

Рис. 1.

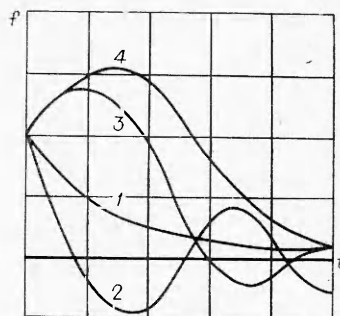


Рис. 2.

дают для  $\varphi$  в функции  $z$  гипергеометрическое уравнение

$$\{z(1-z)D^2 + [\gamma - (\alpha + \beta + 1)z]D - \alpha\beta\}\varphi = 0, \quad (15)$$

где  $D = d/dz$  и

$$\alpha + \beta = 2\nu, \quad \alpha\beta = \nu^2 + b_0, \quad \gamma = 2\nu + 1 - a_1. \quad (16)$$

Радиус сходимости решений (15), определенный из условия  $\alpha + \beta - \gamma < 1$  [4], равен

$$\lambda_* = 2/\mu + 1.$$

Нетрудно убедиться, что при  $0 \leq \lambda \leq 1$  имеет место

$$\lambda_+ < \lambda_*.$$

Общее решение (15) имеет вид

$$f = C_+ e^{-\nu+\eta} F(\lambda_+, \bar{\beta}_+; \gamma_+; z) + C_- e^{-\nu-\eta} F(\alpha_-, \bar{\beta}_-; \gamma_-; z),$$

где  $\nu_{\pm}$  удовлетворяют (14), и значения  $\alpha_{\pm}$ ,  $\beta_{\pm}$ ,  $\gamma_{\pm}$  находятся из (16) при подстановке  $\nu_{\pm}$ . Постоянные интегрирования  $C_{\pm}$  находятся из условий (4) и (5). Зная  $f$ , из (9) найдем  $g_1$  и  $g_2 + h_2$ . Исключая  $g_1$  и  $g_2$  из (8), получим уравнение 1-го порядка для  $h_2$  с начальным условием (2). Таким образом, определяются все искомые функции  $g_1$ ,  $g_2$  и  $h_2$ .

Поступила в редакцию 30/IV 1981

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нестационарное распространение пламени/Под ред. Д. Г. Маркштейна. М.: Мир, 1968.
2. Л. Д. Ландау. ЖЭТФ, 1944, 14, 6.
3. П. П. Лазарев, А. С. Плешанов. ФГВ, 1980, 16, 6.
4. И. С. Градштейн, И. М. Рыжик. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Физматгиз, 1962.

УДК 531.781.2

#### ПЬЕЗОДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ

Т. П. Гавриленко, Ю. А. Николаев  
(Новосибирск)

В настоящее время пьезодатчики давления различных конструкций нашли широкое применение в измерительной технике. В основном такие датчики применяются для измерения быстроменяющихся давлений, например, за ударными или детонационными волнами в газах. Их тарировка обычно производится при дина-

мическом нагружении (разгрузке). Часть датчиков [1—3] даже конструктивно не допускает статической тарировки.

Здесь описана простая конструкция пьезодатчика давления с временем нарастания фронта сигнала при мгновенном нагружении не хуже 3 мкс, допускающая статическую тарировку датчика.

Чувствительным элементом датчика (рис. 1) является таблетка 2 из пьезокерамики ЦТС-19, припаянная к плоской площадке цилиндрического корпуса 4 из латуни и залитая эпоксидной смолой 3 заподлицо с торцом корпуса. Для увеличения разрешающей способности датчика диаметр таблетки выбран минимальным в пределах простой технологии изготовления и монтажа. Поскольку керамика ЦТС-19 обладает практически нулевым пьезомодулем при всестороннем сжатии, толщина таблетки выбрана меньше ее диаметра. Для лучшего сцепления эпоксидной смолы с корпусом в нем проточены концентрические канавки 1. С задней стороны корпуса сделано такое сверление, чтобы толщина перемычки была примерно равна радиусу корпуса. В этом случае период собственных колебаний датчика будет равен времени пробега звуковой волной расстояния, равного диаметру корпуса. Именно этим временем определяется максимальная разрешающая способность датчика. Датчик данной конструкции с размерами, указанными на рис. 1, тарировался динамически и статически.

На рис. 2 представлена осциллограмма динамической тарировки датчика на ударной трубе. Небольшой «предвестник» связан с сигналом, возникающим на датчике при боковом нагружении. Частота собственных колебаний датчика соответствует расчету. Крупномасштабные неровности кривой вызваны несовершенствами ударной трубы. Для улучшения формы сигнала иногда применялся однозвенный RC-фильтр с характеристическим временем 2 мкс. Амплитуда ударной волны вычислялась по измерявшейся скорости. Погрешность тарировки не превышала 3%.

Для статической тарировки датчика в замкнутый объем подавалось (сбрасывалось) через вентили давление воздуха до 10 атм. Давление измерялось образцовым манометром класса 0,4. Для уменьшения влияния изменения температуры при увеличении давления воздуха в объеме устройства для тарировки датчик заливался слоем масла. Параллельно датчику подключался конденсатор емкостью  $10^3$ — $10^4$  пФ. Сигнал с датчика снимался истоковым повторителем (МОП — транзистор КП 305Е) с входным сопротивлением порядка  $10^{12}$  Ом и коэффициентом повторения не хуже 0,99. Таким образом, за время тарировки (меньше 10 с) с датчика стекало не более 1% заряда. Сигнал регистрировался цифровым вольтметром. Суммарная погрешность тарировки не превышала 1,5%.

На рис. 3 представлена характерная тарировочная зависимость заряда  $q$  от давления  $p$ . Она линейна в пределах ошибки измерения. Видно, что динамическая и статическая тарировки совпадают. Все качественно залитые датчики (без пузырьков воздуха в эпоксидной смоле) не имеют гистерезиса (при нагрузке и разгрузке датчика характеристики тарировки не изменяются). Изготовленные датчики испытаны на ударных и детонационных волнах. (Амплитуда давления в ударной волне была порядка 6 атм, в детонационной — до 40 атм.) После нескольких десятков нагружений ударной волной датчики не меняют своей тарировочной характеристики. При использовании их для регистрации детонационной волны (смесь  $C_2H_2 + 2,5O_2$ , начальное давление



Рис. 2. Характерная осциллограмма динамической тарировки датчика на ударной трубе.

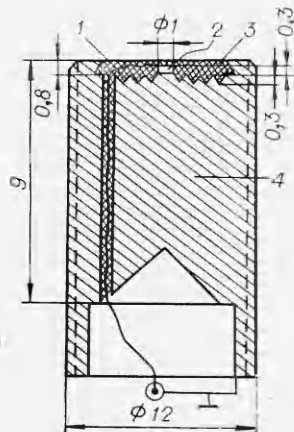


Рис. 1. Схема датчика (размеры приведены в мм).

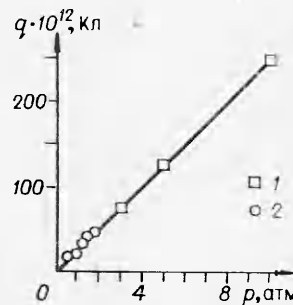


Рис. 3. Характерная тарировочная зависимость заряда  $q$  на датчике от давления  $p$ .

1 — статическая тарировка; 2 — динамическая тарировка.

1 атм) датчики выдерживают около 10 нагружений: верхний слой эпоксидной смолы выгорает. После ремонта посредством дополнительной заливки они восстанавливают свои тарировочные данные.

Полученное совпадение статической и динамической тарировок подвергает сомнению данные авторов [4] о зависимости пьезомодуля керамики ЦТС-19 при давлениях до 100 атм и временах  $2 \cdot 10^{-6}$ — $10^{-1}$  с от времени нагружения. По-видимому, в экспериментах [4] наблюдалась значительная утечка заряда с кварцевых датчиков, поскольку параллельно датчикам дополнительная емкость не ставилась и входное сопротивление осциллографа составляло лишь 1 МОм.

Отметим, что статическая тарировка датчиков с волноводным стержнем, залитых воском [2], показала их значительный гистерезис (до 30%), т. е. с помощью «восковых» датчиков можно достоверно измерять лишь амплитуды давления ударных и детонационных волн, а не профили давлений за их фронтами.

Поступила в редакцию 17/VII 1980

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Г. Зайцев. ПТЭ, 1958, 6, 97.
2. М. Е. Топчийн. ПМТФ, 1962, 4, 94.
3. Р. И. Солоухин. Ударные волны и детонация в газах. М.: Физматгиз, 1963.
4. Н. П. Хохлов, В. Н. Минеев и др. ФГВ, 1978, 14, 4.

УДК 541.126

### ИНИЦИИРОВАНИЕ РЕАКЦИИ ФТОРА С ВОДОРОДОМ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ РЕАКЦИОННОГО СОСУДА

В. Я. Агроскин, Г. К. Васильев, В. И. Гурьев, В. И. Кирьянов, О. В. Мисочко  
(Черноголовка)

К настоящему времени известны многие примеры воздействия лазерного излучения на химические системы [1]. В основном лазерным излучением действуют на гомогенную среду, причем в качестве такой среды, как правило, выбирается газ. Значительно меньше работ [2—4] посвящено воздействию лазерного излучения на гетерогенные системы, хотя важность и перспективность подобного рода исследований отмечалась рядом авторов [5, 6].

В настоящей работе сообщается о найденном эффекте инициирования взрывов в смеси  $F_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2(D)_2$ , находящейся выше второго предела самовоспламенения, при воздействии излучения импульсных химических HF- или DF— $CO_2$ -лазеров на поверхность реакционного сосуда (флюорит, кварц, тефлон, фтористый барий, медь). Подобный эффект мог бы представляться почти очевидным, поскольку воздействие лазерного излучения на поверхность может приводить к сильному разогреву и разрушению поверхности, образованию плазмы и т. д. [7], однако пороговые плотности энергии (мощности) оказались достаточно низкими, что исключает простой термический механизм возбуждения взрыва.

Схема экспериментальной установки, состоящей из лазера (HF- или DF- $CO_2$ ), кюветы и системы регистрации, показана на рис. 1. Входное окно кюветы отделяли от смеси пробкой инертного газа. Излучение направлялось на пластины, расположенные в зоне смеси перпендикулярно пучку. Возбуждение взрывов фиксировалось емкостным датчиком давления. В ходе экспериментов обнаружено, что при плотностях энергии (мощности) больше некоторой в смесях возбуждались взрывы, причем в пределах точности эксперимента пороговые плотности энергии (мощности) не зависели от природы облучаемого материала.

Основные эксперименты проводились с фторводородной смесью состава  $F_2 : O_2 : H_2(D_2) = 10 : 5 : 3$ , приготовленной при полном давлении  $p = 0,2$  атм. Пороговая плотность энергии (мощности) в этом случае оказалась равной  $\sim 400$  мДж/см<sup>2</sup> ( $\sim 300$  кВт/см<sup>2</sup>) при воздействии излучения HF-лазера. Изменение давления кислорода, который стабилизирует инициируемую смесь [8], приводило, как и следовало

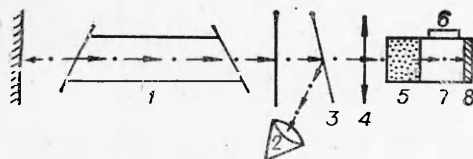


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

1 — лазер; 2 — калориметр; 3 — отклоняющая пластинка; 4 — линза; 5 — пробка инертного газа; 6 — датчик давления; 7 — реакционный объем; 8 — облучаемая поверхность.