

**КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

УДК 532.5.013.4 : 662.217.7

**ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ СТенок  
НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ГОРЕНИЯ  
ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

А. Д. Марголин, В. М. Маргулис, П. Ф. Похил

(Москва)

Достижение скорости горения жидких взрывчатых веществ (ЖВВ) критического значения делает нормальное распространение пламени неустойчивым [1] и горение переходит на турбулентный режим или затухает [2]. Экспериментально скорость горения повышают до критической путем изменения температуры ЖВВ или давления сжигания.

Скорость горения ЖВВ можно также изменить, если ЖВВ сжигать в пробирке с металлическими стенками или в пробирку поместить металлический стержень, выступающий над поверхностью [2].

Мы провели экспериментальное исследование гидродинамической устойчивости горения ВВ, ускоренного металлическими пластинами. В опытах близкая к стехиометрии смесь тетранитрометана с бензолом сжигалась в плексигласовых или кварцевых пробирках прямоугольного сечения 5×6 мм. Высота пробирки 40 мм.

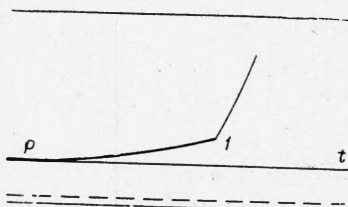


Рис. 1. Осциллограмма давления в бомбе при сжигании ЖВВ в пробирке с металлическими стенками. В точке 1 осуществляется переход на турбулентный режим.

Вдоль двух противоположных стенок пробирки при некоторых опытах располагали тонкие медные или стальные пластины. Перед сжиганием пробирку с жидкостью устанавливали в бомбе, заполненной азотом и поджигали раскаленной нихромовой спиралью. Скорость горения измеряли фоторегистром, а также с помощью записи давления в бомбе. В некоторых опытах проводили киносъемку на 35-миллиметровую пленку кинокамерой «Конвас». Типичная осциллограмма давления в бомбе показана на рис. 1. Результаты измерения зависимости скорости горения от давления приведены на рис. 2.

Металлические пластины заметно увеличивают скорость горения в докритическом режиме и критическую скорость горения, при которой происходит переход на турбулентный режим горения, однако критическое давление перехода на турбулентный режим остается неизменным. Таким образом, на основе этих результатов можно сделать вывод, что устойчивость горения жидкой смеси, в которую введены металлические элементы, определяется «собственной» скоростью

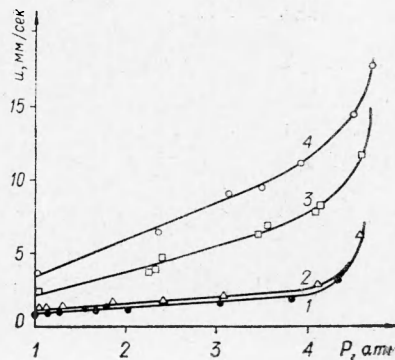


Рис. 2. Зависимость скорости горения от давления стехиометрической смеси тетранитрометана с бензолом.

Плексигласовая пробирка без пластин (1) и со стальными пластинами толщиной 0,1 мм (2); медные пластины толщиной 1,5 (3) и 0,5 мм (4).

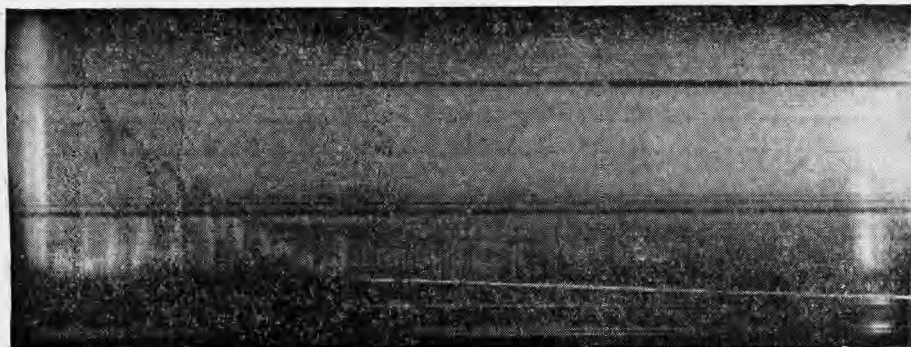


Рис. 3. Запись процесса горения образца на фоторегистре. Видны колебания процесса горения перед резким возрастанием скорости при переходе на турбулентный режим.

горения смеси, а не эффективной, ускоренной металлическими элементами. Механизм горения и нарушение устойчивости горения жидкой смеси, в которую введены металлические элементы, можно представить следующим образом. Верхний конец пластины нагревается в пламени, тепло по пластине распространяется к горячей жидкости.

Так как нагретая жидкость легче холодной, а вязкость жидкости невелика (примерно равна вязкости воды, т. е.  $10^{-2}$  пуаз), то в жидкости возникают конвективные токи, перемешивающие верхний слой жидкости. Верхний турбулизованный слой жидкости нагревается элементом до некоторой температуры  $T_1$ , превышающей начальную температуру  $T_0$ . Такая нагретая перемешиваемая конвективными токами жидкость горит со скоростью  $U_k(P)$ . При низких давлениях  $P < P_1$ , когда  $U_k(P)$  меньше критической скорости  $U_*(P)$  перехода на турбулентный режим, происходит нормальное горение со скоростью  $U_k(P)$ . В интервале давлений  $P_1 < P < P_2$ , таком, что в этом интервале  $U_k(P) > U_*(P)$  превышает критическое значение, а ламинарная скорость при начальной температуре не достигает критического значения (т. е.  $U_0(P) < U_*(P)$ ), можно ожидать следующую картину: когда верхний слой жидкости нагреется до температуры, при которой скорость горения становится сверхкритической, происходит срыв нормального горения и нагретый слой быстро сгорает в нестационарном турбулентном режиме. Под нагретым слоем находится холодная жидкость, которая будет гореть с малой докритической скоростью  $U_0(P)$ . Через некоторое время верхний слой



Рис. 4. Кинокадры горения смеси, снятые с интервалом  $5 \cdot 10^{-2}$  сек. Видны мениски, конвективные токи в жидкости и колебание пламени, которое то приближается к жидкости, то отдалается от нее.

жидкости опять прогреется, скорость в нем достигнет критической величины, слой быстро сгорит и т. д. Пульсирующее горение ЖВВ в пробирке с пластинами наблюдается экспериментально (рис. 3, 4). И только когда давление превзойдет значение  $P > P_2$ , при котором скорость горения ненагретой жидкости равна критической величине, наступает турбулентное горение, не перемежаемое нормальным.

*Поступила в редакцию  
23/X 1967*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Л. Д. Ландау. ЖЭТФ, 1944, 14, 6.
2. К. К. Андреев. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. М., «Наука», 1966.