

встановленим нормативам. Це є фактором інтенсивного погіршення екологічного стану атмосферного повітря.

Для оцінки екологічної безпеки викидів підприємств з виробництва електродів у житловій забудові виконано розрахунок рівня приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Приземні концентрації на межі житлової забудови за оксидом вуглецю, нафталіну та фенолу перевищують санітарні норми, що обумовлює необхідність проведення природоохоронних заходів з мінімізації цих викидів.

Одним з екологічно безпечних процесів очищення газових викидів від CO і C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> є каталітичний метод. Перспективним напрямком у цій галузі є розробка каталізаторів із заміною благородних металів на інтерметалідні сполучення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Белоконь К.В. Про підвищення екологічної безпеки газових викидів металургійних підприємств. *Металургія*, 2011. Вип. 25. С.164-169.
2. Белоконь К.В. Повышение экологической безопасности предприятий электродного производства путём каталитического обезвреживания газовых выбросов. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*, 2015. Вып. 70. С.42-49.
3. РД 52.04.212-86 (ОНД-86). Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий. Введ. 1987-01-01. Ленинград: ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, 1987. 68с.
4. Belokon K.V., Belokon Y.A., Kozhemyakin G.B., Matukhno E.V. Environmental assessment of the intermetallic catalysts utilization efficiency for deactivation of the pollutants emitted by electrode production enterprises. *Scientific bulletin of National mining university, Scientific and technical journal*, 2016. №3 (153). С.87-94.
5. Belokon K., Belokon Y. The study of catalysts based on intermetallic NiAl alloys. *Ceramic Transactions*, 2017. Vol. 262. P.221-224.

Надійшла до редколегії

УДК 629.039.58

DOI 10.31319/2519-2884.35.2019.55

МАХОВСЬКИЙ В.О., к.т.н, доцент  
КРЮКОВСЬКА О.А., к.т.н, доцент  
РОМАНЮК Р. Я., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### **АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИНИКНЕННЯ ТА ЙМОВІРНОГО СЦЕНАРІЮ РОЗВИТКУ АВАРІЙ ПРИ РОЗВАНТАЖЕННІ НАФТОПРОДУКТІВ НА АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЯХ**

**Вступ.** Найбільшою потенційною небезпекою технологічної схеми автозаправної станції (АЗС) є порушення герметичності автоцистерни з нафтопродуктами на території АЗС. Це може спричинити вибух парів палива над проливом і пожежу проливу, а також вибух і пожежу усередині автоцистерни. У цих випадках зона дії вражаючих факторів аварії може бути розповсюджена навіть за межі території АЗС.

Основними причинами виникнення аварійних ситуацій на АЗС є [1-3]: відмова у роботі засобів контролю і протиаварійного захисту; перевищення технологічних параметрів процесів вище критичних значень; порушення норм технологічних режимів; ме-

ханічний і корозійний знос обладнання; помилки ремонтного і обслуговуючого персоналу; дії зовнішніх факторів.

Обладнання АЗС не характеризується будь-якими небезпеками, обумовленими конструктивними особливостями. Усі небезпеки, які властиві устаткуванню АЗС, пов'язані з небезпечними властивостями нафтопродуктів і надмірним тиском при перекачуванні палива. Ступінь небезпеки у деяких випадках залежить також від технічних характеристик обладнання. Технологічно та територіально обладнання АЗС поділяється на три блоки: блок № 1 – вузол розвантаження нафтопродуктів (включає автомобільну цистерну під час її розвантаження); блок № 2 – вузол зберігання нафтопродуктів (включає резервуари та ємності для їх зберігання); блок № 3 – вузол видачі нафтопродуктів (включає паливороздавальні колонки).

**Постановка задачі.** Метою роботи є аналіз причин виникнення та ймовірного сценарію розвитку аварій при розвантаженні нафтопродуктів на автозаправних станціях та розробка рекомендацій з попередження цих небезпечних ситуацій.

**Результати роботи.** Автомобільні цистерни відрізняються від технологічного обладнання тим, що вони є транспортним засобом, та при зупинці і зливанні нафтопродуктів існує небезпека мимовільного їх руху під ухил або за інерцією. Неконтрольований рух автоцистерн з паливом є небезпекою завдяки можливим зіткненням, пошкодженням резервуарів автоцистерн і викидам палива.

До основної небезпеки автомобільних цистерн також відноситься можливість залпового викиду великої кількості рідкого палива.

Вузол зливу автоцистерн не містить технологічного обладнання і складається з підземних трубопроводів для нафтопродуктів, згрупованих і виведених над землею у визначеному місці, а також зливних муфт. У вузол розвантаження подаються автомобільні цистерни різної ємності. Місце зупинки автоцистерни для зливу палива не обладнано будь-якими захисними засобами для обмеження площі або запобігання можливому його проливу. У разі порушення герметичності арматури і трубопроводів відбудеться витік палива у ґрунт.

Планування заходів з попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (НС) має здійснюватися для випадку виникнення найбільш несприятливих умов на об'єкті під час НС [4,5]. У даному випадку руйнування заповненої автоцистерни з максимальною місткістю (вид палива – бензин, 40 м<sup>3</sup>) на відкритому майданчику буде найбільш несприятливою ситуацією на АЗС.

Технологічними причинами порушення герметичності цистерни, що супроводжується масовим викидом (проливом) бензину, можуть бути [3]: підвищення тиску та перевищення його величини вище межі критичних значень; механічний (втомний) та корозійний знос резервуара цистерни; аварійна ситуація транспортного характеру, пов'язана із зіткненням або перекиданням заповненої цистерни.

Критичний тиск у заповненій цистерні може утворитися у результаті притоку тепла ззовні у поєднанні з відмовами у роботі дихального клапана і відсутністю контролю за тиском у цистерні.

Різке підвищення тиску усередині цистерни може відбутися у результаті вибуху суміші парів бензину з повітрям у вільному об'ємі цистерни. Оскільки злив палива з цистерни здійснюється за допомогою гнучкого шланга, то утворення вибухонебезпечної суміші парів бензину з повітрям усередині цистерни цілком імовірно. Утворення ініціатора вибуху усередині автоцистерни може відбутися у результаті електростатичного розряду внаслідок відсутності або несправності її заземлення, а також у разі порушень правил пожежної безпеки. Таке поєднання несприятливих факторів вважається маловірогідним, проте повністю виключати даний випадок не можна.

У результаті помилок персоналу при фіксації автоцистерни під час стоянки і розвантаження або аварій транспортного характеру можливі механічні пошкодження резервуара цистерни та порушення його герметичності, що створює пожежовибухонебезпечну ситуацію на території АЗС. Перехід аварійної ситуації в аварію (пожежа проливу або вибух над проливом з подальшою пожежею) небезпечний не тільки за своїми масштабами, але і високою вірогідністю залучення в аварію блоку резервуарів з паливом. Не виключено “ланцюговий” характер розвитку аварії автоцистерни на АЗС із залученням деяких або навіть усіх резервуарів.

На рис.1 представлено логічну схему виникнення та розвитку аварії з автомобільною цистерною при розвантаженні нафтопродуктів (блок №1). Розглянемо детальний аналіз умов виникнення і розвитку аварії на кожній стадії вузла розвантаження нафтопродуктів.

*Стадія 1.* Перевищення тиску у цистерні вище межі критичних значень. Основною технологічною причиною руйнування або порушення герметичності цистерни є підвищення тиску парів бензину у цистерні до критичного. Воно можливе у результаті підвищення температури (різке потепління, пожежа або інше джерело тепла поблизу) у цистерні.

До основних засобів з попередження та локалізації аварії відносяться дотримання вимог безпечної експлуатації автоцистерни та контроль її технічного стану.

*Стадія 2.* Механічний та корозійний знос автоцистерни. Основними причинами є конструктивна концентрація напружень у результаті появи вм'ятин та тріщин при експлуатації автоцистерни, перевищення вантажопідйомності, наявність дефектів зварних швів тощо. Для недопущення зносу автоцистерни необхідне постійне проведення огляду її резервуару згідно зі встановленими нормами та правилами.

*Стадія 3.* Помилки обслуговуючого персоналу. Цей вид ініціювання НС може відбуватися на будь-якому етапі розвантаження нафтопродуктів, тому обслуговуючий персонал повинен знати правила техніки безпеки, пожежної безпеки при розвантаженні нафтопродуктів. Власники АЗС повинні організовувати навчання та стажування новоприйнятих працівників, проводити періодичну перевірку знань персоналу, проводити тренувальні навчання у випадку виникнення НС та інше.

*Стадія 4.* Вплив зовнішніх факторів. До зовнішніх факторів, які можуть призвести до порушення герметичності (руйнування) цистерни і викиду палива, можна віднести НС транспортного характеру, нагрів цистерни ззовні (пожежа на території АЗС), явища природного характеру (землетруси, урагани, переміщення ґрунту, блискавка), терористичні акти, порушення правил техніки безпеки, пожежної безпеки при експлуатації автоцистерни тощо. До заходів з попередження НС можна віднести дотримання обслуговуючим персоналом АЗС вимог правил безпеки під час зливу палива (заземлення автоцистерни, припинення відпуску бензину споживачам під час зливання), експлуатації автоцистерни, моніторинг НС та проведення об'єктових тренувань працівників у разі їх можливого виникнення.

*Стадія 5.* Порушення герметичності, перекидання автоцистерни. Порушення герметичності можливе через перевищення тиску, механічного та корозійного зносу матеріалу цистерни, помилок обслуговуючого персоналу і впливу зовнішніх чинників. Перекидання можливе у результаті впливу зовнішніх факторів та дорожньо-транспортних пригод. Слід зазначити, що порушення герметичності цистерни контролюється візуально. Заходи з недопущення подібних ситуацій розглянуті вище.

*Стадія 6.* Утворення вибухопожежонебезпечної суміші всередині автоцистерни. При зниженні рівня палива в автоцистерні через дихальний клапан надходить атмосферне повітря, що створює умови для утворення всередині цистерни вибухопожежонебезпечної суміші парів палива з повітрям.

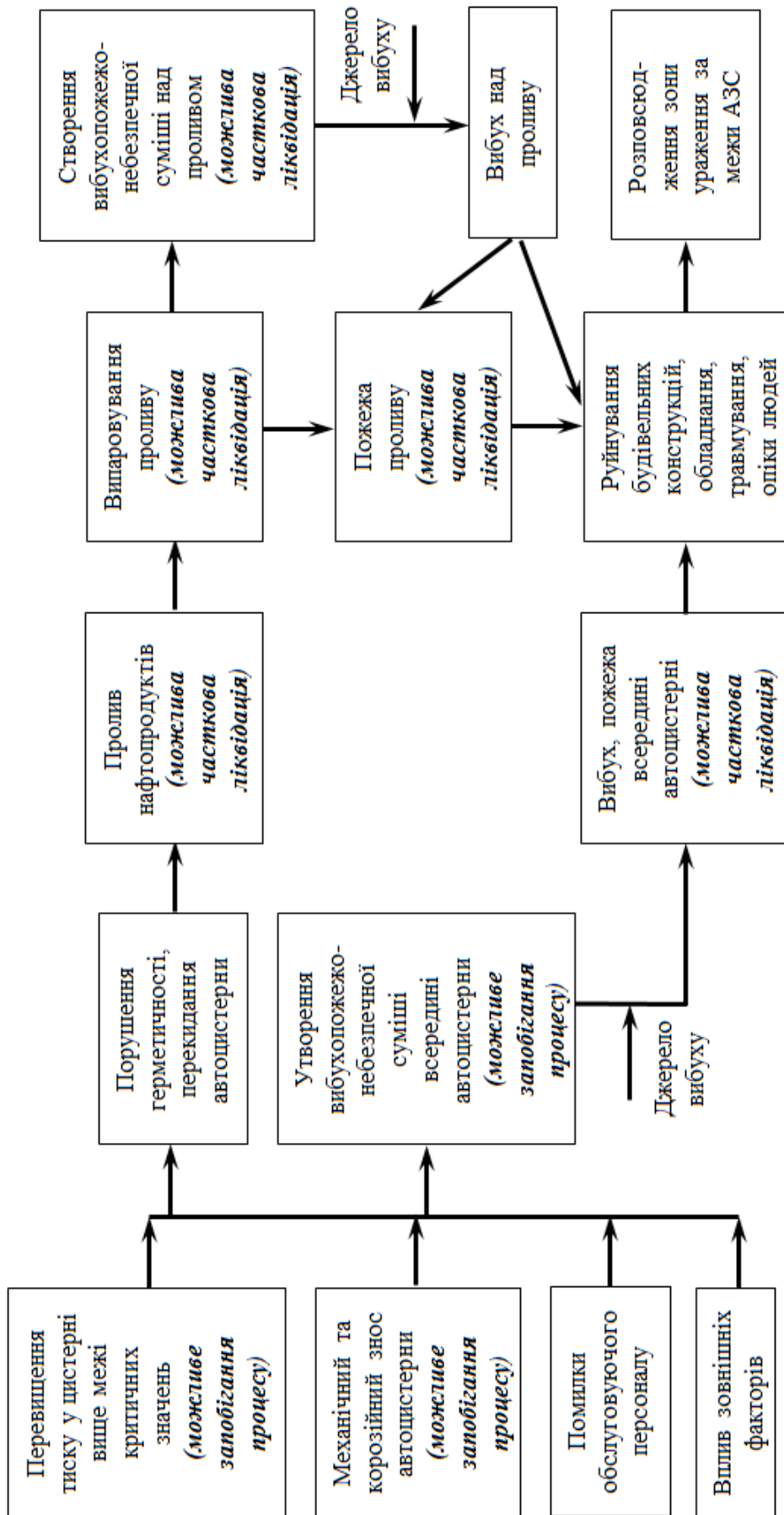


Рисунок 1 – Логічна схема можливого розвитку аварії при розвантаженні нафтопродуктів

У процесі зливу нафтопродуктів або видалення відстою з автоцистерни атмосферне повітря надходить всередину через відкритий люк. Можливий і зворотний процес – вихід парів бензину з автоцистерни та утворення вибухопожежонебезпечної концентрації поблизу дихального клапана.

До основних заходів з недопущення утворення вибухопожежонебезпечної суміші всередині автоцистерни можна віднести: контроль та підтримання температури і тиску на рівні величин, при яких поширення полум'я виключається; контроль та підтримання безпечної концентрації окисника і (або) горючих речовин; ізоляція горючого середовища від джерел запалювання.

*Стадія 7.* Пролив нафтопродуктів. Пролив нафтопродуктів відбувається у разі порушення герметичності автоцистерни на відкритому майданчику АЗС. Маса проливу залежить від рівня палива у пошкодженій цистерні та розмірів пошкодження. Наявність проливу контролюється візуально, та у разі витoku нафтопродуктів посилюється характерний запах.

Локалізація проливу палива не передбачається працівниками АЗС. Необхідно негайно сповістити персонал і керівництво автозаправної станції про аварію, провести евакуацію працівників та викликати підрозділи державної служби з надзвичайних ситуацій та пожежної охорони. На інших стадіях дії працівників АЗС аналогічні.

*Стадія 8.* Вибух, пожежа всередині автоцистерни. Ініціювання вибуху та пожежі в автоцистерні можливе електростатичним розрядом при відсутності заземлення. Ці надзвичайні ситуації можуть статися у разі порушення персоналом правил пожежної безпеки та дії зовнішніх факторів (джерела відкритого вогню, блискавка). Вибух супроводжується короткочасним різким звуком з низькою частотою і високим рівнем звукового тиску. Після вибуху, як правило, виникає пожежа.

*Стадія 9.* Випаровування проливу. Пролив з автоцистерни відбувається під невеликим надлишковим тиском і має температуру, близьку до температури навколишнього повітря, тому випаровування палива відбувається за рахунок припливу тепла ззовні. Швидкість випаровування залежить від температур поверхні та навколишнього повітря, а також властивостей проливої речовини.

*Стадія 10.* Пожежа проливу. Пожежонебезпечна суміш утворюється при збільшенні хмари проливу за рахунок випаровування і змішування її з повітрям. Займання суміші парів палива з повітрям можливе лише при наявності джерела запалювання і за певної концентрації парів палива у суміші. У випадку невеликого загоряння можливе гасіння за допомогою первинних засобів пожежогасіння, тому працівники повинні знати правила безпечного поводження з ними.

*Стадія 11.* Створення вибухопожежонебезпечної суміші над проливом. Ймовірність утворення вибухопожежонебезпечної суміші над проливом досить висока, оскільки пари бензину важчі за повітря та при відсутності або слабкому вітрі будуть накопичуватися над проливом. Маса вибухонебезпечної хмари залежить від тривалості випаровування та від метеорологічних умов під час НС.

*Стадія 12.* Вибух над проливом. Вибух на відміну від спалаху є практично миттєвим згорянням суміші, що супроводжується виділенням великої кількості нагрітих газів великої руйнівної сили. Суміш парів нафтопродуктів з повітрям вибухонебезпечна тільки у певних межах. Існують нижній та верхній межі вибуховості суміші як за концентрацією парів вуглеводнів, що містяться у суміші, так і за її температурою. Наприклад, суміш парів бензину з повітрям є вибухонебезпечною, якщо у ній міститься 0,8-8,0% (об.) парів бензину. Температурні межі вибуховості для бензину становлять від  $-50$  до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

*Стадія 13 та 14.* Руйнування будівельних конструкцій, обладнання, травмування, опіки людей та розповсюдження зони ураження за межі АЗС. Під час вибуху паро-

повітряної суміші у ємності може брати участь до 30% маси усіх парів, що утворилися, а на відкритій місцевості – до 10%. Тому сила вибуху на території АЗС і його руйнівна дія залежать від маси та площі проливу, метеорологічних умов та тривалості випаровування від моменту проливу до вибуху. Отже, можливе руйнування обладнання, травмування людей та розповсюдження зони ураження за межі АЗС.

**Висновки.** Проведено детальний аналіз причин виникнення та розглянуто ймовірний сценарій розвитку аварій при розвантаженні нафтопродуктів на автозаправних станціях. Побудовано логічну схему виникнення та розвитку аварій у цьому блоці. Розроблено рекомендації з попередження НС при розвантаженні нафтопродуктів з автоцистерни на автозаправних станціях та дій працівників АЗС у випадку їх виникнення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів / Говдяк Р.М. та ін. Івано-Франківськ: Вид-во "Лілея НВ", 2007. 556с.
2. Організація управління цивільним захистом на підприємствах, в установах та організаціях: навч. посіб. / Гудович О. Д. та ін. Київ: ІДУЦЗ, 2011. 537с.
3. Маховський В.О., Крюковська О.А. Аналіз, дослідження та оцінка небезпек при експлуатації газонаповнювальних пунктів. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*, 2019. Вип. 1 (34). С.156-165. DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.30.
4. Левчук К.О., Романюк Р.Я., Толок А.О. Цивільний захист: навч. посіб. Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 325с.
5. Левчук К.О., Романюк Р.Я. Методика планування заходів цивільного захисту на потенційно небезпечних об'єктах. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*, 2019. Вип. 1 (34). С.146-150. DOI 10.31319/2519-2884.34.2019.28.

Надійшла до редколегії 30.09.2019.

УДК 519.218

DOI 10.31319/2519-2884.35.2019.56

ДРАНИШНИКОВ Л.В., д.т.н., професор

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

### **ОЦІНКА РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ ЄМНОСТЕЙ ЗРІДЖЕНИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ**

**Вступ.** Розрахунок та аналіз ризику є тим методичним інструментом, за допомогою якого потенційна небезпека може бути оцінена кількісно. Концептуальна основа аналізу ризику передбачає використання методичних підходів, математичного апарату та інформаційної бази, що дозволяє відповісти на такі питання: 1) що може функціонувати «неправильно» (у неробочому режимі)?; 2) які причини цього?; 3) які можливі наслідки?; 4) наскільки ймовірним це є?

У технологічному сенсі аналіз ризику є послідовністю дій, впорядкованих за такими етапами: 1) числова оцінка ризику; 2) аналіз структури ризику; 3) управління ризиком [1].

Аналіз ризику полягає у побудові множини всіх сценаріїв виникнення і розвитку можливих аварій на об'єкті з подальшою оцінкою частот реалізації і визначенням масштабів їх наслідків. Результати аналізу ризику використовуються при декларуванні, ек-