

## ТЕПЛОВИЙ ВПЛИВ ПОЖЕЖІ НА ПОКРІВЛЮ РЕЗЕРВУАРА З НАФТОПРОДУКТОМ

*Басманов О.Є., д.т.н., професор,*

*Максименко М.В.*

*Національний університет цивільного захисту України*

Резервуарні парки є основним місцем зберігання нафти і нафтопродуктів в процесі їх переробки і транспортування. Накопичення значних об'ємів горючих рідин на відносно невеликій площі призводить до підвищеної пожежної небезпеки. Особливу загрозу являє каскадне розповсюдження пожежі на сусідні резервуари, внаслідок теплового впливу на них. Найбільш поширеними в Україні і світі є вертикальні сталеві резервуари (РВС). Нагрів сталевих конструкцій резервуара до температури самоспалахування парів нафтопродукту призводить до вибуху пароповітряної суміші в газовому просторі резервуара (якщо концентрація парів знаходиться між нижньої і верхньої концентраційними межами розповсюдження полум'я) або до горіння парів на виході з дихальних пристроїв (якщо концентрація парів в газовому просторі перевищує верхню концентраційну межу розповсюдження полум'я). Отже, для прогнозування сценаріїв розвитку пожежі необхідним є визначення динаміки зміни температури стінок і покрівлі резервуарів.

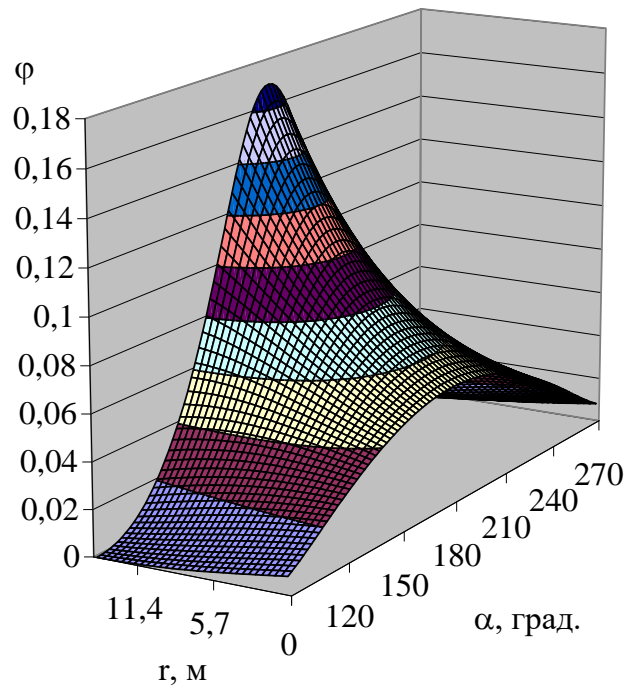
В [1] побудовано модель нагріву стінки резервуара від пожежі розливу. Модель враховує теплообмін випромінюванням (з пожежею і навколишнім середовищем) і конвекцією (зовнішньої поверхні стінки з навколишнім повітрям і внутрішньої – з пароповітряною сумішшю). Але вплив вітру на зміну теплового потоку від пожежі в роботі не розглянуто.

В [2] побудовано модель теплового балансу для стінки резервуара, що нагрівається від пожежі в сусідньому резервуарі з нафтопродуктом. Модель спирається на припущення про кінчну форму факела над резервуаром з нафтопродуктом. У випадку вітру конус нахилиється, зберігаючи свою довжину.

В [3] побудовано модель нагріву покрівлі резервуара, яка враховує променевий теплообмін її зовнішньої поверхні з факелом пожежі і навколишнім середовищем, променевий теплообмін внутрішньої поверхні з простором всередині резервуара, конвекційний теплообмін з навколишнім повітрям і пароповітряною сумішшю в газовому просторі резервуара. На рис. 1 наведено розподіл коефіцієнта взаємного опромінення  $\phi$  по покрівлі резервуара РВС-10000 в залежності від кута  $\alpha$  і відстані  $r$  від осі резервуара при швидкості вітру 4 м/с, направленою від резервуара, що горить.

Вирази для коефіцієнтів взаємного опромінення  $\phi$ , отримані в [2, 3], містять безрозмірні координати у підінтегральній функції. Це означає, що для всіх резервуарів з діаметром  $D \leq 30/0,75 = 40$  (м), можуть бути використані графічні залежності на рис. 1. З практичної точки зору це означає всі резервуари до РВС-20000 включно.

Нахил факела вітром у бік сусіднього резервуара призводить до збільшення коефіцієнта взаємного опромінення. За відсутності вітру максимальне значення коефіцієнта взаємного опромінення досягається краю покрівлі, оберненої в бік пожежі, і складає 0,0901.



**Рис. 1. Розподіл коефіцієнта взаємного опромінення по покрівлі резервуара при пожежі в сусідньому резервуарі з горючою рідиною і швидкості вітру 4 м/с.**

При швидкості вітру 2 м/с цей коефіцієнт зростає на 64 % і становить 0,1475, а при швидкості 4 м/с зростає в 1,9 рази, досягаючи величини 0,1697. Вітер, направлений від резервуара, що горить, до сусіднього збільшує небезпеку розповсюдження пожежі. Зокрема, при швидкості вітру 2 м/с покрівля досягає температури 250 °С вже через 4,3 хв., а при 5 м/с – через 2,5 хв. Скорочення часу досягнення небезпечних значень температури покрівлю резервуара означає необхідність охолодження сусідніх резервуарів вже через 2–3 хв. після початку пожежі.

Обмеженням побудованої моделі є те, що вона не враховує нагріву внутрішніх поверхонь покрівлі і стінок резервуара внаслідок взаємного опромінення. Внаслідок цього нагрів стінки і покрівлі буде відбуватися швидше, ніж це впливає з моделі. Подальші перспективи дослідження пов'язані з побудовою комплексної моделі нагріву стінки, покрівлі і пароповітряної суміші в резервуарі під тепловим впливом пожежі, а також визначенням інтенсивності подачі води, що забезпечує охолодження до безпечної температури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Lackman T., Hallberg M. A dynamic heat transfer model to predict the thermal response of a tank exposed to a pool fire. Chemical engineering transactions. 2016. Vol. 48. P. 157–162.
2. Басманов О. Є., Максименко М. В. Моделирование влияния пожежі на сусідній резервуар з нафтопродуктом в умовах вітру. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. 1 (35). С. 239–253.
3. Максименко М. В. Модель нагріву покрівлі резервуара під впливом пожежі в сусідньому резервуарі. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. 2 (36). С. 233–247.