М.В. Сліпченко, канд. техн. наук, доц. *(ДБТУ, Харків)*

ДО ПИТАННЯ САМОЗІГРІВАННЯ ЗЕРНА ПОРОДЖЕНОГО ПЛАСТОВИМ ОСЕРЕДКОМ

У сучасній зернопереробній галузі суттєвим питанням є зберігання зерна. Зерно повинно зберігатись за певних умов та обов'язково контрольовану температуру. Автоматизація та контроль процесу зберігання привело до зростання кількості зернових силосів і їх домінування над класичними приміщеннями для зберігання. Силоси можуть бути виконані як із залізобетону, так і за допомогою сучасних металоконструкцій, що суттєво знижує терміни будівництва.

Але при помилках в проектування та експлуатації виникають умови, що сприяють самонагріванню. Самонагрівання суттєво погіршує умови зберігання рослинної сировини. Особливо небезпечне це явище для олієвмісної сировини, що може повністю її зіпсувати внаслідок прогорання жирів, і , навіть, призвести до пожежі. Так як неможливо розмістити датчики занадто щільно, то питання самозігрівання є актуальним як з точки зору зберігання рослинної продукції, так і з точки зору протипожежної безпеки. З метою недопущення такого явища вводять заходи термоконтролю та газового аналізу, що є підґрунтям для подальших дій в залежності від технологій зберігання, які використовуються на підприємстві.

Питанням розрахунку температурних полів, породжених осередками самонагрівання, присвячено багато наукових публікацій. На їх основі осередки самозігрівання можна поділити на такі види: осередок беруть у вигляді кулі, який називають гніздовим; осередок обмежений двома поперечними перерізами силосу, або так званий пластовий осередок; осередок має один із розмірів значно більший за інші, що нагадує стрижень. Таким чином маємо гніздові, пластові і стрижневі осередки. В даній роботі розглянемо температурне поле, породжене пластовим осередком, який не має чіткої межі. Для цього розподіл термоджерел вважаємо вісесиметричним і підпорядковуємо нормальному закону Гауса.

Розподіл надлишкової температури $T = T(x,t)$ в сировині по вісі силосу описуємо диференціальним рівнянням:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \alpha^2 T - \frac{1}{\alpha}\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{q(x)}{\lambda F} H(t), \qquad (1)$$

де x – локальна осьова координата з початком в центрі осередку; t – час; $a = \lambda/(\rho c)$ – коефіцієнт температуропровідності сировини; λ – коефіцієнт її теплопровідності; ρ, c – відповідно питома маса і питома теплоємність сировини; F – площа поперечного перерізу; $H(t)$ – одинична функцій Хевісайда; $\alpha^2 = h\chi(\lambda F)^{-1}$, h – коефіцієнт теплообміну; χ – периметр поперечного перерізу силосу.

Погонну щільність термоджерел в осередку самонагрівання $q(x)$ подаємо виразом:

$$q(x) = q_0 \exp\left(-\frac{x^2}{R^2}\right), \tag{2}$$

в якому $q_0 = q(0)$ – максимальне значення щільності; $R > 0$ – характеризує локалізацію термоджерел за координатою x (по вісі силосу).

Закон розподілу отриманий у спільних роботах з д.ф.-м.н., проф. Ольшанським В.П.:

$$T(x,t) = \frac{q_0 R\sqrt{\pi}}{4\lambda F\alpha}\left\{\exp\left(\frac{\alpha^2 R^2}{4}\right)\left[2\mathrm{ch}(\alpha x) - \exp(-\alpha x)\Phi\left(\frac{\alpha R}{2} - \frac{x}{R}\right) - \right.\right.$$
$$\left. - \exp(\alpha x)\Phi\left(\frac{\alpha R}{2} + \frac{x}{R}\right)\right] - \exp\left[\alpha^2\left(\frac{R^2}{4} + at\right)\right]\left[2\mathrm{ch}(\alpha x) - \exp(-\alpha x)\times \right. \tag{3}$$
$$\left.\left. \times\Phi\left(\alpha\sqrt{\frac{R^2}{4} + at} - \frac{x}{\sqrt{R^2 + at}}\right) - \exp(\alpha x)\Phi\left(\alpha\sqrt{\frac{R^2}{4} + at} + \frac{x}{\sqrt{R^2 + at}}\right)\right]\right\}.$$

Для практичної реалізації виведених розрахункових формул, крім теплофізичних характеристик сировини та характеристик силосу, потрібні значення q_0 і R. Їх доводиться ідентифікувати за результатами вимірювань надлишкової температури на початку самонагрівання.

Невідоме αR, можна знаходити чисельними методами за допомогою рівнянь (4) та (5).

$$T(0,t) \approx \frac{q_0 R\sqrt{\pi}}{2\lambda F\alpha}\left[a_1(\beta - \zeta) + a_2\left(\beta^2 - \zeta^2\right) + a_3\left(\beta^3 - \zeta^3\right)\right]. \tag{4}$$

Тут $\beta = \dfrac{2}{2 + 0{,}47047(\alpha R)}$; $\zeta = \dfrac{2}{2 + 0{,}47047\left(\alpha\sqrt{R^2 + 4at}\right)}$.

$$\eta = \frac{T_2}{T_1} = \frac{a_1(\beta - \zeta_2) + a_2\left(\beta^2 - \zeta_2^2\right) + a_3\left(\beta^3 - \zeta_2^3\right)}{a_1(\beta - \zeta_1) + a_2\left(\beta^2 - \zeta_1^2\right) + a_3\left(\beta^3 - \zeta_1^3\right)}. \tag{5}$$