

предел прочности при сжатии. Наибольшее влияние на показатели прочности (предел прочности при изгибе и сжатии) оказывает плотность образцов: чем выше плотность, тем больше прочность (коэффициенты парной корреляции 0,746 и 0,589 соответственно). Связующее оказывает наибольшее влияние на показатель разбухания композиционных материалов: чем больше расход связующего, тем лучше показатель разбухания.

При введении в композицию столярной стружки наблюдается уменьшение плотности и толщины композиционных материалов, а их водопоглощение и разбухание возрастает (коэффициенты парной корреляции составляют соответственно - 0,451, 0,567 и 0,51).

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- композиционный материал типа пластика из одного гидролизного лигнина получать нецелесообразно;
- для достижения высоких показателей прочности и водостойкости в композицию пластика следует вводить малотоксичную фенолоформальдегидную смолу;
- для снижения плотности пластика с сохранением высокой прочности в композицию рекомендуется вводить древесный наполнитель (например, столярную стружку).

ЛИТЕРАТУРА

1. Холькин Ю.И. Технология гидролизных производств М.: Лесная промышленность, 1989.
2. А.с. СССР №896031. М.кл. С 08 L 61/24. Полимерная пресс-композиция.
3. Арбузов В.В. Строительные лигнодревесные плиты из отходов // Строительные материалы.-1988.- 7.-С.8-9.
4. Завадский В.Ф. Гидролизный лигнин в производстве строительных материалов // Гидролизная и лесохимическая промышленность.- 1991.- 8.-С.14-15.

УДК 614.841.4

В.Ф.Медведев, проф.;

В.Н.Фарафонов, ст.преп.

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ИСТЕЧЕНИЯ ВОДЫ ИЗ УСТАНОВКИ ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧИ

The article deals with one of the stages in developing the theory of water outflow from the apparatus of pulse fuding.

Для пожаров малой и средней мощности достаточно эффективным способом тушения может оказаться импульсная подача воды в зону горения. Устройства импульсной подачи воды в (УИПВ) состоят из газовой

камеры, заполненной сжатым воздухом, жидкостной камеры, которая заполняется водой и запирается клапаном, состоящего из толстой резины, разрезанной на лепестки. Выброс воды из жидкостной камеры осуществляется за счет вытеснения ее сжатым воздухом, который поступает в эту камеру при открытии рабочего клапана.

Легко представить, что если УИПВ расположено вертикально вниз, то при открытии рабочего клапана сжатый воздух, попав на поверхность воды в жидкостной камере, осуществляет "поршневое" ее вытеснение. При ином расположении УИПВ "поршневому" вытеснению могло бы помешать перераспределение воды и воздуха под действием сил тяжести. Однако поскольку давление воздуха P_n выбирается весьма большим, то переток жидкости под действием сил тяжести даже при горизонтальном расположении УИПВ не успеет произойти и вытеснение основной части воды будет "поршневым".

Для оценки эффективности работы УИПВ необходимо знать время истечения воды из жидкостной камеры.

Так как в процессе "поршневого" вытеснения воды из жидкостной камеры УИПВ происходит расширение воздуха и его давление падает, то процесс истечения жидкости происходит при переменном давлении.

Пусть в некоторый момент времени граница раздела между жидкостью и газом находится на расстоянии l от выходного отверстия. При этом абсолютное давление газа p . За бесконечно малый промежуток времени dt граница раздела жидкости и газа переместится в сторону выходного отверстия на величину dl . При этом объем жидкости, которая вытечет за бесконечно малый промежуток времени dt , будет

$$dV = -S_{жк} dl = -S dl, \quad (1)$$

где $S_{жк}$ - площадь поперечного сечения жидкостной камеры (в рассматриваемой конструкции УИПВ диаметры газовой и жидкостной камер одинаковы, следовательно, $S_{жк} = S_2 = S$).

Знак минус в уравнении (1) показывает, что объем вытекшей жидкости возрастает с уменьшением l .

С другой стороны, объем жидкости, вытекающей из отверстия за время dt , может быть определен с использованием формулы расхода Q при постоянном давлении:

$$dV = Q dt = \mu S \sqrt{\frac{2(p - p_0)}{\rho_{жк}}} \cdot dt, \quad (2)$$

где μ - коэффициент расхода; S - площадь выходного отверстия; $\rho_{жк}$ - плотность жидкости; p_0 - атмосферное давление (абсолютное).

В предполагаемых конструкциях УИПВ предполагается, что начальное давление воздуха в газовой камере $p_n \approx 3,0$ МПа. Если объем жидкостной камеры $V_{ж} = 1,3 V_{г}$, то давление воздуха в конце процесса вытеснения (при адиабатном расширении воздуха) $p_k \approx 1,0$ МПа, т.е. среднее давление воздуха около 2,0 МПа. В этом случае с погрешностью менее 5% величиной p_0 в формуле (2) можно пренебречь и записать ее в виде

$$dV = \mu S \sqrt{\frac{2p}{\rho_{ж}}} dt. \quad (3)$$

Приравнивая правые части уравнений (1) и (3), получаем дифференциальное уравнение для времени истечения основной массы жидкости из УИПВ:

$$dt = -\frac{S \sqrt{\rho_{ж}}}{\mu S \sqrt{2p}} dl. \quad (4)$$

Чтобы проинтегрировать уравнение (4), надо установить зависимость давления p от длины l .

Так как процесс вытеснения жидкости весьма быстротечен (вследствие достаточно большого начального давления газа), то процесс расширения в камерах можно считать адиабатным. Уравнение адиабаты:

$$\frac{V_2}{V_{гн}} = \left(\frac{p_n}{p_0} \right)^{\frac{1}{k}}, \quad (5)$$

где $V_{гн}$ - начальный объем сжатого воздуха (объем газовой камеры); p_0 - начальное абсолютное давление воздуха; V_2 и p - объем и давление воздуха в момент времени t ; k - показатель адиабаты воздуха ($k = 1,4$).

Объемы $V_{гн}$ и V_2 определяются как объемы цилиндров диаметром D и соответствующей длины:

$$V_{гн} = \frac{\pi D^2}{4} l_2; \quad (6)$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} (l_2 + l_{жс} - l). \quad (7)$$

Подставляя выражения (6) и (7) в (5), имеем

$$p = p_n \left(1 + \frac{l_{жс}}{l_2} - \frac{l}{l_2} \right)^{-k}. \quad (8)$$

Подставляя выражение (8) в (4), получаем

$$dt = -\frac{S\sqrt{\rho_{жс}}}{\mu S_{отв}\sqrt{2p_H}} \left(1 + \frac{l_{жс}}{l_2} - \frac{l}{l_2}\right)^{\frac{k}{2}} dl. \quad (9)$$

Интегрируя дифференциальное уравнение (9) в пределах от $l = l_{ж}$ до $l = 0$, имеем

$$t = -\frac{S\sqrt{\rho_{жс}}}{\mu S_{отв}\sqrt{2p_H}} \int_{l_{жс}}^0 \left(1 + \frac{l_{жс}}{l_2} - \frac{l}{l_2}\right)^{\frac{k}{2}} dl. \quad (10)$$

Перейдем к новой переменной $z = 1 + \frac{l_{жс}}{l_2} - \frac{l}{l_2}$, тогда $dz = -\frac{1}{l_2} dl$, откуда $dl = -l_2 dz$.

При этом изменятся пределы интегрирования. Нижний предел при $l = l_{ж}$, $z = 1$ и верхний предел при $l = 0$, $z = 1 + \frac{l_{жс}}{l_2}$. Таким образом, интеграл (10) принимает вид

$$t = \frac{Sl_2\sqrt{\rho_{жс}}}{\mu S_{отв}\sqrt{2p_H}} \int_1^{1+\frac{l_{жс}}{l_2}} z^{\frac{k}{2}} dz. \quad (11)$$

Вычислив значение определенного интеграла в уравнении (11), получаем формулу для расчета времени вытеснения основной части воды из жидкостной камеры УИПВ:

$$t = \frac{2}{k+2} \cdot \frac{Sl_{жс}\sqrt{\rho_{жс}}}{\mu S_{отв}\sqrt{2p_H}} \left[\left(1 + \frac{l_{жс}}{l_2}\right)^{\frac{k+2}{2}} - 1 \right]. \quad (12)$$

Коэффициент расхода в формуле (12) для отверстия, образованного раскрывшимися лепестками разрезанной резины, следует принимать таким же, как и у коноидального насадка $\mu = 0,50$ [1].

В качестве примера выполним расчет времени вытеснения сжатым воздухом воды для опытного образца УИПВ, имеющего следующие данные: $p_H = 2,9$ МПа, $D = 62$ м, $l_r = 260$ мм, $l_{ж} = 340$ мм. Отверстие, образующееся при раскрытии лепестков резины, имеет форму правильного шестиугольника с расстоянием между сторонами $b = 30$ мм.

В этом случае имеем

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,062^2 = 30,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$S_o = 0,03 \cdot \left(0,0075 + \sqrt{0,0075^2 + 0,015^2} \right) = 7,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$\frac{l_{жс}}{l_z} = 1,308;$$

$$t = \frac{2}{1,4 + 2} \cdot \frac{30,2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,26 \sqrt{1000}}{0,50 \cdot 7,28 \cdot 10^{-4} \sqrt{2 \cdot 2,9 \cdot 10^6}} \left[(1 + 1,308)^{\frac{1,4+2}{2}} - 1 \right] = 0,052 \text{ с.}$$

Таким образом, время вытеснения основной массы воды в опытном образце УИПВ составляет порядка 0,05 с.

При этом скорость ее истечения изменяется

$$\text{от } v_n = \varphi \sqrt{\frac{2p_n}{\rho_{жс}}} \text{ до } v_k = \varphi \sqrt{\frac{2p_k}{\rho_{жс}}},$$

где p_n - начальное давление воздуха; p_k - давление воздуха в конце фазы вытеснения основной массы воды, определяемое по формуле (8); φ - коэффициент скорости, $\varphi = 0,97$ [1].

Так как для опытного образца УИПВ $p_n = 2,9$ МПа, а $p_k \approx 1$ МПа, то

$$v_n = 0,97 \sqrt{\frac{2 \cdot 2,9 \cdot 10^6}{10^3}} = 73,9 \text{ м/с,}$$

$$v_k = 0,97 \sqrt{\frac{2 \cdot 1 \cdot 10^6}{10^3}} = 43,4 \text{ м/с.}$$

Как видно из проведенных расчетов, скорость вытекающей из УИПВ струи воды падает, что приводит к распаду ее на капли. Такая струя, попадая в очаг пожара, значительно эффективнее снижает температуру как поверхности горения, так и факела пламени по сравнению с тушением пожара сплошной струей. Незначительное время истечения струи (0,05 с) позволяет иметь высокую скорострельность УИПВ, а диспергированная струя - тушить пожар меньшим количеством воды.

ЛИТЕРАТУРА

Рабинович Е.З. Гидравлика. Учебное пособие для вузов. - М.: Недра, 1980.