

Попов О. О., Данілін О. М., Петухова О. А., Бородич П. Ю. Модель випадкових пульсацій теплового потоку випромінюванням від пожежі горючої рідини. С. 168-180.

Модель випадкових пульсацій теплового потоку випромінюванням від пожежі горючої рідини

Попов Олександр Олександрович

Центр інформаційно-аналітичного та
технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики

Національної академії наук України

<http://orcid.org/0000-0002-5065-3822>

Данілін Олександр Миколайович

Національний університет цивільного захисту України

<https://orcid.org/0000-0002-4474-7179>

Петухова Олена Анатоліївна

Національний університет цивільного захисту України

<https://orcid.org/0000-0002-4832-1255>

Бородич Павло Юрійович

Національний університет цивільного захисту України

<https://orcid.org/0000-0001-9933-8498>

DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-11>

Ключові слова: пожежа горючої рідини, пожежа в резервуарному парку, тепловий вплив пожежі, теплообмін

Анотація

Об'єктом дослідження є процес горіння рідини в резервуарі або в розливі. На відміну від стандартного підходу, коли форма полум'я приймається сталою, розглянуто випадкові пульсації полум'я, обумовлені турбулентним режимом горіння рідини. Наслідком таких пульсацій є випадковий характер як коефіцієнта взаємного опромінення, так і температури випромінюючої поверхні полум'я. Це, в свою чергу, призводить до випадкового значення щільності теплового потоку випромінюванням від пожежі. Із використанням центральної граничної теореми обґрунтовано припущення про нормальний закон розподілу щільності теплового потоку випромінюванням, коефіцієнта взаємного опромінення і температури випромінюючої поверхні полум'я. Припущення про нормальний закон розподілу дозволяє обчислити математичне очікування щільності теплового потоку. Показано, що середнє значення щільності теплового потоку зростає із збільшенням дисперсій температури випромінюючої поверхні та коефіцієнта взаємного опромінення, а також із збільшенням коефіцієнта кореляції між ними. Це означає, що неврахування випадкових пульсацій полум'я може призводити до занижених оцінок середньої величини щільності теплового потоку від пожежі. Знайдено дисперсію щільності теплового потоку випромінюванням і показано, що вона збільшується із зростанням дисперсій температури полум'я і коефіцієнта взаємного опромінення. Дисперсія температури має більший вклад в приріст середнього значення теплового потоку випромінюванням порівняно с дисперсією коефіцієнта взаємного опромінення. Середньоквадратичне відхилення щільності теплового потоку може складати понад 40 % від його середнього значення при середньоквадратичних відхиленнях температури полум'я і коефіцієнта взаємного опромінення до 10 % від їх середніх значень. Отримані результати можуть бути використані для уточнення теплового впливу пожежі горючої рідини на сусідні об'єкти.

Посилання

1. Landucci G., Gubinelli G., Antonioni G., Cozzani V. The assessment of the damage probability of storage tanks in domino events triggered by fire. *Accident Analysis & Prevention*. 2009. Vol. 41(6). P. 1206– doi: 10.1016/j.aap.2008.05.006
2. Elhelw M., El-Shobaky A., Attia A., El-Maghlany W. M. Advanced dynamic modeling study of fire and smoke of crude oil storage tanks. *Process Safety and Environmental Protection*. 2021. Vol. 146. P. 670– doi: 10.1016/j.psep.2020.12.002

3. Yang R., Khan F., Neto E. T., Rusli R., Ji J. Could pool fire alone cause a domino effect? *Reliability Engineering & System Safety*. 2020. Vol. 202. P. 106976. doi: 10.1016/j.ress.2020.106976
4. Reniers G., Cozzani V. 3 – Features of Escalation Scenarios. *Domino Effects in the Process Industries*. 2013. P. 30–42. doi: 10.1016/B978-0-444-54323-3.00003-8
5. Liu J., Li D., Wang Z., Chai X. A state-of-the-art research progress and prospect of liquid fuel spill fires. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2021. Vol. 28. P. 101421. doi: 10.1016/j.csite.2021.101421
6. Tauseef S., Abbasi T., Pompapathi V., Abbasi S. Case studies of 28 major accidents of fires/explosions in storage tank farms in the backdrop of available codes/standards/models for safely configuring such tank farms. *Process Safety and Environmental Protection*. 2018. Vol. 120. P. 331– doi: 10.1016/j.psep.2018.09.017
7. Li X., Chen G., Amyotte P., Alauddin M., Khan F. Modeling and analysis of domino effect in petrochemical storage tank farms under the synergistic effect of explosion and fire. *Process Safety and Environmental Protection*. 2023. Vol. 176. P. 706– doi: 10.1016/j.psep.2023.06.054
8. Khakzad N., Amyotte P., Cozzani V., Reniers G., Pasman H. How to address model uncertainty in the escalation of domino effects? *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2018. Vol. 54. P. 49– doi: 10.1016/j.jlp.2018.03.001
9. Ahmadi O., Mortazavi S. B., Pasharshahi H., Mohabadi H. A. Consequence analysis of large-scale pool fire in oil storage terminal based on computational fluid dynamic (CFD). *Process Safety and Environmental Protection*. 2019. Vol. 123. P. 379– doi: 10.1016/j.psep.2019.01.006
10. Yang J., Zhang M., Zuo Y., Cui X., Liang C. Improved models of failure time for atmospheric tanks under the coupling effect of multiple pool fires. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2023. Vol. 81. P. 104957. doi: 10.1016/j.jlp.2022.104957
11. Chen Y., Fang J., Zhang X., Miao Y., Lin Y., Tu R., Hu L. Pool fire dynamics: Principles, models and recent advances. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2023. Vol. 95. P. 101070. doi: 10.1016/j.peccs.2022.101070
12. Sun X., Zhang X., Lv J., Chen X., Hu L. Experimental study on the buoyant turbulent diffusion flame height of various intermittent levels. *Applied Energy*. 2023. Vol. 351. P. 121699. doi: 10.1016/j.apenergy.2023.121699
13. Zhao J., Song G., Zhang Q., Li X., Huang H., Zhang J. Experimental study on flame length and pulsation behavior of n-heptane continuous spill fires on water. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2023. Vol. 85. P. 105174. doi: 10.1016/j.jlp.2023.105174
14. Guo Y., Xiao G., Wang L., Chen C., Deng H., Mi H., Tu C., Li Y. Pool fire burning characteristics and risks under wind-free conditions: State-of-the-art. *Fire Safety Journal*. 2023. Vol. 136. P. 103755. doi: 10.1016/j.firesaf.2023.103755

15. Huang X., Huang T., Zhuo X., Tang F., He L., Wen J. A global model for flame pulsation frequency of buoyancy-controlled rectangular gas fuel fire with different boundaries. *Fuel*. 2021. Vol. 289. P. 119857. doi: 10.1016/j.fuel.2020.119857
16. Biswas K., Zheng Y., Kim C. H., Gore J. Stochastic time series analysis of pulsating buoyant pool fires. *Proceedings of the Combustion Institute*. 2007. Vol. 31(2). P. 2581– doi: 10.1016/j.proci.2006.07.234
17. Абрамов Ю. О, Басманов О. Є., Олійник В. В., Колоколов В. О. Стохастична модель нагріву стінки резервуара під впливом пожежі. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2022. 1(35). С. 4–16. doi: 10.52363/2524-0226-2022-35-1