

МОДЕЛЮВАННЯ НАГРІВУ ЦИСТЕРН ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Козачук А. В.

Науковий керівник – к.т.н., проф. Савчук Т. О.

Моделювання нагріву залізничної цистерни є складовою процесу прогнозування стану надзвичайної ситуації на залізничному транспорті. Одним з можливих розв'язків задачі прогнозування стану температурного поля залізничної цистерни є математичне моделювання системи цистерни. Для цього розіб'ємо цистерну на множину елементарних комірок розмірами Δx , Δy , Δz та застосуємо до них дискретизоване рівняння теплопередачі:

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = a \left(\frac{\Delta^2 t}{\Delta x^2} + \frac{\Delta^2 t}{\Delta y^2} + \frac{\Delta^2 t}{\Delta z^2} \right)$$

Розв'язавши отриману систему рівнянь можна визначити залежність температури речовини в цистерні від часу.

Причиною можливого вибуху є підвищення температури та тиску газоповітряної суміші у цистерні, що може призвести до безпосереднього руйнування стінок цистерни через зростаюче статичне навантаження або, за певних умов, до спалаху газоповітряної суміші, що призводить до вибуху цистерни з великою імовірністю.

Рівняння стану газоповітряної суміші можна описати рівнянням Ван дер Ваальса (1), де p – тиск газу, V – об'єм газу, T – температура, v – кількість молів речовини, R – універсальна газова стала, a , b – поправки до рівняння стану ідеального газу.

$$\left(p + \frac{av^2}{V^2} \right) \left(\frac{V}{v} - b \right) = RT$$

Припустивши, що об'єм газу та кількість речовини не змінюються, двічі застосуємо формулу (1) до газу з параметрами (p_1, V_1) , та (p_2, V_2) відповідно та поділимо отримані співвідношення одне на одного.

$$\frac{p_2 + \frac{av^2}{V^2}}{p_1 + \frac{av^2}{V^2}} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 + \frac{av^2}{V^2} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

Таким чином, маючи значення температури газу, можна визначити тиск всередині цистерни у будь який момент часу, що дає можливість оцінити час з моменту появи полум'я до виникнення надзвичайної ситуації.