

приводить к принципиальным ошибкам в оценке их пожароопасности. Однако из полученных в данной работе результатов видно, что большое значение имеют также условия распространения горения. Если же они не выполняются, например из-за концентрационных пределов или кратковременности удара, то очаги воспламенения не вызывают горения, т. е. в этих условиях воздействия ударом не опасны. Если же условия распространения выполняются, то удары могут вызывать горение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бажанов С. П., Гидаспова Е. Х. и др. Чувствительность к удару смесей металл — окислитель // ФГВ.— 1988.— 24, № 5.— С. 106—110.
2. Муратов С. М., Бажанов С. П., Гидаспова Е. Х. и др. Деформация и возбуждение взрыва смесей металл — окислитель при воздействии ударом и трением // Там же.— 1985.— 21, № 4.— С. 123—127.
3. Муратов С. М., Цыганков В. С., Постнов С. И. и др. Чувствительность составов для СВС к удару и трению // I Всесоюз. симп. по макроскопической кинетике и химической газодинамике: Тез. докл.— Черноголовка, 1984.— Т. 2, Ч. 2.— С. 128.
4. ГОСТ 4545-88. Вещества взрывчатые. Методы определения чувствительности к удару.— М.: Госстандарт. 1988.
5. Амосов А. П., Муратов С. М. Воздействие на тонкий пластический слой ударом // Докл. АН СССР.— 1977.— 234, № 5.— С. 1051—1054.
6. Амосов А. П., Мишина В. А. К теории воздействия на тонкий пластический слой ударом // ФГВ.— 1980.— 16, № 2.— С. 145—147.
7. Корольченко А. Я. Пожаровзрывобезопасность промышленной пыли.— М.: Химия, 1986.— 213 с.

г. Куйбышев

*Поступила в редакцию 22/IV 1991,
после доработки — 13/II 1992*

УДК 534.222.2

С. Д. Любарский, А. С. Иванов, В. А. Скляр

ВЛИЯНИЕ ОТДАЧИ НА ПАРАМЕТРЫ НЕСТАЦИОНАРНОГО ИСТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНОЙ СРЕДЫ ИЗ КАНАЛА

Рассмотрено влияние отдачи на параметры истечения двухфазной среды насыпной плотности из канала. Расчеты и экспериментальные исследования показывают, что отдача канала отражается на длительности истечения только после того, как взаимодействие волн разрежения, распространяющихся от среза и дна канала, приведет к изменению параметров двухфазной среды в канале. Поэтому на длительность истечения 25 % среды отдача канала в рассматриваемом диапазоне соотношений масс сыпучего заполнителя и канала практически не влияет, в то время как длительность истечения 75 % среды при наличии отдачи существенно возрастает.

Задача повышения эффективности систем пожаротушения, основанных на импульсной подаче огнетушащего порошка за счет энергии сжатого воздуха [1], требует всестороннего исследования факторов, влияющих на дальность доставки порошка, параметры его истечения, на концентрацию порошка в локализуемой зоне. Движение сжатой двухфазной среды (твердые частицы — газ) насыпной плотности при внезапном расширении рассматривалось в [2, 3]. В [3] представлена система уравнений, описывающая движение двухфазной среды внутри канала в рамках модели равновесного течения [4]. При этом канал, из которого происходило истечение, рассматривался как неподвижный. Для практики представляет интерес задача о метании огнетушащего порошка из незакрепленного канала и влиянии отдачи на параметры движения двухфазной среды.

Задача о влиянии отдачи схематизировалась следующим образом. Герметичный горизонтально расположенный канал, заполненный песком с избыточным давлением газа в норовом пространстве, имеет возможность

свободно перемещаться в направлении, противоположном выбросу двухфазной среды. После прорыва мембраны на срезе канала происходит выброс песка, при этом канал под действием избыточного давления на его дне движется в сторону, обратную направлению выброса. Наличие движущегося канала приводит к необходимости расчета в деформируемых координатных сетках [3], где вместо координат t, x используются $\tau = t, \eta = x/\varphi(t)$, $\varphi(t)$ — координата дна канала. При этом частные производные связаны между собой соотношениями

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \tau} - \frac{\eta \dot{\varphi}}{\varphi} \frac{\partial}{\partial \eta}, \quad \frac{\partial}{\partial x} = \frac{1}{\varphi} \frac{\partial}{\partial \eta}.$$

Известная система дифференциальных уравнений, описывающая течение двухфазной среды в канале без учета трения о его стенки при допущении равенства скоростей фаз и изоэнтропном течении идеального порового газа, может быть записана в виде:

$$\left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)_1 = U + A, \quad \left(\frac{dp}{d\tau}\right)_1 + a\rho \left(\frac{du}{d\tau}\right)_1 = 0, \quad (1)$$

$$\left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)_2 = U - A, \quad \left(\frac{dp}{d\tau}\right)_2 - a\rho \left(\frac{du}{d\tau}\right)_2 = 0, \quad (2)$$

$$\left(\frac{d\eta}{d\tau}\right)_3 = U, \quad \left(\frac{dS}{d\tau}\right)_3 = 0. \quad (3)$$

Уравнения (1) — (3) — характеристики первого, второго и третьего семейств соответственно и условия совместности на них. Здесь ρ, u — плотность и скорость среды; p, a — давление порового газа и скорость распространения малых возмущений в двухфазной среде; S — энтропийная функция порового газа; $A = a/\varphi$; $U = (u - \eta\dot{\varphi})/\varphi$.

Для определения скорости и координаты дна канала, а значит, скорости $\dot{\varphi}$ и координаты φ связанных с ним расчетных узлов, использовалось уравнение движения канала

$$\frac{d\dot{\varphi}}{d\tau} = \frac{\Delta p f}{m_k}, \quad \frac{d\varphi}{d\tau} = \dot{\varphi}, \quad (4)$$

где f — площадь поперечного сечения канала; Δp — перепад давления на задней стенке; m_k — масса канала.

Для численного интегрирования системы (1) — (3) необходима информация о скорости распространения малых возмущений в двухфазном потоке. В [5] приведены экспериментальные данные о скорости распространения малых возмущений в насыпных средах, в [6] — аналитические зависимости для ее определения. Учитывая, что

$$a = \left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_S, \quad p = p_0 \left[\frac{\rho \Pi_0}{\rho_0 - (1 - \Pi_0)\rho} \right]^k, \quad (5)$$

находим

$$a = \sqrt{\frac{k\rho}{\rho_0 - (1 - \Pi_0)\rho} \frac{\rho_0}{\rho_0 - (1 - \Pi_0)\rho}},$$

где k — показатель адиабаты порового газа; Π_0, ρ_0 — начальные пористость и плотность двухфазной среды.

Систему (1) — (3) интегрировали численно методом характеристик. Граничные условия задавались на дне и на срезе канала. Интегрирование уравнения (4) выполнялось по неявному методу Клиппинджера — Димсдейла [7].

Параметры истечения двухфазной среды при отдаче канала определяются отношением массы песка, находящегося в канале, к массе канала ($\bar{m} = m_n/m_k$). Для тяжелых каналов при $\bar{m} \rightarrow 0$ отдача не оказывает влияния на истечение среды, поскольку оно заканчивается в основном до того,

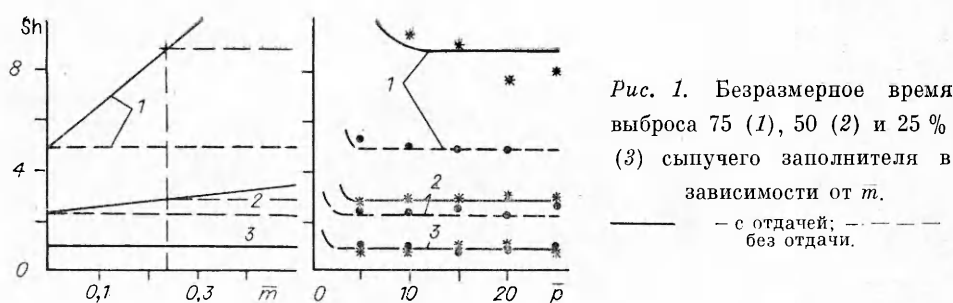
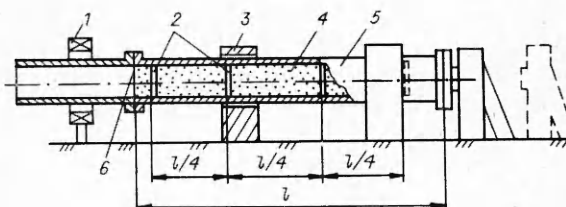


Рис. 1. Безразмерное время выброса 75 (1), 50 (2) и 25 % (3) сыпучего заполнителя в зависимости от \bar{m} .
 — с отдачи; - - - без отдачи.

Рис. 2. Схема экспериментальной установки.



как скорость и перемещение канала станут существенными. Другой предельный случай характеризуется значениями $\bar{m} \rightarrow \infty$, когда можно пренебречь величиной m_k . В этом случае прорыв мембраны приводит к мгновенному отклонению канала под действием избыточного давления газа и истечению частиц порошка в различных направлениях в неограниченном пространстве, т. е. к уменьшению количества порошка, перемещенного в нужном направлении.

Для оценки влияния отдачи на параметры истечения двухфазной среды проведены расчеты для различных \bar{m} в диапазоне, характерном для импульсных установок пожаротушения.

На рис. 1 приведены расчетные значения безразмерного времени выброса песка из канала в зависимости от \bar{m} и $p = p_0/p_a$ (p_0 — начальное давление порохового газа, p_a — атмосферное давление). Безразмерное время определялось числом $Sh = a_0 t/l$, где a_0 — скорость распространения малых возмущений в среде насыпной плотности, вычисленная по (5); t — текущее время; l — длина канала. Результаты расчетов показывают, что отдача канала влияет на длительность истечения только после того, как взаимодействие волн разрежения, распространяющихся от среза и дна канала, приведет к изменению параметров двухфазной среды в канале. Поэтому на длительности истечения 25 % среды отдача канала в рассматриваемом диапазоне \bar{m} практически не отражается, в то время как длительность истечения 75 % среды при наличии отдачи существенно возрастает.

Для проверки результатов счета на экспериментальной установке (рис. 2) проведены эксперименты по оценке влияния отдачи на параметры движения двухфазной среды. Канал 5 заполнялся песком насыпной плотности 1720 кг/м^3 с характерным диаметром частиц $0,25 \text{ мм}$ и пористостью $0,43$. Для данной установки $m_n/m_k = 0,23$. На определенном расстоянии от среза в песке 4 размещались ферритовые метки 2. После вдува в пороховое пространство песка сжатого воздуха мембрана 6 на срезе канала вскрывалась, в результате чего песок с находящимися в нем ферритовыми метками выбрасывался в одну сторону, и отдача канала шла по направляющим втулкам 3 в противоположную. При пролете метки сквозь катушку индуктивности 1, установленную неподвижно и подключенную по мостовой схеме к осциллографу, возникает разбалансировка моста, сигнал о которой регистрируется осциллографом. По расстоянию между сигналами на осциллограмме можно судить о времени выброса той или иной доли песка.

Экспериментальные данные (точки) о времени выброса песка приведены на рис. 1. Расчетные данные удовлетворительно согласуются

с экспериментом, что свидетельствует о возможности использования разработанной модели для расчета влияния отдачи на параметры истечения двухфазной среды с концентрацией твердой фазы, близкой к насыпному состоянию. Некоторый разброс экспериментальных результатов в случае 75 % песка с учетом отдачи, по-видимому, связан с тем, что при значительном расширении столба двухфазной среды она уже не может быть описана моделью равновесного течения ввиду значительной разности инерционных характеристик фаз.

Таким образом, для повышения эффективности выброса огнетушащего порошка из канала и доставки его в очаг пожара целесообразно уменьшение влияния отдачи ствола огнетушащей установки и повышение начального давления порохового газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брушлинский Н. И., Кафидов В. В., Козлачков В. И. и др. Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства.— М.: Стройиздат, 1988.
2. Иванов А. С. Экспериментальное исследование метания тел нестационарным потоком двухфазной среды // ФГВ.— 1989.— 25, № 1.— С. 73.
3. Любарский С. Д., Иванов А. С. Движение сжатой двухфазной среды насыпной плотности при внезапном расширении // Там же.— № 3.— С. 78.
4. Rudinger G. AIAA J.— 1965.— N 3.— P. 7.
5. Гельфанд Б. Е. и др. // ПМТФ.— 1986.— № 1.
6. Атанов Г. А. Основы одномерной нестационарной газодинамики.— Киев: Вища шк., 1979.
7. Холл Дж., Уатт Дж. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений.— М.: Мир, 1979.

г. Санкт-Петербург

Поступила в редакцию 24/IV 1991

УДК 534.222.2

А. С. Смирнов, И. О. Шкалябин, Е. В. Колганов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕАЛИЗАЦИИ КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЙ ТЕПЛОТЫ ВВ, СОДЕРЖАЩИХ С, Н, N И О

Исследовались энергетические характеристики шести индивидуальных ВВ с сильно отличающимися характеристиками состава и строения. Экспериментально определено время реализации калориметрической теплоты. В результате анализа полученных данных рассчитана предельная температура, ниже которой вторичные реакции в продуктах взрыва не идут.

Теплота взрывчатого превращения, определяемая в детонационном калориметре,— одна из фундаментальных характеристик ВВ. Традиционно использование калориметрической теплоты совместно с величиной объема газообразных продуктов в расчетах скорости, давления детонации [1], скорости метания, определяемой в стандартном цилиндре-тесте, фугасного действия взрыва. Для расчета калориметрической теплоты существуют различные схемы методики:

1. Авакяна [2]

$$Q = Q_{\text{п max}} \cdot 0,32\alpha^{0,24} + \Delta H^{\circ}$$

2. Пепекина [3]

$$Q = Q_{\text{max}} \left\{ 1 - (0,528 - 0,165\rho)(1,4 - \alpha)^{1,4} \left[1 - \left(\frac{H}{C + H} \right)^{(5,73 - 2,28\rho)(1,4 - \alpha)^3} \right] \right\}$$

3. Махова [4]

$$Q/Q_{\text{max}} = 1 - (0,75 \exp K_1 + 0,15 \exp K_2) A, \quad K_1 = -(0,58\rho + 2,2\alpha^{2,5}), \\ K_2 = -[0,6\rho + 150(\alpha_1 - 1)^2], \quad A = 1 - \beta^{\bar{\alpha}^3}, \quad K_3 = 5 \exp K_4, \\ K_4 = 3,2\alpha_1^2 - 0,95\rho, \quad \beta_1 = H/(C + H).$$