

УДК 004.89+519.216.3

ПРОГНОЗУВАННЯ РАДІУСУ ЗОНИ УРАЖЕННЯ ВІД ВИБУХУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ЦИСТЕРНИ ІЗ ПЕРЕГРІТОЮ РІДИНОЮ

Савчук Тамара, Козачук Андрій

Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

Розглянуто співвідношення, що дозволяють прогнозувати розміри зони ураження від вибуху залізничної цистерни на основі результатів чисельного моделювання процесу нагріву залізничної цистерни.

Consider the formulas that can predict the size of the affected area of the explosion of railroad tank cars based on the results of numerical modeling of railroad tank cars heating.

Вступ

Однією з найбільших небезпек під час розвитку надзвичайної ситуації на залізничному транспорті є вибух залізничної цистерни із перегрітою рідиною. Зазвичай такі вибухи відбуваються під час пожежі. Методи прогнозування часу вибуху описані в [1]. Розглянемо детальніше процес вибуху та оцінемо зону ураження.

Під час нагріву від зовнішнього джерела тепла рідина в цистерні починає випаровуватись. Газ, що міститься в цистерні має обмежений об'єм і швидко насичується парами рідини. Після насичення газу, випаровування рідини припиняється. З часом, коли температура рідини піднімається до температури кипіння, кипіння рідини не відбувається і рідина переходить в перегрітий стан. Після досягнення цього стає можливий вибух за рахунок швидкого випаровування перегрітої рідини (англ. Boiling liquid expanding vapor explosion, BLEVE). При цьому вибухають також і негорючої рідини.

Вибух відбувається під час пошкодження оболонки цистерни. Коли великий обсяг газу швидко виходить з цистерни назовні тиск всередині падає, газ перестає бути насиченим і починається миттєве випаровування великої кількості перегрітої рідини. Тиск всередині цистерни стрибкоподібно зростає до рівня, що значно перевищує початковий, оболонка цистерни руйнується і відбувається вибух.

Основними небезпечними факторами під час вибуху є уламки цистерни, ударна хвиля та вогняна куля. Вогняна куля утворюється тільки за умов горючості рідини. Розмір зони ураження визначається уламками цистерни. Розглянемо співвідношення, що дозволяють визначити радіус зони ураження.

Для обчислення тиску на поверхні цистерни під час вибуху використовується співвідношення [3]:

$$P_b = P_{sb}[1 - \theta]^{-2k/(k-1)}$$

$$\theta = \frac{0.035(k-1)(P_{sb}-101)}{\sqrt{[1+0.058P_{sb}](kT/M)}}$$

де P_b - тиск газу безпосередньо перед вибухом, кПа, P_{sb} - надлишковий тиск в момент вибуху, кПа, T - температура газу в момент вибуху, в Кельвінах, M - молекулярна маса газу, k - коефіцієнт виділення тепла з одиниці об'єму при певному тиску. Значення тиску визначається в результаті чисельного моделювання.

Обчислення маси i -го за масою уламка здійснюється за формулою [3]:

$$M = \frac{dM(i)}{di} = M_0 B \lambda i^\lambda e^{-B i^\lambda}$$

де M_0 - загальна маса уламків (рівна масі цистерни), i - номер уламка, B та λ - параметри закону розподілу. Як зазначається в [3], зазвичай кількість уламків циліндричних об'єктів коливається від одного до п'яти. Знаючи масу уламків та тиск ударної хвилі можна розрахувати початкову швидкість уламків за формулою [4]: $v = 2.05 \sqrt{\frac{P_{sb} D^3}{M}}$

де D - діаметр уламку в дюймах, M - маса уламка в фунтах. Одиниця виміру $[v]$ - фути в секунду. Радіус

максимальної зони ураження, у метрах, визначається наступним чином:

$$R = \frac{v^2}{g} \text{ де } g - \text{прискорення вільного падіння, при цьому необхідно перевести } v \text{ в метри на секунду.}$$

Отже, за допомогою наведених співвідношень та результатів чисельного моделювання стану залізничної цистерни під час надзвичайної ситуації на залізничному транспорті, можна визначити радіус зони ураження від вибуху цистерни, що може бути використаний при прийнятті рішень щодо ліквідації надзвичайної ситуації та в якості складової інформаційної технології прогнозування стану надзвичайної ситуації на залізничному транспорті.

Список використаних джерел:

1. Савчук Т. О. Результати моделювання стану температурного поля залізничної цистерни / Т. О. Савчук, А. В. Козачук // Вісник Хмельницького національного університету - 2011, № 1.
2. Савчук Т. О. Розробка підходів до нестатистичного прогнозування фізичного стану вантажу потяга / Т. О. Савчук, О. М. Романюк, А. В. Козачук // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського - 2011, № 5.
3. У. Бейкер, П. Кокс, П. Уестайн, Дж. Кулеш, Р. Стрелов, Взрывные явления. Оценка и последствия. М Мир, 1986.
4. M. Held, Fragment mass distribution of high energy projectiles // Propellants, High Explosives, Pyrotechnics - 1990, № 15