

## ДЕТОНАЦИЯ БЕНЗИНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Д. П. Лобанов, Е. Г. Фонберштейн,  
С. П. Экомасов, А. М. Трегуб

(Москва)

Цель настоящей работы — исследование условий инициирования и характера распространения детонационных волн в бензино-воздушных смесях, воспламеняемых электрической искрой в трубах диаметром от 30 до 295 мм. Результаты исследований использованы при определении оптимальных параметров взрывных камер горных машин, производящих разрушение горных пород продуктами детонации горючих смесей [1, 2].

Преддетонационный путь, т. е. отрезок трубы, на котором осуществляется ускоренное распространение фронта пламени от скорости нормального горения до скорости детонации, — важнейшая характеристика детонационного процесса. Величина этого пути по результатам многих исследований [3, 4] зависит в основном от состава смеси, ее давления и температуры, от диаметра и длины трубы.

Для определения характера влияния состава бензино-воздушной смеси на преддетонационный путь  $L$  использована труба длиной 9 м и диаметром 52 мм. Давление смеси  $p_0 = 6$  кгс/см<sup>2</sup>, температура 80°C. Состав смеси контролировался замером расходов топлива (бензин А-72) и окислителя в процессе заполнения трубы смесью. Место возникновения детонации устанавливалось измерением скорости распространения фронта пламени с помощью ионизационных датчиков, установленных на трубе через 0,5 м. Методика проведения эксперимента описана в работе [2]. Полученные зависимости преддетонационного пути  $L$  от коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  представлены на рис. 1.

Замеренная скорость детонации бензино-воздушных смесей составляла  $\sim 1900$  м/с. Детонацию обедненной смеси с  $\alpha \geq 1,2$  получить не удалось. Видимо, это объясняется тем, что используемая аппаратура смесеобразования не обеспечивала полного испарения топлива, находящегося в смеси. С уменьшением  $\alpha$  содержание парообразной фазы топлива в смеси увеличивалось до определенного предела, который определяется в основном режимом работы аппаратуры смесеобразования. Дальнейшее уменьшение  $\alpha$  приводило только к увеличению содержания жидкой фазы топлива в смеси.

Существенный интерес представляет характер влияния состава смеси на скорость детонации. Для исследования этой зависимости необходима более совершенная методика эксперимента, так как применяемая методика не позволяла с достаточной для этой цели точностью измерять скорость распространения фронта пламени.

Характер влияния диаметра трубы на преддетонационный путь достаточно изучен [3, 4]. Однако с целью выяснения количественной стороны этого вопроса для бензино-воздушных смесей проведены исследования в трубах диаметром 30, 40, 52, 60 и 72 мм;  $p_0 = 6$  кгс/см<sup>2</sup>, в этих опытах и в дальнейшем  $\alpha = 0,8 \div 0,6$ . В каждой трубе проведено по 15—20 опытов. Полученные

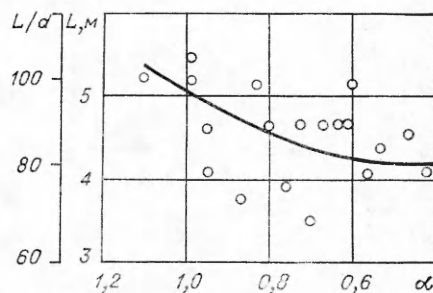


Рис. 1.

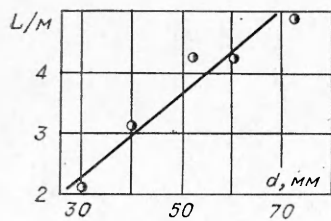


Рис. 2.

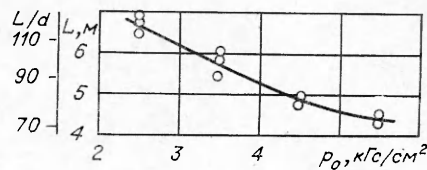


Рис. 3.

значения  $L$  отличались от средних величин, установленных для каждой трубы, не более чем на 15%. Зависимость, построенная по средним величинам преддетонационного пути, представлена на рис. 2. Как видно, она с достаточной степенью точности может быть описана прямой линией. Таким образом, для бензино-воздушных смесей в исследуемом интервале диаметров труб  $L/d \approx 75$ .

Большое влияние на преддетонационный путь оказывает давление смеси [4]. Полученные зависимости  $L = \varphi(p_0)$  для исследуемых смесей приведены на рис. 3. Опыты проводились на установке, состоящей из двух труб диаметром 60 и 295 мм, соединенных конусным переходником. Длина первой трубы, на которой измерялась скорость распространения фронта пламени, равнялась 8,3 м, длина второй — 2 м. С увеличением давления смеси с 2,5 до 5,5 кг/см<sup>2</sup> преддетонационный путь уменьшается с 7,7 до 4,4 м. При этом по мере возрастания  $p_0$  степень его влияния на  $L$  ослабляется и кривая зависимости становится пологой.

С целью получения детонации в трубах большого диаметра исследована возможность перехода в них детонационной волны из труб малого диаметра. Трубы разных диаметров (30–295 мм) соединялись с помощью конусных переходников с углами  $\beta = 12, 20, 160$  и  $180^\circ$ ;  $p_0 = 6$  кг/см<sup>2</sup>. Полученные результаты представлены в таблице.

Уменьшение угла конусного переходника улучшает условия перехода волны в трубу большого диаметра. Так, если с переходником с углом  $180^\circ$  детонационная волна из трубы диаметром 30 мм переходит без разрушения в трубу диаметром до 70 мм, то с применением конусного переходника  $\beta = 12^\circ$  волна не разрушается при переходе в трубу с  $d = 135$  мм. Получение детонации в трубе  $d = 295$  мм без применения конуса возможно только при использовании инициирующей трубы диаметром не менее 50 мм. Можно предположить, что в этом случае обеспечивается инициирование сферической детонации.

Диаметры соединенных труб, мм	Угол конуса, град			
	12	20	160	180
30,40	—	—	—	Детонация
30,50	—	—	—	»
30,70	—	—	—	»
30,90	Детонация	—	—	Волна разрушается
40,90	»	Детонация	Детонация	Детонация
30,135	»	—	—	—
30,295	—	Волна разрушается	Волна разрушается	—
40,295	—	То же	То же	Волна разрушается
50,295	—	Детонация	Детонация	Детонация
60,295	—	»	»	»

Необходимо отметить, что только 20% опытов по использованию перехода детонационной волны из трубы с  $d=50$  мм в трубу с  $d=295$  мм (без конуса) заканчивались успешно, т. е. волна не разрушалась. Увеличение диаметра инициирующей трубы до 60 мм привело к 100%-ной повторяемости опытов с переходом волны без разрушения. Очевидно диаметр 50 мм — критический по условиям возбуждения сферической детонации. Применение трубы критического диаметра может быть причиной более узких концентрационных пределов инициирования сферической детонации.

Поступила в редакцию 15/III 1976,  
после доработки — 16/VIII 1976

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разрушение горного массива машинами взрыво-импульсного действия. М., «Наука», 1974.
2. Д. П. Лобанов, Е. Г. Фонберштейн, С. П. Экомасов. ФГВ, 1976, 12, 3.
3. К. И. Щелкин, Я. К. Трошин. Газодинамика горения. М., Изд-во АН СССР, 1963.
4. Л. Н. Хитрин. Физика горения и взрыва. М., изд. МГУ, 1957.

### О СТРУКТУРЕ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ГОРЕНИИ СМЕСЕЙ ТАНТАЛА С УГЛЕРОДОМ

*В. М. Шкиро, Г. А. Нерсисян*  
(Черноголовка)

В настоящее время показана возможность использования процессов горения для получения многих тугоплавких неорганических соединений [1], приобретающих все большее практическое значение. Проведенные в связи с этим экспериментальные и теоретические исследования выявили ряд новых и интересных особенностей распространения фронта экзотермической реакции в конденсированном веществе [2—8]. Новый и малоисследованный режим — автоколебательное горение — предсказан теоретически [6] и осуществлен экспериментально [2, 3]. В теоретических работах [6, 7] показано, что с удалением от предела возникновения автоколебаний в область неустойчивости характер пульсаций усложняется и наблюдается переход от гармонических колебаний к релаксационным. Однако сложная структура автоколебаний экспериментально еще не наблюдалась.

В настоящей работе изложены экспериментальные данные об изменении структуры колебаний пульсирующего режима горения при удалении от предела устойчивости на примере горения смесей тантала с углеродом. Для приготовления смесей использовался порошок тантала с содержанием основного компонента не менее 99,3% и технический углерод (ламповая сажа ПМ-15 ТС), взятые в стехиометрическом соотношении. При соответствующем соотношении компонентов в исходной смеси после синтеза в режиме горения происходит образование карбидов тантала —  $Ta_2C$  либо  $TaC$ . Эксперименты проводились на цилиндрических образцах диаметром 15 мм, спрессованных из смесей до относительных плотностей  $\approx 0,47 \rho_{max}$ . Опыты проводились в бомбе постоянного давления [9] в атмосфере инертного газа аргона.

Согласно теоретическим представлениям [4, 6, 7], при удалении от предела устойчивости, достигаемого уменьшением критерия

$$\alpha = 9,1 \frac{\bar{c}}{Q} \frac{RT_r^2}{E} \left( 1 - 0,27 \frac{Q}{cT_1} \right) < 1$$