

Козачук А.В., к.т.н, проф.,

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУР ПРИ НАГРІВІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ЦИСТЕРНИ

Широке розповсюдження залізничного транспорту в Україні накладає високі вимоги щодо безпеки залізничних перевезень. Щоб збільшити рівень безпеки на залізниці слід проводити прогнозування стану рухомого складу потяга з метою попередження надзвичайних ситуацій та оперативної ліквідації їх наслідків. Прогнозування (моделювання) стану температурного поля залізничної цистерни дає можливість отримати уявлення про процеси, що відбуваються всередині цистерн як в штатних, так і в нештатних ситуаціях.

Необхідно, маючи інформацію про зовнішнє джерело тепла A , представлену у вигляді тривимірного закону розподілу, фізичні параметри речовини, що перевозиться q , фізичні та геометричні характеристики цистерни c , визначити стан температурного поля цистерни у довільний момент часу t .

Метою дослідження є отримання результатів моделювання стану температурного поля залізничної цистерни.

На основі співвідношень, описаних у [1] розроблено комп'ютерну програму прогнозування стану залізничної цистерни під час пожежі. Розроблена програма реалізовує кінцево-елементний алгоритм моделювання термодинамічного стану речовини, описаний у [1, 2]. Програма передбачає можливість зміни геометричних параметрів цистерни, завдання особливостей джерела тепла та речовини, що перевозиться.

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, ν – кількість молів речовини, R – універсальна газова стала, a , b – поправки до рівняння стану ідеального газу.

$$\left(p + \frac{a\nu^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{\nu} - b\right) = RT \quad (1)$$

Припустивши, що об'єм газу та кількість речовини не змінюються, застосуємо формулу (1) до газу з параметрами (p_1, V_1) та (p_2, V_2) , що дозволить визначити співвідношення як

$$\frac{p_2 + \frac{a\nu^2}{V_2^2}}{p_1 + \frac{a\nu^2}{V_1^2}} = \frac{T_2}{T_1} \quad (2)$$

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} p_1 + \frac{a\nu^2}{V_2^2} \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right). \quad (3)$$

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

Отже, за допомогою розробленої комп'ютерної програми, було проведено моделювання стану температурного поля залізничної цистерни. Отримані результати дають можливість отримати значення тиску у цистерні в будь-який момент часу і на основі цього значення оцінити імовірність вибуху цистерни, що дозволяє проводити прогнозування стану швидкоплинної надзвичайної ситуації на залізничному транспорті.

Література

1. Перевозніков С. І., Козачук А. В. Емпіричні та стійкі чисельні методи для прогнозування фізичного стану вантажу потяга// Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – №1(17). – Вінниця: Універсум. – 2010.– 102 с.
2. Михеев М. А., Михеева. "Основы теплопередачи" // Энергия. – Москва. – 1977. – 343 с.