

необходимо пользоваться рекомендациями в виде таблиц, составленных заранее по результатам решения полученных выше уравнений.

Экспертная оценка [3] этих рекомендаций показала, что с их помощью можно сократить время проведения аварийно-спасательных работ по извлечению пострадавшего из-под завалов примерно на 40 минут.

1. Михно Е.П. Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий. – М.: Атомиздат, 1979. – 288 с.

2. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968. – 265 с.

3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1974. – 264 с.

Получено 22.01.2000

© Аветисян В.Г., Дадашев И.Ф.,
Сенчихин Ю.Н., Гузенко В.А., 2000

УДК 614.641

П.Ф.БОРИСОВ

Главное управление государственной пожарной охраны МВД Украины, г.Киев

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫМЫВАЕМОСТИ АНТИПИРЕНА ИЗ ОГНЕБИОЗАЩИЩЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Рассматривается процесс вымываемости антипирена из огнебиозащищенной древесины как диффузия активного компонента из капиллярно-пористой структуры в окружающую водную среду в квазистационарном приближении.

Пропитанную антипиреном древесину по физическому состоянию можно представить как капиллярно-пористую структуру, капилляры которой заполнены антипиреном. Перемещение массы антипирена внутри древесины происходит за счет физических эффектов различной природы. Процесс вымываемости антипирена из древесины при эксплуатации по своей сущности подобен так называемой послойной обработке капиллярно-пористых материалов [1].

Здесь исследуется процесс массопереноса антипирена из древесины, на поверхности которой имеется полимерная пленка антисептика, например, препарата “Акватон” по ТУ У 25274537.002-98. Экспериментальное определение диффузии активного компонента удобно проводить по кинетике увеличения концентрации антипирена в окружающей среде, например, когда поместить исследуемый образец древесины в воду. При этом следует ожидать наличия индукционного периода, величина которого будет определяться временем диффузии воды в капилляры древесины и временем образования водного раствора антипирена. После этого начнется процесс диффузии антипирена в вод-

ную среду вокруг образца древесины. Рассмотрим сферический образец древесины, пропитанный антипиреном, на поверхности которого имеется полимерная оболочка антисептика.

Процесс диффузии антипирена через полимерную пленку можно рассматривать в квазистационарном приближении [2]. Запишем уравнение стационарной диффузии целевого компонента через сферическую полимерную оболочку образца:

$$\frac{d^2 Cr}{dr^2} + \frac{2dCr}{rdr} = 0, \quad (1)$$

где Cr – концентрация целевого компонента на расстоянии от центра образца.

Двухкратное интегрирование уравнения (1) дает

$$Cr = -\frac{A}{r} + B, \quad (2)$$

где A и B – постоянные интегрирования.

Для нахождения A и B используем граничные условия:

$$\begin{aligned} \text{при } r = r_0 \quad Cr &= C_{я}; \\ \text{при } r = R \quad Cr &= C, \end{aligned} \quad (3)$$

где r_0 – радиус исследуемого образца или внутренний радиус полимерной пленки; R – внешний радиус полимерной оболочки; $C_{я}$ – концентрация целевого компонента внутри образца; C – концентрация целевого компонента во внешней среде.

Подставляя (2) в граничные условия (3), получаем

$$\begin{cases} C_{я} = -\frac{A}{r_0} + B \\ C = -\frac{A}{R} + B \end{cases} \quad (4)$$

Решая систему линейных алгебраических уравнений (4), определяем A и B :

$$A = -\frac{r_0 R}{h} (C_{я} - C), \quad B = -\frac{1}{h} (r_0 C_{я} - RC), \quad (5)$$

где $h = R - r_0$ – толщина полимерной оболочки.

Диффузионный поток j через любую сферическую поверхность $4\pi r^2$ ($r_0 \leq r \leq R$) равен:

$$j = -4\pi r^2 D_2 \frac{dCr}{dr}, \quad (6)$$

где D_2 – эффективный коэффициент диффузии целевого компонента через полимерную оболочку.

Подставляя (2) с учетом (5) и (6), имеем

$$j = \frac{4\pi Rr_o D_2 (C_{я} - C)}{h}. \quad (7)$$

Приравнивая диффузионный поток (7) к скорости изменения массы диффундирующего вещества во внешней среде, получим

$$\frac{4\pi Rr_o D_2 (C_{я} - C)}{h} = V \frac{dC}{d\tau}. \quad (8)$$

Здесь τ – время; V – объем внешней среды.

В уравнении (8) имеются две неизвестные величины $C_{я}$ и C , для нахождения которых используется уравнение материального баланса. Перед началом опыта все диффундирующее вещество находится внутри оболочки. Поэтому уравнение материального баланса будет иметь вид

$$V_{я} C_{я} + VC = m, \quad (9)$$

где $V_{я}$ – объем капиллярно-пористого образца; m – масса диффундирующего целевого вещества в образце перед началом опыта.

Из уравнения (9) находим

$$C_{я} = C_o - \gamma C, \quad (10)$$

где $C_o = m / C_{я}$ – концентрация диффундирующего вещества в образце перед началом опыта; $\gamma = V / V_{я}$ – отношение объема внешней среды и объема капиллярно-пористого образца.

Подставляя (10) в (8), получаем линейное дифференциальное уравнение первого порядка для C :

$$\frac{4\pi Rr_o D_2}{h} [C_o - C(1 + \gamma)] = V \frac{dC}{d\tau}. \quad (11)$$

Интегрирование уравнения (11) при начальных условиях при $t = 0$ и $C = 0$ дает

$$\ln \frac{C_o - C(1 + \gamma)}{C_o} = - \frac{3R D_2 (1 + \gamma)}{hr_o^2} \tau. \quad (12)$$

Из уравнения (12) следует, что концентрация во внешней среде изменяется по закону

$$C = \frac{C_o}{1+\gamma} \left(1 - e^{-\frac{3RD_o(1+\gamma)}{hr_o^2\gamma}\tau} \right). \quad (13)$$

Так как в опытах обычно $\gamma \gg 1$, то единицей по сравнению с γ можно пренебречь. Тогда выражение (13) примет вид

$$C = \frac{C_o}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{3RD_o}{hr_o^2}\tau} \right). \quad (14)$$

Уравнение (12) с учетом вышеизложенного можно представить так:

$$\ln \frac{C_o}{C_o - \gamma C} = \frac{3RD_o}{hr_o^2} \tau. \quad (15)$$

Из (15) выходит, что, построив зависимость $\ln \frac{C_o}{C_o - \gamma C}$ от времени, где C – экспериментально найденное значение концентраций диффундирующего вещества во внешней среде, получим прямую линию. Тангенс угла наклона ($tg\alpha$) этой прямой будет давать коэффициент при времени, т.е. $tg\alpha = \frac{3RD_o}{hr_o^2}$. Следовательно, коэффициент диффузии через полимерную оболочку образца устанавливаем по формуле

$$D_o = \frac{hr_o^2}{3R} \cdot tg\alpha. \quad (16)$$

Эту формулу можно использовать в методике определения вымываемости антипиренов из огнебиозащищенной древесины.

1. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с дисперсной твердой фазой). – Л.: Химия, 1990. – 384 с.

2. Crank J. The Mathematics of Diffusion. Oxford: Clarendon Press. 1956. – 348 p.

Получено 27.01.2000

© Борисов П.Ф., 2000