

ИССЛЕДОВАНИЕ
ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
СИСТЕМ ГЕКСОГЕН — НАПОЛНИТЕЛЬ

A. Л. Кривченко, K. K. Шведов,
A. N. Дремин, B. C. Козлов
(Москва)

Одним из путей повышения эффективности ВВ является создание смесей, состоящих из твердых ВВ и жидких или загущенных наполнителей. В ряде работ [1—7] показано, что некоторые характеристики таких взрывчатых систем (скорость детонации, теплота взрыва, бризантность, работоспособность) выше, чем у ВВ без наполнителя. Влияние же природы наполнителя на другие важнейшие характеристики процесса детонации — массовую скорость, давление, показатель политропы — практически не исследовано. Не вполне ясны и причины, приводящие к росту скорости детонации и бризантности наполненных систем, связанные с особенностями их детонации, механизмом разложения ВВ и действием наполнителя.

В большинстве работ, посвященных исследованию наполненных взрывчатых систем, соображения о механизме детонации развиваются на основе изучения теплот взрыва, скорости детонации, импульса взрыва и критических диаметров данных систем, что не позволяет делать однозначные выводы. Как правило, роль наполнителей сводилась к увеличению плотности системы и созданию внутренней оболочки, приводящей к разложению ВВ. Сам же наполнитель действовал, как добавка, отнимающая часть энергии [1, 2, 5—7].

В данной работе исследовано влияние различных наполнителей непосредственно на скорость детонации — D , давление — p , массовую скорость — u , показатель политропы процесса — n , а также на время химической реакции — τ и ширину зоны химической реакции (ЗХР) — a .

Измерение параметров детонации производилось электромагнитным методом [8]. Непосредственно измерялись D и профиль $u(t)$. По точке излома профиля $u(t)$ определялись массовая скорость продуктов детонации в плоскости Чепмена-Жуге и время химической реакции.

На рис. 1 приведены характерные осциллограммы профилей массовой скорости. Осциллограммы $u(t)$ наполненных систем подобны осциллограммам для индивидуальных ВВ. Из этого следует, что детонация наполненных систем гексогена носит нормальный характер. В случае недосжатого режима детонации, которого следовало ожидать для наполненных систем, профиль массовой скорости должен был бы иметь

за зоной реакции область постоянных параметров [9]. Остальные параметры рассчитывались по формулам

$$p = \rho_0 D u,$$

$$n = \frac{D}{u} - 1,$$

$$a = (D - 1,25u) \tau,$$

где ρ_0 — начальная плотность системы; $1,25u$ — среднее значение массовой скорости в ЗХР. Точность измерения D — 2%, u — 3%, τ — 10%.

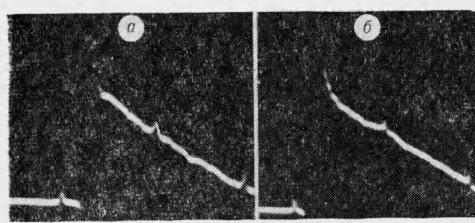


Рис. 1. Характерные осциллограммы профиля массовой скорости:
а) системы гексоген — парафин; б) системы гексоген — вода. Между метками времени 2 мксек.

на, причем объем жидкости с точностью 1—2% равнялся объему пор. Диаметр заряда (кроме особо оговоренных случаев) равнялся 60 мм, длина не менее трех диаметров. Инициирование производилось взрывной линзой.

Результаты эксперимента, приведенные в табл. 1, расположены в порядке увеличения плотности системы, за исключением систем гексогена с водными растворами NH_4NO_3 и NH_4J , которые даны непосредственно за системой гексоген — вода. Следует подчеркнуть, что на ре-

Б опытах использовался крупнокристаллический гексоген с размерами частиц $\delta = 0,3—0,5$ мм, неизменным сохранялось объемное содержание гексогена ($\sim 57\%$), поэтому и плотность ВВ во всех случаях была постоянной ($\rho_{\text{BB}} = 1,03 \pm 0,02 \text{ г/см}^3$). Весовое содержание гексогена зависело от плотности наполнителя.

Заряды гексогена закладывались в пресшпановую оболочку, покрытую тонким слоем церезиновой мастики. Наполнение производилось через специальные ок-

Таблица 1

Наполнитель	c , вес. %	ρ_H , г/см^3	ρ_0 , г/см^3	D , км/сек	u , км/сек	p , кбар	$D \cdot u$, $\text{км}^2/\text{сек}$	$m \cdot u^2$, ккал/кг	τ , мксек	a , мм	n
—	—	—	1,03	6,0	1,56	95,0	9,35	—	0,67	2,50	2,80
—	—	—	1,44	7,53	1,80	195,2	13,60	—	0,24	1,12	3,18
Парафин . . .	24,0	0,90	1,34	8,11	1,85	202,0	15,00	259	0,42	2,44	3,40
Ацетон . . .	24,5	0,79	1,35	6,92	1,62	153,0	11,20	204	0,48	2,37	3,30
Спирт . . .	25,0	0,81	1,36	7,15	1,80	176,0	12,85	257	0,48	2,34	3,00
Раствор ацетона	27,5	1,00	1,43	7,00	1,73	173,0	12,11	287	0,47	2,30	3,05
Вода . . .	27,5	1,00	1,43	7,60	1,60	174,0	12,15	255	0,45	2,52	3,75
64%-ный раствор NH_4NO_3	36,0	1,37	1,61	8,08	1,85	240,0	14,95	475	0,30	1,77	3,36
54%-ный раствор NH_4J	36,0	1,37	1,61	7,10	1,52	174,0	10,80	322	0,54	2,20	3,68
64%-ный раствор NH_4J	41,0	1,61	1,73	7,07	1,51	185,0	10,70	383	0,54	2,80	3,70
Мононитрометан	32,0	1,14	1,51	7,63	1,95	214,0	14,88	—	0,49	2,55	2,92
CCl_4	38,0	1,51	1,68	7,05	1,75	210,0	12,30	477	0,72	3,50	3,02
Бромоформ											
жидкий . . .	51,0	2,81	2,21	6,27	1,45	200,0	9,10	595	0,95	4,23	3,33
твердый . . .	52,0	2,85	2,25	6,15	1,47	202,0	9,05	592	0,75	3,30	3,17

Примечание. ρ_H и ρ_0 — начальная плотность наполнителя и системы; $m \cdot u^2$ приведено на 1 кг ВВ.

зультаты эксперимента при заданном диаметре заряда может оказывать влияние неидеальность режима детонации. Для выяснения этого влияния были проведены опыты на системе гексоген — ацетон с различными диаметрами зарядов (табл. 2). Незначительное различие D и совпадение u и τ для зарядов диаметрами 60 и 80 мм позволяют судить о близости к идеальному режима детонации в зарядах диаметром 60 мм.

По-видимому, и в других системах гексогена режимы детонации при $d=60$ мм близки к идеальному, так как динамическая жесткость наполнителей близка или выше, чем у ацетона.

Как видно из табл. 1, параметры детонации наполненных систем превышают параметры пористых зарядов гексогена с плотностью $1,03 \text{ г}/\text{см}^3$, приближаясь, а иногда и превышая по одному или по всем значениям параметры детонации чистого гексогена с $\rho_0=1,44 \text{ г}/\text{см}^3$ (эта плотность близка к средней плотности системы). Следует отметить, что за счет одновременного роста скорости детонации, массовой скорости и средней плотности заряда происходит резкий рост давления.

Значения показателя политропы систем колеблются в зависимости от природы наполнителя от 2,9 до 3,75, что несколько больше, чем в чистом гексогене при одинаковых давлениях. Времена химической реакции в наполненных системах, как правило, меньше, чем в зарядах насыпного гексогена без наполнителя, но больше, чем в зарядах чистого гексогена плотностью $1,44 \text{ г}/\text{см}^3$. Вероятно, при близких значениях давления для систем гексогена с наполнителем и чистого гексогена с $\rho_0=1,44 \text{ г}/\text{см}^3$ это можно объяснить более низкой средней температурой в ЗХР наполненных систем.

Рост параметров детонации наполненных систем по сравнению с пористым гексогеном может быть вызван рядом причин. При неизменной плотности самого ВВ и объемного содержания наполнителя введение различных наполнителей может приводить к существенному различию в весовом отношении системы ВВ — наполнитель, средней начальной плотности системы, к различным затратам энергии на сжатие, разгон и прогрев наполнителя из-за различия физических свойств наполнителей. Кроме того, наполнитель, даже кажущийся инертным, может разлагаться и реагировать с продуктами детонации (ПД) самого ВВ в ЗХР детонационной волны (до точки Чепмена-Жуге) и за ней — в волне разрежения, или оказывать влияние на ход химической реакции, практически не реагируя с ПД.

Учитывая многообразие возможных факторов влияния наполнителя на параметры детонации наполненных систем, целесообразно выделить несколько главных и решить, какие из них определяют особенности детонации данных систем.

Ввиду различия в плотностях и динамических адиабатах наполнителей трудно сделать определенные выводы на основе измерений только скорости фронта. Поэтому удобно использовать в качестве характеристики произведение двух параметров $D \cdot u$. Эта характеристика прямо пропорциональна теплоте взрыва и позволяет учесть одновременно изменение скорости детонации и массовой скорости из-за различия в динамических свойствах наполнителя, а также исключить в явном виде влияние плотности в энергетических оценках.

Таблица 2

$d, \text{мм}$	$D, \text{км}/\text{сек}$	$u, \text{км}/\text{сек}$	$p, \text{кбар}$	n	$\tau, \text{мксек}$	$a, \text{мм}$
35	6,43	1,55	135,0	3,16	0,42	1,87
60	6,92	1,62	153,0	3,30	0,48	2,35
80	6,98	1,62	154,0	3,32	0,48	2,37

Для большинства систем значения этой характеристики больше, чем у гексогена с плотностью $1,03 \text{ г/см}^3$ и меньше, чем у гексогена с $\rho_0 = 1,44 \text{ г/см}^3$, а в случае систем гексогена с бромоформом $D \cdot u$ даже меньше, чем в гексогене насыпной плотности, что свидетельствует о больших потерях энергии в этой системе.

Из различных сторон действия наполнителя рассмотрим прежде всего возможность чисто физического влияния. Простейшее предположение состоит в том, что при введении наполнителя увеличивается $\rho_{\text{ср}}$ заряда и гексоген работает, как при $\rho_0 = \rho_{\text{ср}}$ (или $\rho_0 = \rho_3$). В любом случае влияние наполнителя при заполнении пор должно сказываться через ρ_0 . Известно, что для чистого гексогена скорость детонации при увеличении ρ_0 на $0,1 \text{ г/см}^3$ возрастает приблизительно на 330 м/сек . Поэтому, если гексоген поведет себя, как при $\rho_{\text{ср}}$, увеличение ρ_0 с $1,03 \text{ г/см}^3$ (в пористом заряде) до $\rho_0 = 1,35 \text{ г/см}^3$ (в случае парафина, ацетона, спирта) должно привести к росту D (без учета потерь) примерно на $1,0 \text{ км/сек}$. Такое предположение кажется оправданным в случае ацетона и спирта; однако оно не объясняет роста D на $2,11 \text{ км/сек}$ у системы гексогена с парафином, а также и того факта, что с дальнейшим ростом плотности системы (CCl_4) D имеет значение на уровне ацетона и спирта. Вероятно, что гексоген в системах разлагается, как при ρ_3 , а заниженные значения D связаны с тем, что с ростом плотности наполнителя и его процентного содержания в системе все большая часть энергии должна расходоваться на его разгон, сжатие и нагрев.

Оценка энергии, тратящейся на разгон и сжатие наполнителя, дает для различных систем значения, лежащие в пределах 200 — $600 \text{ ккал на } 1 \text{ кг ВВ}$, что составляет значительную часть от теплоты взрыва. Потери же энергии на нагрев наполнителя и возможное его испарение или разложение не поддаются точным оценкам.

Проанализируем p — u -диаграммы (ПД) гексогена, динамические адиабаты наполнителей и экспериментальные данные по системам. При этом оценки будем строить на предположении о справедливости аддитивного приближения [10, 11], согласно которому значения массовой скорости при определенном давлении рассчитываются по формуле:

$$u_{\text{см}}^2 = \alpha u_1^2 + (1 - \alpha) u_2^2, \quad (1)$$

где $u_{\text{см}}$, u_1 , u_2 — массовые скорости смеси, наполнителя и ПД гексогена; α — весовая доля наполнителя.

Зная ударную адиабату наполнителя и ПД гексогена при плотности $1,40$ или $1,80 \text{ г/см}^3$, можно рассчитать массовую скорость для соответствующих систем наполнитель — ПД гексогена и сравнить с экспериментальными. Расчет проведем при давлениях, которым соответствуют экспериментальные значения массовой скорости. Совпадение расчетных и экспериментальных точек при применении одной из адиабат ПД гексогена должно показать как работает гексоген в системе.

Для построения p — u -диаграммы были использованы адиабаты ПД гексогена [12] и динамические адиабаты наполнителей, рассчитанные по формулам [13]:

$$D = c_0 + 2u - 0,1u^2c_0^{-1}, \quad (2)$$

для жидкостей и

$$D = c_0 + 1,5u - 0,05u^2c_0^{-1} \quad (2')$$

для парафина, где c_0 — скорость звука при нормальных условиях.

На рис. 2 приведены p — u -диаграммы ПД гексогена и динамические адиабаты наполнителей парафина. Экспериментальные точки, отвечающие каждой конкретной системе обозначены треугольниками и

цифрами, соответствующими адиабате наполнителя. Расчетные точки, отвечающие разложению гексогена в системе, как при средней плотности системы $1,40 \text{ г/см}^3$, обозначены кружками и цифрами с индексом, а точки, отвечающие разложению гексогена при $\rho_0 = \rho_3 = 1,80 \text{ г/см}^3$, показаны квадратиками, которые соединены с экспериментальными линиями. Как видно из рис. 2, экспериментальные и расчетные точки для случая $\rho_0 = 1,40 \text{ г/см}^3$ существенно разнятся между собой. Расчетные точки лежат на p — u -диаграмме, естественно, между адиабатой ПД гексогена $\rho_0 = 1,40 \text{ г/см}^3$ и адиабатами наполнителя. Экспериментальные же точки располагаются на адиабате ПД гексогена, либо выше ее.

Расчетные точки для гексогена плотностью $1,80 \text{ г/см}^3$ и наполнителя располагаются ближе к экспериментальным. Следует при этом отметить, что экспериментальные точки повсеместно смешены влево.

Таким образом, разложению гексогена в системе соответствует плотность $1,80 \text{ г/см}^3$. Однако смещение экспериментальных точек, вероятно, свидетельствует об увеличении энерговыделения в ЗХР наполненных систем. В пользу этого говорит рост теплоты взрыва для систем гексогена с водой по сравнению с сухими зарядами гексогена [6, 7], причем при полном заполнении пор теплота взрыва такой системы превышает теплоту взрыва на 1 кг ВВ зарядов гексогена монокристаллической плотности, приближаясь к значению теплоты, высчитанной по правилу максимума.

Факт роста энерговыделения в ЗХР говорит о возможности физико-химического влияния наполнителя на реакции до плоскости Чепмена-Жуге. Адиабаты для спирта и ацетона (см. рис. 2, 2, 3) очень близки между собой. Поскольку у этих наполнителей плотности и скорости звука практически соответственно равны, можно было бы для них ожидать и равных параметров детонации. Однако D , u и p у системы гексоген — спирт больше соответственно на $0,23 \text{ км/сек}$, $0,18 \text{ км/сек}$ и $23,0 \text{ кбар}$.

Аналогичный эффект наблюдается на системах ТНТ — вода и ТНТ — парафин. Давление детонации в них составляет 110 — 130 кбар и в этом диапазоне давлений их ударные адиабаты совпадают. Скорость детонации и массовая скорость в системе ТНТ — парафин оказались на $0,4$ и $0,2 \text{ км/сек}$ больше.

Наконец, путем смешения наполнителей ацетона и четыреххлористого углерода получен наполнитель с ходом ударной адиабаты очень близким к адиабате парафина (соотношение компонентов $70/30$, плотность $1,00 \text{ г/см}^3$). Но и в этом случае параметры детонации системы гексогена с комбинированным наполнителем также значительно ниже (см. табл. 1).

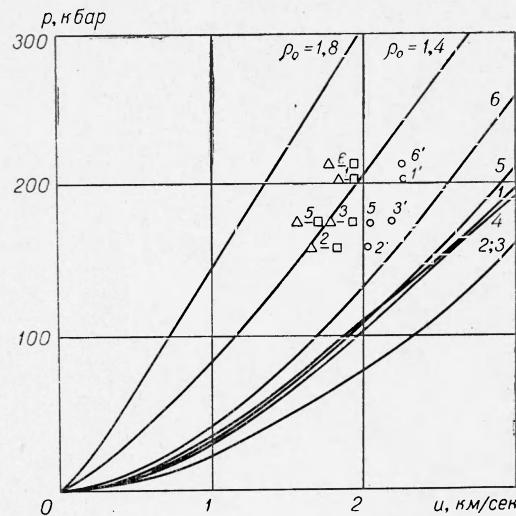


Рис. 2. Ударные адиабаты ПД гексогена с ρ_0 , равном $1,40$ и $1,80 \text{ г/см}^3$; ударные адиабаты парафина (1), ацетона и спирта (2, 3), раствора ацетона и CCl_4 (4), воды (5) и CCl_4 (6).

Особенно отчетливо видно физико-химическое влияние наполнителя на следующем примере. Наряду с двумя системами с активным наполнителем — мононитрометаном и раствором аммиачной селитры по скорости детонации и характеристике $D \cdot u$ выделяется система гексогена с парафином. Причем даже по $D \cdot u$ система с парафином несколько превосходит указанные системы ($15,0 \text{ км}^2/\text{сек}^2$), а по скорости детонации она приблизительно на $0,5 \text{ км}/\text{сек}$ превосходит гексоген с мононитрометаном (МНМ), несмотря на то, что последний успевает разложиться в ЗХР. На это указывает тот факт, что параметры детонации системы с МНМ близки к параметрам детонации чистого гексогена с плотностью, близкой к плотности системы ($D = 7,63 \text{ км}/\text{сек}, u = 1,95 \text{ км}/\text{сек}, p = 214,0 \text{ кбар}, \rho_0 = 1,51 \text{ г}/\text{см}^3$ у системы и $D = 7,60 \text{ км}/\text{сек}, u = 1,88 \text{ км}/\text{сек}, p = 208,0 \text{ кбар}, \rho_0 = 1,46 \text{ г}/\text{см}^3$ у гексогена). Близость параметров детонации, вероятно, объясняется близостью кислородных коэффициентов ($k = 0,666$ у гексогена и $k = 0,636$ у системы).

Считая, что чисто физическое влияние парафина и мононитрометана одинаково, более высокие значения D и $D \cdot u$ в системе гексоген — парафин по сравнению с системой гексоген — МНМ, по-видимому, связаны с тем, что энергетика ЗХР в системе с парафином на единицу массы, а возможно и объема, равна или даже несколько выше, чем в системе с мононитрометаном.

Таким образом, значительный рост параметров детонации системы гексоген — парафин, а вероятно и несколько меньшее увеличение параметров в системах с водой и некоторыми другими наполнителями, происходит вследствие не только роста плотности наполненной системы и разложения основного компонента при ρ_3 , но и, по-видимому, вследствии влияния наполнителя на химические реакции в ЗХР. Все детали этого влияния указать трудно. Возможно оно связано со снижением средней температуры ЗХР, а также с диссоциацией наполнителя и увеличением, а в некоторых случаях и с концентрацией горючих веществ.

Рост давления в наполненных системах, снижение средней температуры ЗХР и повышенная концентрация горючих элементов приводят к смещению равновесия основных реакций окисления в сторону образования продуктов полного окисления, что и ведет к увеличению энерговыделения в ЗХР. Однако часть дополнительного энерговыделения идет на потери, связанные с наполнителем. Поэтому значения параметров детонации наполненных систем должны зависеть от соотношения между дополнительной энергией и потерями. Можно также предположить, что некоторые наполнители несколько переохлаждают ЗХР (флегматизируют). При этом основные реакции не успевают завершиться до плоскости Чепмена-Жуге, частично или полностью завершаясь при этом в волне..

Возможность диссоциации диэлектриков в ударных волнах отмечена в работах [15, 14], где убедительно показано, что развал молекул диэлектриков и связанные с ним потеря прозрачности, а также появление ионной проводимости происходят за времена от $0,1$ до $1,0 \text{ мксек}$ при давлении ударной волны 100 — 140 кбар . В условиях детонационной волны в системах гексогена с наполнителем это явление тем более должно иметь место вследствие более высоких значений давления и температур.

Влияние концентрации, активных и инертных в химическом отношении веществ на параметры детонации наполненных систем можно проследить на примере систем с растворами NH_4NO_3 и NH_4J . Эти две системы удобны, так как имеют одинаковую растворимость и близкие

Таблица 3

Наполнитель	c , вес. %	ρ_H , г/см^3	ρ_0 , г/см^3	D , км/сек	u , км/сек	p , кбар	n	τ , $\mu\text{сек}$	a , мм
Вода	—	1,00	1,43	7,60	1,60	174,0	3,75	0,45	2,52
Раствор NH_4J	10	1,06	1,50	7,55	—	—	—	—	—
	20	1,14	1,52	7,33	1,45	162,0	4,05	0,72	3,96
	30	1,22	1,54	7,18	1,50	170,0	3,80	0,60	3,18
	40	1,30	1,57	7,18	1,48	170,0	3,75	0,71	3,40
	54	1,37	1,61	7,10	1,52	174,0	3,68	0,54	2,20
	64	1,61	1,73	7,07	1,51	185,0	3,70	0,54	2,80
Раствор NH_4NO_3	10	1,04	1,47	7,52	1,50	163,0	4,15	0,72	6,72
	20	1,09	1,49	7,72	1,55	178,0	4,00	0,72	4,20
	30	1,14	1,52	7,94	1,61	185,0	3,92	0,48	2,84
	40	1,20	1,55	7,92	1,70	208,0	3,65	0,53	3,07
	65	1,37	1,61	8,08	1,85	240,0	3,36	0,30	1,77

плотности растворов, что дает возможность учесть влияние как плотности, так и концентрации раствора на параметры детонации систем.

Концентрация водных растворов варьировалась от 0 до насыщения (64%). В табл. 3 приведены полученные результаты. Увеличение параметров детонации с ростом концентрации NH_4NO_3 и падение их с аналогичным ростом концентрации NH_4J в данных системах показывает, что молекулы аммиачной селитры успевают разложиться в ЗХР, а возможно и прореагировать с ПД гексогена.

На рис. 3 приведена зависимость скорости детонации системы от концентрации соли в растворе. Нижняя ветвь соответствует системам с растворами иодистого аммония, верхняя — системам с растворами аммиачной селитры. При малых концентрациях до 10% скорость детонации практически не зависит от концентрации, а затем сильно растет для систем с растворами аммиачной селитры или сильно падает для систем с растворами иодистого аммония и почти достигает насыщения при концентрации растворов 30—40%.

Для случая систем гексогена с растворами солей можно было ожидать монотонные изменения скорости детонации. В системах с растворами аммиачной селитры из-за плавного изменения концентрации, также плавно должна расти энергия, выделяемая в ЗХР, что привело бы к монотонному росту скорости детонации, а в системах с растворами иодистого аммония при плавном изменении концентрации плавно изменяется плотность, что в свою очередь должно привести к монотонному изменению скорости детонации.

Вероятно, наблюдаемая зависимость скорости детонации от концентрации NH_4NO_3 связана с кинетикой взаимодействия продуктов распада гексогена и аммиачной селитры. При малой концентрации значительное количество молекул воды как бы флегматизирует моле-

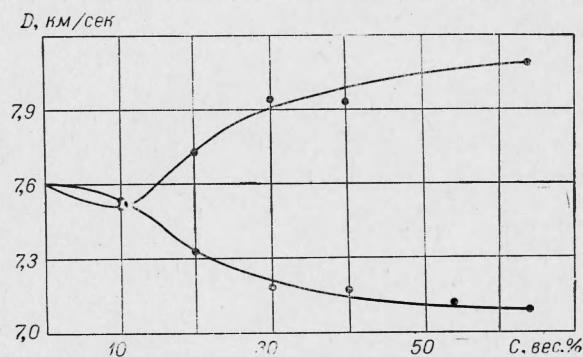


Рис. 3. Зависимость скорости детонации от концентрации растворов NH_4J и NH_4NO_3 в воде.

кулу NH_4NO_3 (в 10% раствора на 1 молекулу NH_4NO_3 приходится 41 молекула воды), затрудняя ее распад и препятствуя дореагированию. С ростом концентрации, начиная с некоторого ее значения, под совокупным действием нескольких факторов (концентрации, возросших и температуры) все большая часть продуктов распада успевает взаимодействовать между собой. Вследствие этого быстро растет энерговыделение в ЗХР и параметры детонации. Начиная же с концентрации 30—40% относительная часть подобного дореагирования практически остается постоянной и скорость детонации растет за счет увеличения массы аммиачной селитры в растворе.

Другим вероятным объяснением может быть адсорбция молекул или продуктов диссоциации аммиачной селитры на поверхности зерен гексогена. С ростом концентрации увеличивается число молекул аммиачной селитры на зернах гексогена. При достижении же некоторого значения концентрации происходит насыщение.

Аналогичными рассуждениями можно объяснить также падение скорости детонации с ростом концентрации иодистого аммония в системах гексогена.

Авторы благодарят В. В. Якушева за полезные консультации и С. Ф. Кузнецова за помощь в проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
5/VII 1972

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Я. Апин. В сб. «Физика взрыва», № 2, Изд. АН СССР, 1953.
2. А. Н. Афанасенков, В. М. Богомолов, И. М. Воскобойников. ФГВ, 1970, 6, 2.
3. А. Я. Апин, Н. Ф. Велина. В сб. «Взрывное дело», 63/20, «Недра», 1967.
4. А. К. Парфенов, И. М. Воскобойников, А. Я. Апин. В сб. «Взрывное дело», 63/20, «Недра», 1967.
5. А. Я. Апин, Н. Ф. Велина. Докл. АН СССР, 1966, 171, 2.
6. Ю. А. Лебедев, Г. Г. Липанин и др. В сб. «Взрывное дело», 52/19, Госгортехиздат, 1963.
7. П. Ф. Покил, В. М. Мальцев, В. М. Заицев. Методы исследования процессов горения и детонации. М., «Наука», 1969.
8. А. Н. Дремин, С. Д. Савров и др. Детонационные волны в конденсированных средах. М., «Наука», 1970.
9. А. Н. Дремин, И. А. Карпухин. ПМТФ, 1960, 3.
10. Ю. Ф. Алексеев, Л. В. Альтшuler, В. П. Крупников. ПМТФ, 1971, 4.
11. Н. М. Кузнецов, К. К. Шведов. ФГВ, 1969, 5, 3.
12. А. Н. Афанасенков, Б. М. Богомолов, И. М. Воскобойников. Первый всесоюзный симпозиум по горению и взрыву. Тез. докл. М., «Наука», 1968.
13. В. В. Якушев, А. Н. Дремин. ЖФХ, 1969, XV, 1.
14. О. В. Якушева, В. В. Якушев, А. Н. Дремин. J «High Temperatures — High Pressures», 1971, 3.

УДК 662.215.1

ДЕТОНАЦИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ СИСТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НЕ СМЕШАННЫХ ФАЗ

B. M. Гендугов
(Москва)

Впервые на возможность распространения детонации в трубе, заполненной газообразным окислителем, стенки которой смочены тонким слоем жидкого топлива, указано в работе [1]. Впоследствии распро-