

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Б. М. СТЕПАНОВ и Ю. Б. ХАРИТОН

О ПЕРЕХОДЕ ГОРЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В ДЕТОНАЦИЮ

(Представлено академиком Н. Н. Семеновым 10 III 1939)

Известны случаи, когда в результате начавшегося горения того или иного взрывчатого вещества происходил взрыв, сопровождавшийся весьма значительными механическими эффектами, характер которых указывал на то, что повидимому имела место детонация.

В литературе, посвященной этому вопросу, можно найти мнения различных авторов об условиях, необходимых для перехода горения в детонацию, однако нам не удалось найти каких-либо экспериментальных исследований, непосредственно относящихся к этому явлению.

Настоящая работа имела целью получить некоторые количественные данные о переходе горения в детонацию.

В качестве объектов исследования были взяты в первую очередь высокочувствительные взрывчатые вещества, метилнитрат, нитроглицоль, нитроглицерин, взрывчатые смеси метилнитрата с эфиром, метиловым спиртом и нитробензолом, а также гремучие студни на основе метилнитрата с различным содержанием пироксилина. Взрывчатое вещество наливалось в металлический стаканчик диаметром 7 мм, помещавшийся затем в толстостенную бомбу, объем которой был равен 28 см³. Поджигание взрывчатого вещества обычно производилось посредством пироксилиновой ватки, которая в свою очередь воспламенялась от нагретой током проволоочки. О возникновении детонации или режима, сходного с детонацией, можно было судить по разрушению стаканчика, в котором находилось взрывчатое вещество. При горении стаканчик оставался совершенно неповрежденным, при детонации же обычно у стаканчика вышибало доньшко, и наблюдались другие механические разрушения.

В результате проведенных опытов выяснилось, что метилнитрат, поджигаемый в закрытой бомбе, спокойно сгорает при плотностях заряжения Δ меньше 0.009 г/см³, не производя никаких механических эффектов. Начиная же с плотности заряжения $\Delta = 0.009$ и выше, горение метилнитрата всегда переходит в детонацию, причем механические эффекты разрушения стаканчика становятся тем больше, чем больше берется плотность заряжения. Те же опыты, сделанные для нитроглицоля и нитроглицерина, показали, что при плотностях заряжения ниже $\Delta = 0.015$ происходит горение, при более высоких плотностях заряжения неизменно получается детонация*. Однако эти результаты для нитроглицоля и нитрогли-

* Следует отметить, что в отдельных случаях детонация нитроглицоля наблюдалась и при плотностях заряжения около 0.01 г/см³, но в этих случаях механические эффекты были несколько слабее, чем при таких же количествах метилнитрата.

церины нельзя пока считать окончательными, ибо вследствие трудной поджигаемости этих веществ для их воспламенения приходилось применять небольшой кусочек гремучего студня. Поэтому не исключена возможность того, что за время горения гремучего студня то небольшое количество взрывчатого вещества, с которым обычно производились опыты, успевало прогреться, и горение его происходило при повышенной температуре, что могло облегчать переход горения в детонацию (1).

Аналогично метилнитрату и нитроглицерину ведут себя и смеси метилнитрата с нитроглицерином. Смесь, состоящая из 90% метилнитрата и 10% нитроглицерина, при плотностях заряжания, меньших $\Delta = 0.0072$, спокойно сгорает, при больших плотностях заряжания горение смеси неизменно переходит в детонацию. Несколько меньшая плотность заряжания для данной взрывчатой смеси по сравнению с метилнитратом, при которой горение начинает переходить в детонацию, объясняется возможно тем, что нитроглицерин имеет положительный кислородный баланс, а метилнитрат отрицательный, и избыток кислорода, получающийся при сгорании нитроглицерина, идет на догорание метилнитрата, что повышает температуру горения смеси.

Горение смеси, состоящей из 50% метилнитрата и 50% нитроглицерина, переходит в детонацию, начиная с плотности заряжания $\Delta = 0.009$, и таким образом в этом смысле поведение смеси ничем не отличается от поведения чистого метилнитрата.

Добавление к метилнитрату инертного вещества затрудняет переход горения взрывчатой смеси в детонацию. Ниже приведены результаты опытов, проведенных с подобными взрывчатыми смесями, причем в графе Δ_k (критическая плотность заряжания) указана та минимальная плотность заряжания, начиная с которой горение соответствующей взрывчатой смеси переходит в детонацию.

Состав смеси в %		Δ_k	Состав смеси в %		Δ_k	Состав смеси в %		Δ_k
Метил- нитрат	Эфир		Метил- нитрат	Метило- вый спирт		Метил- нитрат	Нитро- бензол	
95	5	0.009	—	—	—	—	—	
90	10	0.0143	90	10	0.0107	—	—	—
80	20	0.0375	80	20	0.0357	80	20	0.0143

Как видно из таблицы, примесь инертного вещества затрудняет переход горения данной взрывчатой смеси в детонацию. При одном и том же процентном содержании инертного вещества в метилнитрате переход в детонацию затрудняется в тем большей степени, чем большей упругостью пара обладает инертная добавка. Интересно отметить, что эта закономерность (если можно говорить о закономерности на основе исследования всего лишь трех примесей) подтверждает точку зрения Беляева (2), согласно которой при прочих равных условиях горение взрывчатого вещества тем легче переходит в детонацию, чем менее летуче само взрывчатое вещество.

Опыты, проведенные с гремучим студнем (метилнитрат—пироксилин), показали следующее. Минимальная плотность заряжания, при которой горение смеси, состоящей из 99.5% метилнитрата и 0.5% пироксилина, переходит в детонацию, равна 0.009 (та же, что в случае чистого метилнитрата). Увеличение содержания пироксилина в метилнитрате до 1% уже очень резко меняет минимальную плотность заряжания, при которой горение начинает переходить в детонацию, увеличивая ее до $\Delta=0.1$, в то время как даже при 20% содержании жидких инертных веществ эта плотность не подымается выше 0.04. Повидимому для перехода горения взрывчатого вещества в детонацию существенное значение имеет его физическое состояние. В то время как метилнитратный гремучий студень, содержащий 1% пироксилина, представляет собой уже несколько студнеобразную массу, растворы, содержащие инертные примеси, являются легкоподвижными жидкостями; метилнитрат, содержащий 0.5% пироксилина, имеет вид вязкой жидкости. Это влияние физического состояния на условия перехода горения в детонацию вероятно находится в связи с общеизвестным влиянием физического состояния взрывчатого вещества на его чувствительность к инициирующему импульсу.

Институт химической физики.
Ленинград.

Поступило
13 III 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ H. Muraour et J. Wohlgemuth, *Chimie et industrie*, **36**, 472 (1936).
² A. Belajev, *Acta Physico-chimica URSS*, VIII, 763 (1938).