

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАСТВОРИТЕЛЯ В ПОРОХОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРИ ИХ ХРАНЕНИИ

А.А. Желтоножко, канд. хим. наук (ГосНИИХП, г. Шостка)

Запропоновано розрахунковий метод визначення вмісту розчинника по товщині склепіння, що горить, в процесі зберігання пороху.

Пороха, извлекаемые при разборке боеприпасов, поступающих на утилизацию, применяются для взрывных работ в разных отраслях народного хозяйства Украины. При этом они, как правило, имеют законченные гарантийные сроки хранения. Нами экспериментально доказано, что содержание растворителя при хранении порохов изменяется. Значительное его уменьшение может привести к изменению энергетических характеристик [1], что затруднит использование порохов. В этой связи необходим расчетный метод определения содержания растворителя в пороховых элементах при хранении.

Процесс распределения легколетучего растворителя в пороховом элементе можно с определенными допущениями описать при помощи выражений 2-го закона Фика:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где C – концентрация растворителя в пороховом элементе; D – коэффициент диффузии; τ – время.

Краевыми условиями уравнения (1) являются

$$\begin{aligned} C(x, 0) &= f(x), \\ C(0, \tau) &= C_{c1}, \end{aligned} \quad (2)$$

где C_{c1} – концентрация растворителя на поверхности порохового элемента.

Исходя из геометрических размеров порохового элемента и условий удаления растворителя, решение уравнения (1) можно с определенными допущениями свести к задаче для неограниченной пластины в одномерном измерении. Удаление растворителя из порохового элемента происходит как через боковую поверхность, так и через каналы внутри него. Решение уравнения (1) рассматривается для зоны элемента, расположенной между его боковой поверхностью и каналами, то есть на глубине горящего свода.

Если предположить, что удаление растворителя происходит только через боковую поверхность порохового элемента, принятую за начало отсчета, то при краевых условиях (2)

$$C(x, 0) = C_0,$$

$$C(0, \tau) = C_1 \quad (3)$$

решением дифференциального уравнения (1) является

$$C_1(x, \tau) = C_{c1} + (C_0 - C_{c1}) \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{01}} \sin \frac{i\pi x}{2\delta}, \quad (4)$$

где F_{01} – критерий, подобный критерию Фурье, характеризующий удаление растворителя через боковую поверхность; δ – глубина горящего свода.

При удалении растворителя через каналы на глубине горящего свода при краевых условиях (2)

$$\begin{aligned} C(x, 0) &= C_0, \\ C(\delta, \tau) &= C_{c2} \end{aligned} \quad (5)$$

уравнение (1) имеет решение

$$C_2(x, \tau) = C_{c2} + (C_0 - C_{c2}) \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{02}} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta}, \quad (6)$$

где F_{02} – критерий, подобный критерию Фурье, характеризующий удаление растворителя через каналы на глубине горящего свода δ ; C_{c2} – граничная концентрация на глубине горящего свода δ .

Удаление растворителя из порохового элемента в действительности происходит одновременно как через боковую поверхность, так и через каналы на глубине горящего свода δ .

Общее расчетное распределение концентрации растворителя определяется как разность между начальной концентрацией C_0 и суммой разностей между тем же значением C_0 и концентрациями $C_1(x, \tau)$ и $C_2(x, \tau)$ (рис. 1).

$$C(x, \tau) = C_0 - (\Delta C_1 + \Delta C_2);$$

$$\Delta C_1 = C_0 - C_{c1} = (C_0 - C_{c1}) \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{01}} \sin \frac{i\pi x}{2\delta} = (C_0 - C_{c1}) \left(1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{01}} \sin \frac{i\pi x}{2\delta} \right);$$

$$\Delta C_2 = (C_0 - C_{c2}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{02}} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta} \right].$$

Следовательно,

$$\begin{aligned} C(x, \tau) &= C_0 - \left\{ (C_0 - C_{c1}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{01}} \sin \frac{i\pi x}{2\delta} \right] + \right. \\ &\left. + (C_0 - C_{c2}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{02}} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

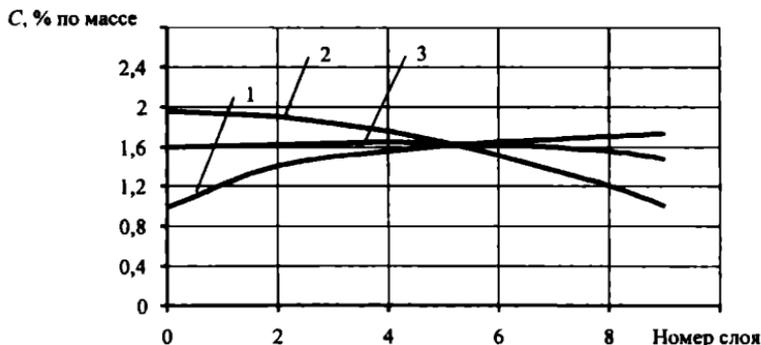


Рис. 1. Общее распределение концентрации растворителя: 1 – при удалении растворителя через боковую поверхность; 2 – при удалении растворителя через каналы; 3 – при удалении растворителя через боковую поверхность и каналы

Кривая 3 состоит из восходящего и нисходящего участков, каждый из которых описывается критериями F_{01}^* и F_{02}^* , учитывающими одновременно критерии F_{01} и F_{02} .

При удалении растворителя из зоны порохового элемента, расположенной между каналом на глубине горящего свода δ и центральным каналом, может оказаться, что удаление растворителя в этой зоне будет проходить медленнее, чем из зоны, расположенной между боковой поверхностью и каналами на глубине δ . Вследствие этого растворитель из центральной зоны может поступать во внешнюю зону, что приведет к увеличению концентрации растворителя во внешней зоне вблизи каналов на глубине δ . В результате этого на кривой распределения растворителя во внешней зоне (от боковой поверхности до глубины δ) появится второй восходящий участок, который будет начинаться от значения концентрации растворителя C_{02} , находящегося между максимальным значением концентрации первого восходящего участка и глубиной горящего свода с концентрацией C_δ .

Распределение значений концентрации растворителя при поступлении его из внутренней зоны порохового элемента во внешнюю определяется выражением

$$C_3(x, \tau) = C_\delta \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 x^2}{4} F_{01}} \sin \frac{i\pi(\delta-x)}{2\delta} \right] \quad (8)$$

Тогда разность значений концентрации между C_0 и $C_3(x, \tau)$ равна

$$\Delta C_3 = C_0 - C_3(x, \tau) = C_0 - C_\delta \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 x^2}{4} F_{01}} \sin \frac{i\pi(\delta-x)}{2\delta} \right], \quad (9)$$

где F_{03}^* – критерий, подобный критерию Фурье, характеризующий поступление растворителя из зоны, расположенной между каналами на глубине δ и центральным каналом, во внешнюю зону.

В этом случае общее распределение концентраций растворителя будет равно

$$C(x, \tau) = C_0 - (\Delta C_1 + \Delta C_2 + \Delta C_3) = C_0 - \left\{ (C_0 - C_{c1}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2\pi^2}{4} F_{01}^*} \sin \frac{i\pi x}{2\delta} \right] + (C_0 - C_{c2}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2\pi^2}{4} F_{02}^*} \sin \frac{i\pi(\delta-x)}{2\delta} \right] + C_{c3} \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2\pi^2}{4} F_{03}^*} \sin \frac{i\pi(\delta-x)}{2\delta} \right] \right\}. \quad (10)$$

Таким образом, кривые распределения концентраций растворителя во внешней зоне порохового элемента могут состоять не только из восходящего и нисходящего участков, но и из восходящего, нисходящего и второго восходящего участков (рис. 2).

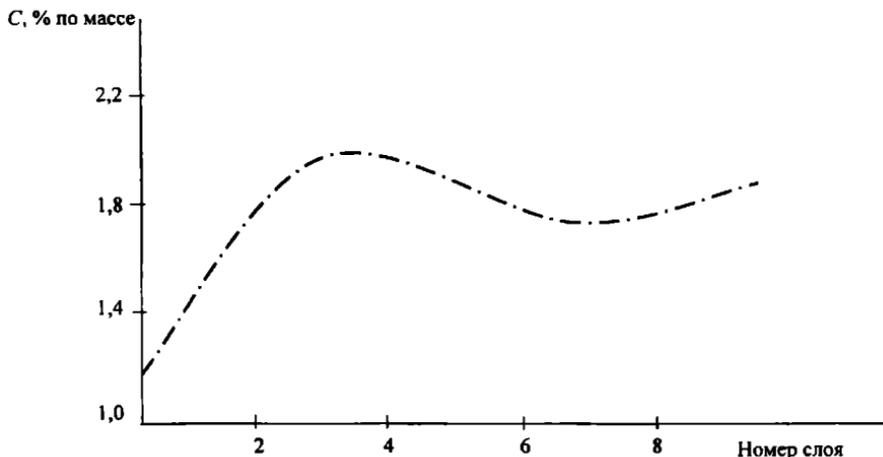


Рис. 2. Распределение растворителя при удалении его через боковую поверхность, через каналы на глубине δ и поступление его из центральной зоны порохового элемента

Определение распределения содержания растворителя по выражению (10) связано с большими трудностями из-за определения критериев F_{01} , F_{02} и F_{03} , так как каждый из них характеризует процесс удаления или поступления растворителя без учета других процессов.

Однако, если ввести критерии F_{01}^* , F_{02}^* и F_{03}^* , характеризующие восходящие и нисходящие участки с одновременным учетом всех трех процессов – F_{01} , F_{02} и F_{03} , то вся кривая распределения разбивается на три участка, каждый из которых определяется по следующим уравнениям:

для первого восходящего участка

$$C_1^*(x, \tau) = C_{c1} + (C_0 - C_{c1}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{01}^*} \sin \frac{i\pi x}{2\delta} \right], \quad (11)$$

где $x_{01} \leq x \leq x_{\max}$;

для нисходящего участка

$$C_2^*(x, \tau) = C_{c2} + (C_0 - C_{c1}) \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{02}^*} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta} \right], \quad (12)$$

где $x_{\max} \leq x \leq x_{02}$;

для второго восходящего участка

$$C_3^*(x, \tau) = C_{\delta} \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{4}{i\pi} e^{-\frac{i^2 \pi^2}{4} F_{03}^*} \sin \frac{i\pi(\delta - x)}{2\delta} \right]. \quad (13)$$

Таким образом, изменение содержания растворителя по глубине горящего свода порохового элемента при хранении пороха можно рассчитать по выражениям (11), (12) и (13). При этом C_0 , C_{δ} , F_{01}^* , F_{02}^* и F_{03}^* определяются из экспериментальных данных.

1. *Серебряков М.Е.* Внутренняя баллистика. – М.: Оборонгиз, 1949.

2. *Crank I., Park I.S.* // Diffusion in Polymers. – Academic Press. – London and New York. – 1968.

УДК 622.235

УМОВИ ВИНИКНЕННЯ ВІДМОВ СВЕРДЛОВИНИХ ЗАРЯДІВ ПРИ МАСОВИХ ВИБУХАХ

*В.Г. Кравець, докт. техн. наук, О.О. Фролов, канд. техн. наук (НТУУ "КПІ"),
Д.Г. Биков, інж. (ВАТ "Полтавський ГЗК")*

Рассмотрены условия возникновения отказов скважинных зарядов взрывчатых веществ при короткозамедленном взрывании. Установлен интервал расстояний между зарядами, в котором возможен срыв детонации заряда, инициируемого с замедлением.

Теоретичними та лабораторними дослідженнями встановлено, що за певних умов взаємодія ударних та детонаційних хвиль призводить до припинення детонації зарядів вибухових речовин (ВР). Це підтверджується і виробничими даними. Слід відзначити, що відмови мають місце при короткосповільненому підриванні зарядів другої, третьої та подальших черг. При миттєвому підриванні відмови майже не спостерігаються. Ця