



ЗАПОБИГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

УДК 356.131 : 81.93.05 : 614.8.002.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ УСТАНОВКИ МГНОВЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ, РАБОТАЮЩЕЙ В РЕЖИМЕ «ВЫСТРЕЛ»

Н.И. Адаменко, И.Б. Федюк, А.Г. Пернай
(факультет военной подготовки Харьковского государственного технического
университета строительства и архитектуры)

В статье рассматривается расчет автоматической установки пожаротушения, работающей в режиме «Выстрел», и результаты ее экспериментального испытания.

автоматическое пожаротушение, режим «Выстрел», пожарная безопасность, вытекание жидкости

Постановка проблемы и анализ литературы. Проблема обеспечения пожарной безопасности на объектах класса «арсенал» чрезвычайно актуальна для всего постсоветского пространства.

В предыдущей работе авторов [1] рассматривалась возможность создания установки пожаротушения нового типа, которая отличается от имеющихся аналогов [3] тем, что работает в режиме быстрого истечения огнетушащего состава – режиме «Выстрел».

Основная часть. С целью экспериментальной проверки расчета была создана опытная установка и проведены испытания.

Испытания проводились на установке, которая имела резервуар объемом $V_6 = 18,5$ л. Резервуар мог сообщаться с атмосферой посредством трубы, один конец которой был вмонтирован в дно резервуара, а другой – был выведен в атмосферу. Внутренний радиус трубы a равен 1,2 см. Длина трубы L равна 173 см.

В трубе находилась задвижка, при открытии которой резервуар сообщался с атмосферой. При закрытой задвижке нижняя часть резервуара заполнялась водой, которая занимала объем $V_ж$. В верхней части резервуара находился газ, который занимал объем $V_г = V_6 - V_ж$ и имел начальное давление $P_н$, большее атмосферного давления $P_а$.

В момент времени $t = 0$ задвижка открывалась и вода под действием перепада давлений начинала вытекать из резервуара. К моменту времени t_3 резервуар полностью опустошался.

В таблице приведены измеренные в процессе эксперимента времена опустошения резервуара t_3 (столбец 3) при разных исходных значениях P_n (столбец 1) и $V_{ж}$ (столбец 2).

Обсудим приведенные в табл. 1 экспериментальные результаты (столбец 3) и сопоставим их с теорией, развитой в [1].

Таблица 1

Наблюдаемые и расчетные значения параметров вытекания воды из резервуара в режиме «Выстрел»

| № п/п | P_n , атм. | $V_{ж}/V_{б}$, % | t_3 , сек | P_k , атм. | $t_3/t_{T,min}$ | $\beta \cdot 10^2$ | $v_{max} \cdot 10^{-5}$ см/сек |
|-------|-----------------|----------------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|
| А | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 10 | 62 | 2 | 3,8 | 5,18 | 3,73 | 1,316 |
| 2 | 9,5 | 75,6 | 2,1 | 2,3 | 4,497 | 4,94 | 1,32 |
| 3 | 7,8 | 56 | 2,8 | 3,43 | 6,76 | 2,19 | 1,104 |
| 4 | 7 | 64 | 3 | 2,52 | 6,12 | 2,67 | 1,06 |
| 5 | 6,2 | 51 | 3,3 | 3,038 | 5,49 | 3,32 | 1,257 |
| 6* | 7 | 83 | 6,1 | 1,19 | 9,9 | 1,02 | 1,1 |
| 7* | 7 | 72 | 4,7 | 1,96 | 8,688 | 1,32 | 1,088 |

Примечание: * – с распыляющей насадкой на конце трубы, выведенном в атмосферу.

Давление газа в резервуаре к моменту времени t_0 согласно уравнению Бойля – Мариотта равно:

$$P_k = P_n \frac{V_r}{V_0}, \quad (1)$$

Из приведенных в таблице значений P_k (столбец 4), полученных по формуле (1), следует, что во всех случаях конечное значение P_k было больше атмосферного $P_a = 1$ атм. Время t_3 , полученное во всех экспериментах, было меньше характерного времени

$$t_v = a^2/4\nu, \quad (2)$$

за которое в жидкости с кинематической вязкостью ν устанавливается равновесие в поперечном сечении трубы. В условиях экспериментов $t_v = 36$ сек.

При выполнении неравенств

$$P_k > P_a \text{ и } t_3 \gg t_0 \quad (3)$$

жидкость вытекает из резервуара по трубе в так называемом режиме “Выстрел”, теория которого была разработана в работе [1].

Согласно (НИА Выстрел), расчетное время опустошения резервуара t_T задается равенством

$$t_T = \sqrt{\frac{4\rho LV_{ж}}{\pi a^2 \beta (P_H + P_k - 2P_a)}} \quad (4)$$

где ρ – плотность жидкости, а параметр β определяется условиями вытекания жидкости из конца трубы в атмосферу. Параметр β лежит в интервале $0 \leq \beta \leq 1$. Максимальному значению $\beta = 1$ соответствует полностью открытая задвижка, радиус отверстия которой равен радиусу трубы, и мгновенный отвод жидкости, вытекающей из конца трубы в атмосферу, так что на конце трубы давление равно атмосферному P_a .

В условиях экспериментов радиус отверстия задвижки был меньше радиуса трубы на 2 мм.

Эксперименты проводились с распыляющей насадкой на конце трубы, выведенном в атмосферу, и без насадки. Первые пять строк таблицы отвечают экспериментам без насадки, а две последние строки – с насадкой. Уменьшение радиуса отверстия задвижки и наличие насадки приводит к уменьшению параметра β .

В столбце 5 таблицы приведены численные значения отношения экспериментального времени t_3 к минимальному теоретическому $t_{T,\min}$, полученному по формуле (4), при $\beta = 1$.

В столбце 6 приведены численные значения параметра β , при которых расчетные значения времени опустошения резервуара по формуле (4) совпадают с наблюдаемыми в экспериментах (столбец 3).

Как показывает анализ этих данных, теоретические значения согласуются с экспериментальными при $\beta \approx 3 \cdot 10^{-2}$, когда на конце трубы отсутствовала насадка. Экспериментальные данные при наличии распыляющей воду насадки согласуются с рассчитанными по формуле (4) при $\beta \approx 10^{-2}$. Уменьшение β в три раза при наличии насадки показывает, насколько важными для времени опустошения резервуара являются условия вытекания жидкости из конца трубы.

Время опустошения резервуара t_T , полученное по формуле (4) при $\beta = 1$, является минимальным. В условиях экспериментов это время всегда будет больше за счет целого ряда факторов. В частности, жидкость, вытекающая из конца трубы, не отводится мгновенно в атмосферу; тру-

ба, как правило, имеет “колена” и т.д. Время опустошения резервуара возрастает также за счет потери устойчивости течения и возникновения возмущений в потоке жидкости, что ведет к уменьшению скорости движения жидкости в трубе.

Расчетное значение скорости движения жидкости в трубе $v(t)$ в момент времени t согласно [1] задается равенством

$$v(t) = \frac{\beta}{2\rho L} (P_H + P_K - 2P_A) \cdot t. \quad (5)$$

В столбце 7 таблицы приведены максимальные значения скорости $v_{\max} = v(t_T, \beta = 1)$, рассчитанные по формулам (4) и (5) при $\beta = 1$. Эти максимальные значения скорости оказываются много больше критической скорости Пуазейлевского течения жидкости по трубе [2]. В связи с этим в экспериментах вполне возможна потеря устойчивости течения и возникновение возмущений в потоке жидкости, что ведет к увеличению времени опустошения резервуара.

В заключение отметим, что экспериментальные данные и проведенные расчеты (табл. 1) свидетельствуют о том, что при испытаниях установки мгновенного пожаротушения реализовался режим “Выстрел”, теория которого была создана в [1]. Как и ожидалось, расчетное значение минимально возможного времени опустошения резервуара оказалось в несколько раз меньше экспериментального.

Вывод. Сопоставление времен вытекания жидкости из резервуара по трубе с насадкой и без насадки показало, насколько важными для времени опустошения резервуара являются условия вытекания жидкости из конца трубы, выведенного в атмосферу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаменко М.І., Гелета О.В. Математична модель витікання рідини з резервуара у режимі „Постріл” // Науковий вісник будівництва. – Х.: ХДТУБА, 2005. – Вип. 30, т. 2. – С. 147 – 152.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Наука, физ.-мат. литература, 1986. – 733 с.
3. Качалов А.А. Противопожарное водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1985. – 285 с.

Поступила 18.03.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор И.Г. Черванев,
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина.