристик ВВ заряды обладают разной склонностью к изменению пористости и структуры порового пространства под действием УВ, то возможность изменения места ВВ в ряде чувствительности к ударно-волно-

вому импульсу при переходе от монотонного к немонотонному профилю нагружения представляется очевидной.

В настоящей работе рассматривается возможность изменения ряда чувствительности ВВ для монотонных профилей при переходе от одноступенчатого сжатия без спада к профилю со спадом (с градиентом давления) за ударным фронтом. Это равносильно существованию избирательной чувствительности к форме монотонных импульсов. В частности, рассматривается возможность повышенной чувствительности ВВ к нагружению с градиентом давления за ударным фронтом.

Современные представления о механизме течения веществ поликристаллической структуры при волновом нагружении и процессах разложения ВВ в окрестностях горячих точек, образованных при ударно-волновом нагружении, позволяют предположить существование различных тенденций изменения энерговыделения (а следовательно, и перехода ударной волны в детонационную), вызываемых изменением формы монотонных профилей нагружения.

Влияние разгрузки на чувствительность вещества обусловлено не только микроструктурными показателями заряда, но и характеристиками и особенностями неупругого деформирования матричного (сплошного) ВВ на стадии зарождения очагов, а также динамикой процесса нестационарного тепловыделения на последующих стадиях разложения. Не приводя анализа гипотетических механизмов энерговыделения, ограничимся тем замечанием, что наличие у некоторых веществ таких особенностей может привести к их повышенной чувствительности к определенной форме импульса и, следовательно, к существованию у ВВ избирательной способности к определенной форме, даже среди монотонных форм профилей нагружения. В частности, это равносильно изменению ряда чувствительности даже при ударно-волновом нагружении при переходе от одноступенчатого профиля (см. рис. 1, 1) к профилю со спадом (см. рис. 1, 3) или при изменении скорости сброса давления за фронтом ударной волны. Этот эффект может проявиться для рядов, содержащих ВВ, например, со значительно отличающимися физическими характеристиками, определяющими стадии образования горячих точек и разложения. Последнюю в первом приближении можно рассматривать как горение ВВ, окружающего очаг первоначального разложения. Для подтверждения сделанных предположений проведены экспериментальные исследования, описанные ниже.

Эксперимент

В качестве модельных ВВ выбраны гексоген и тротил, различающиеся температурой плавления, т. е. характеристикой, связанной с особенностями межмолекулярного взаимодействия, которое определяет реологические свойства сплошного и пористого вещества, теплофизические характеристики. Эти ВВ также отличаются скоростью горения, связанной в первую очередь с термохимическими характеристиками.

С целью моделирования влияния на чувствительность ВВ изменения реологических характеристик при сохранении (слабом изменении) термохимических применяли тротил, нагретый до 70°C (обозначен ТНТ 70°C), рассматриваемый в данном случае как третье вещество в ряду: гексоген 20°C, ТНТ 20°C, ТНТ 70°C. Для ТНТ при нормальных условиях соответственная температура (отношение начальной температуры T_n к температуре плавления $T_{пл}$) равна 0,80, а предел прочности, определенный по копровым испытаниям [4], — 0,034 ГПа, в то время как при 70°C эти величины равны 0,97 и 0,01 ГПа соответственно. При этом повышение T_n на 50°C при нормальном давлении увеличивает скорость горения, согласно оценкам по моделям стационарного горения в газовой и ж-фазе [1, 5], на 20%. С ростом давления температурное ускорение горения проявляется еще слабее.

Для облегчения анализа результатов экспериментов с указанным рядом ВВ в дополнительной серии опытов оценивали влияние повышенной температуры (70 и 130°C) на скорость энергосвободения в ударно-сжатом гексогене. Гексоген отличается от тротила меньшей соответственной температурой и повышенной прочностью (при нормальных условиях 0,62 и 0,08 ГПа соответственно), а также скоростью горения. При 130°C гексоген имеет практически те же значения соответственной температуры (0,85) и прочности (0,05 ГПа), что и тротил в нормальных условиях. Указанные величины лишь косвенно могут использоваться для сравнения поведения ВВ при ударно-волновом сжатии (так как они получены при условиях, близких к нормальным).

Заряды исследуемых ВВ диаметром 20 и длиной $L = 5 \div 20$ мм отпрессовывали без связующих добавок из порошков примерно одинаковой исходной дисперсности до одинаковой пористости 5%. Шашки ТНТ покрывали пленкой лака и на эпоксидном компаунде вставляли в матрицу диаметром 50 мм, отпрессованную из хлористого калия. Гексоген запрессовывали непосредственно в матрицу из того же материала. На наружную поверхность матрицы во всех опытах наматывали нихромовую спираль, которую в случае необходимости нагрева ВВ подключали к источнику тока. Система термостатирования обеспечивала однородный разогрев ВВ (с точностью до 2°C), который контролировали с помощью термопар.

Нагружение осуществлялось ударом дюралюминиевой пластины и взрывом активного заряда через инертный ослабитель. Толщина нагружающей пластины (6 мм) достаточна для того, чтобы не учитывать влияние тыльной волны разгрузки на ускорение инициирующей ударной волны при выбранных размерах таблеток ВВ и изучать ответную реакцию вещества на нагружение одноступенчатым профилем давления без спада. Активный заряд с плосковолновым генератором диаметром 50 мм через ослабитель из смеси NaCl/церезин (8/1) создает нагружающий импульс со скоростью спада давления за ударным фронтом в центральной зоне на границе раздела ослабитель — нагружаемая среда $\sim 0,8 \cdot 10^6$ ГПа/с. Эти значения определены в серии предварительных экспериментов при нагружении таблеток из того же материала, что и ослабитель. Таблетку прессовали до плотности, при которой кривая ее динамического сжатия в координатах $p-u$ с точностью до 10% совпадает с аналогичными кривыми, построенными по ударным адиабатам тротила и гексогена с «замороженными» реакциями. Амплитуду нагружающего импульса задавали в первом случае скоростью метания пластины, а во втором — толщиной ослабителя.

Параметры входящей ударной волны измеряли плоским электромагнитным датчиком из медной фольги толщиной 0,07 мм, наклеенным на верхний торец исследуемой таблетки (рис. 2). Ответную реакцию ВВ определяли по профилю скорости границы раздела нижнего торца ВВ и прилегающей поверхности матрицы, регистрируемому П-образным датчиком из алюминиевой фольги толщиной 0,075 мм.

Образец нагревали со скоростью 0,1 К/с, что обеспечивало равновесное тепловое расширение, не приводящее к значительным внутренним напряжениям и растрескиванию и возможному появлению сдвиговых деформаций зерен, а также малое время возможного разложения ВВ при повышенных температурах. Сравнение результатов серии опытов при нормальной начальной температуре без предварительного и при однократном предварительном нагреве с последующим естественным охлаждением не выявило каких-либо необратимых процессов, изменяющих структуру и химический состав заряда при нагреве и последующем охлаждении.

На рис. 3 представлены результаты экспериментов с таблетками высотой $L = 16 \div 20$ мм. За показатель чувствительности принята амплитуда входящей ударной волны p_* , при которой профиль массовой скорости на длине исследуемого заряда становится идентичным детонацион-

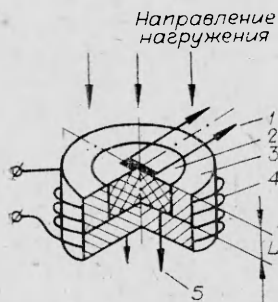


Рис. 2. Схема сборки.

1 — плоский электромагнитный датчик; 2 — исследуемый образец ВВ; 3 — матрица; 4 — спираль нихромовая; 5 — П-образный электромагнитный датчик.

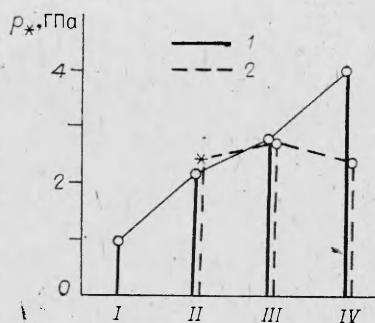


Рис. 3. Изменение ряда чувствительности ВВ.

1 — прямоугольный профиль (см. рис. 1, 1); 2 — профиль по спадам (см. рис. 1, 3); I — гексоген 130°C; II — гексоген 20°C; III — ТНТ 20°C; IV — ТНТ 70°C; * — верхняя граница не установлена.

тому. Сплошными вертикальными линиями изображены уровни давлений p_* для одноступенчатого нагружения (прямоугольным профилем), образующих базовый ряд чувствительности. При нагружении импульсом давления со спадающим профилем (треугольным) ряд чувствительности перестраивается, поскольку чувствительность ТНТ, нагретого до 70°C, возрастает (снижается p_*) и начинает превышать чувствительность ТНТ при $T_n = 20^\circ\text{C}$, определенную при нагружении и прямоугольным, и спадающим профилями давления. Чувствительность ТНТ при нормальных условиях при нагружении со спадом давления несколько ниже, чем при нагружении без спада. Более точно следует говорить об изменении скорости тепловыделения (разложения) за фронтом ударной волны. Однако поскольку большая средняя мощность энергосвечения за фронтом ударной волны обычно отвечает большой чувствительности к ударно-волновому воздействию, будем считать эту нестрогость трактовки опытов допустимой в данном случае.

Нагретый гексоген оказался чувствительнее холодного при нагружении УВ не только с прямоугольным, но и с треугольным профилем. Сенситивизация гексогена с ростом начальной температуры при нагружении УВ со спадом давления обнаружена также в работе [6].

Обсуждение

Результаты экспериментов показывают, что ТНТ обладает следующими особенностями: 1) при нагружении УВ с одноступенчатым прямоугольным профилем давления (см. рис. 1, 1) в диапазоне 20–70°C нагретый ТНТ разлагается медленнее, чем холодный; 2) за фронтом ударной волны без градиента давления нагретый ТНТ разлагается медленнее, чем при ударно-волновом нагружении со спадом давления (см. рис. 1, 3).

При обсуждении полученных результатов будем исходить из того, что условно процесс разложения можно разделить на две стадии: образование очагов разложения (центров или эффективных горячих точек) и последующее разложение ВВ в окрестности первоначальных очагов (уплощенно выгорание вещества вокруг горячих точек). Тогда первую особенность можно интерпретировать, как проявление уменьшения числа горячих точек, образованных ударно-волновым сжатием при повышении начальной температуры, так как более нагретое ВВ вряд ли будет гореть медленнее, чем холодное. При этом, не конкретизируя механизм образования эффективных горячих точек, нельзя исключить и более быстрого выгорания (на начальной стадии) вещества вокруг очагов в ВВ с меньшей начальной температурой. Снижение чувствительности при предварительном нагреве согласуется с представлением об образовании

горячих точек за счет неупругой деформации прочной поликристаллической среды и об определяющем значении прочностных и вязкостных характеристик.

Вторая особенность свидетельствует о том, что в результате спада давления за фронтом ударной волны в нагретом ТНТ доминирует процесс, компенсирующий уменьшение центров разложения непосредственно в ударном фронте: Интенсивность этого процесса такова, что энерговыделение в целом идет быстрее, чем в случае холодного ТНТ с большим числом центров разложения, образованных внутри ударного фронта. Рассматриваемый процесс может сводиться либо к увеличению числа центров разложения и образованию новых, либо к ускорению тепловыделения на стадии выгорания вещества. Возможно сочетание и взаимодействие механизмов стадий генерации эффективных горячих точек и последующего выгорания.

При объяснении этих особенностей будем исходить из того, что тепловыделение, приводящее к образованию горячих точек в поликристаллической структуре, возможно не только на стадии сжатия, но и при разрежении за счет относительного перемещения и деформации зерен заряда. На стадии разрежения генерация горячих точек ослаблена у хрупких тел за счет уменьшения сил сцепления частиц и их относительного трения, и, вероятно, может быть достаточно интенсивной у пластичных и вязких структур. Нужно иметь в виду, что на стадии разрежения, увеличивающей пористость, горение в очаге отвечает модели, учитывающей многообразие факторов, влияющих на горение реального ВВ, в частности пластичности и вязкости матричного вещества, способности структуры к диспергированию и перестройке порового пространства.

Анализируя стадию образования горячих точек и полагая, что их появление определяется в значительной мере деформационными характеристиками ВВ, следует в первую очередь обратить внимание на значения соответственных температур и соотнести их со значениями нижней и верхней границ применимости пластичной, вязкопластичной и вязкожидкостной моделей деформации ВВ. Согласно теории обработки металлов давлением, примененной к ВВ в [7], эти граничные величины соответственных температур смещаются в сторону больших значений при увеличении скорости деформации и в сторону меньших — по мере увеличения степени деформации. Так, согласно [7], пластичность проявляется при медленном прессовании у ВВ с соответственной температурой более 0,72—0,75, а при нагружении тонких слоев ударом — только при $T_n/T_{пл} > 0,9$. Исходя из отмеченных тенденций, можно предположить, что ВВ внутри ударного фронта, где скорости деформации максимальны, минимально проявляет свои вязкопластические свойства, а непосредственно за ударным фронтом деформированное вещество в большей мере проявляет себя вязкопластичной или вязкой средой. Тогда диссипация механической энергии в тепловую на неоднородностях поликристаллической структуры за ударным фронтом может проходить интенсивно и длительно на стадии разрежения пластического вещества. Для хрупкой среды механизм образования горячих точек трением в волне разрежения из-за раздвижки (расхождения) зерен менее эффективен. Этому общему теоретическому положению не противоречит предположение о том, что при нагреве тротила в экспериментах реализована возможность образования эффективных горячих точек не только внутри ударного фронта, но и за ним, так как наличие градиента давления приводит к неоднородной деформации и при разгрузке вещества.

Одновременно при существенно меньшей величине $T_n/T_{пл}$ (ТНТ в нормальных условиях, гексоген холодный и нагретый) ВВ не обладает достаточной вязкопластичностью для интенсивного разогрева горячих точек в волне разрежения. Это и не позволяет проявиться сенсibiliзирующему влиянию спада давления на стадии образования очагов у холодного ТНТ, холодного и нагретого гексогена. При этом для одинако-

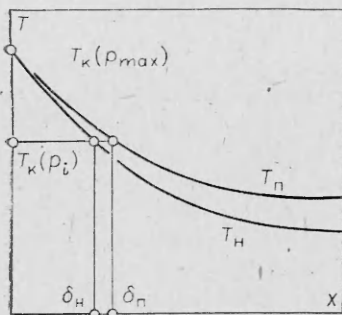


Рис. 4. Влияние начальной температуры на толщину испаряющегося слоя.

вого числа очагов, возникших внутри ударного фронта, меньшая чувствительность этих ВВ в случае нагружения со спадом давления в сравнении с одноступенчатым профилем без спада объясняется меньшей скоростью нестационарного горения в начальный период.

При рассмотрении стадии выгорания ВВ вокруг образовавшихся горячих точек обращает на себя внимание то обстоятельство, что значения температур горячих точек, рассчитанные по времени задержки зажигания ВВ [8], регистрируемому в отдельной серии экспериментов с чистым гексогеном, выше температур (вычисленных по закону Клаузиуса — Клапейрона) плавления [7] и кипения [9]. Это позволяет предположить, что максимальная температура разогрева к-фазы (температура газификации T_k) определяется действующим давлением. Из этого, согласно простейшим моделям зажигания тепловой и газовой теорий, следует, что при фиксированном давлении, а следовательно, и температуре T_k зажигания, отвечающее появлению в к-фазе определенного градиента температур на поверхности, наступит у предварительно нагретого ВВ при большей протяженности прогретого высокотемпературного слоя (кривая T_n на рис. 4) по сравнению с ВВ при нормальной начальной температуре (кривая T_n на рис. 4).

Рассмотрим последствия этого обстоятельства с учетом свойств пластичности на стадии разрежения выгорающего ВВ. В случае нагружения импульсом со спадом давления (см. рис. 1, 3) начальное уменьшение энерговыделения, обусловленное падением скорости горения, может быть скомпенсировано после некоторой задержки тепловыделением в объеме очага разложения, заполненным смесью высокотемпературных продуктов горения (катализаторов) и массы парагаза (предположительно), вскипающего из-за падения давления прогретого слоя δ (см. рис. 4). Дело в том, что при определенном соотношении скоростей адиабатического расширения среды (причины теплоотвода) и поступления парагазовой массы в область высокотемпературных продуктов горения, обладающих сильным каталитическим действием, разложение выкипающей массы может принять форму, близкую к вырожденному тепловому взрыву, когда скорость тепловыделения может превысить тепловыделение от послыонного разгорания очага. Высокая пластичность и вязкость ВВ за фронтом ударной волны способствуют «запечатыванию» реагирующей парагазовой смеси в полости очага и препятствуют ее «выбросу» и охлаждению, которые наблюдались бы у хрупкого материала. Указанный механизм интенсификации энерговыделения не противоречит наблюдаемому в эксперименте ускорению разложения нагретого до 70°C ТНТ под действием импульса со спадом давления за ударным фронтом и отсутствию такого эффекта у ВВ с малыми величинами $T_n/T_{пл}$.

В заключение отметим, что механизм ускорения энерговыделения на начальной стадии выгорания является более критичным к скорости разрежения вещества, чем механизм генерации горячих точек в волне разрежения, и может проявляться только в определенном диапазоне скорости сброса давления, индивидуального для каждого ВВ.

Выводы

1. Обоснована и экспериментально подтверждена возможность перестройки ряда чувствительности ВВ с различными реологическими свойствами при изменении характеристик профиля ударно-волнового нагружения.

2. На примере ТНТ, нагретого до 70°C, показана возможность ускорения разложения ВВ в волнах разрежения за ударным фронтом, не наблюдаемого при нормальной температуре, а также у гексогена во всем исследуемом диапазоне температур.

3. Обнаруженные явления трактуются, как особенности межмолекулярного и внутримолекулярного взаимодействий у ВВ, сходных с нагретым ТНТ, проявляющиеся интегрально при больших значениях соответственных температур. У таких ВВ существует повышенная чувствительность к нагружению при градиентах за ударными волнами.

4. Предлагаются возможные механизмы ускорения разложения ВВ, сводящиеся к генерации горячих точек при неупругих деформациях полукристаллического ВВ, возникающие при градиентах давления, и к ускорению горения в замкнутом очаге вследствие диспергирования исходного продукта и каталитического ускорения его разложения конечными продуктами реакции.

5. Выдвигается гипотеза об определяющей роли образования очагов внутри ударного фронта по механизму сухого трения для ТНТ при $T_n = -20^\circ\text{C}$ и $p < 3$ ГПа, а за ударным фронтом в зоне с градиентом давления — по механизму вязкопластического течения.

Поступила в редакцию 22/III 1984

ЛИТЕРАТУРА

1. К. К. Андреев, А. Ф. Беляев. Теория взрывчатых веществ. М.: Оборонгиз, 1960.
2. К. К. Андреев.— В кн.: Теория взрывчатых веществ. М.: Оборонгиз, 1963.
3. А. Н. Афанасенков, В. М. Богомолов, И. М. Воскобойников.— В кн.: Взрывное дело, № 68/28. М.: Недра, 1970.
4. С. Г. Андреев, М. М. Бойко, В. С. Соловьев. ФГВ, 1976, 12, 1.
5. К. К. Андреев. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ.. М.: Наука, 1966.
6. J. Roth. 5-th Symp. (Internat.) on Detonation. Pasadena, California, 1970.
7. Г. Т. Афанасьев, В. К. Боболев. Иницирование твердых взрывчатых веществ ударом. М.: Наука, 1968.
8. А. И. Чернов, С. Г. Андреев, А. И. Исаев и др. Разложение ВВ за ударной волной (модель процесса). ВИНТИ, № 3022—82 Деп.
9. А. Ф. Беляев. Горение, детонация и работа взрыва конденсированных систем. М.: Наука, 1968.

ВЗРЫВ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ В ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ С ОБРАЗОВАНИЕМ МНОГОФРОНТОВОГО ДЕТОНАЦИОННОГО ГОРЕНИЯ

А. А. Афанасьев, В. А. Левин

(Москва)

В горючей многофазной смеси, состоящей из газообразного топлива с окислителем и твердых или жидких горючих частиц, возможны различные режимы распространения горения. Большой интерес представляют режимы, при которых возникает течение, сопровождающееся появлением нескольких, следующих друг за другом, фронтов горения, детонационных или ударных волн. Как правило, такие процессы существенно нестационарны. Волны того или иного типа взаимодействуют друг с другом, при этом один режим горения может сменяться другим с образованием новых волн.

В упрощенной постановке, когда все волны есть поверхности сильного разрыва, автомодельные режимы течения изучены в работе [1].

Эксперименты по иницированию детонации в смеси этилена с алюминиевыми частицами, проведенные в достаточно длинных каналах, показали, что возможно распространение детонационной волны по газообразному топливу со скоростью, близкой к скорости при отсутствии твер-