

ISSN 2710-3056

# Grail of Science

Periodical scientific journal

No 10

November  
2021

## The issue of journal contains

Proceedings of the II Correspondence  
International Scientific and Practical Conference

### **SCIENCE OF POST-INDUSTRIAL SOCIETY: GLOBALIZATION AND TRANSFORMATION PROCESSES**

held on November 19<sup>th</sup>, 2021 by

NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine)

LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria)

 **OU CI**  
Open Ukrainian Citation Index



Euro Science Certificate № 22338 dated 16.10.2021

UKRISTEI (Ukraine) Certificate № 865 dated 22.10.2021

INDEX  COPERNICUS  
INTERNATIONAL


DOI 10.36074/grail-of-science.19.11.2021.042

## ФАКТОРИ НЕБЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОКОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ

Щиборовська Марина Юріївна

здобувач вищої освіти інституту цивільного захисту

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Бабаджанова Ольга Федорівна 

канд.техн. наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту

та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Пузанова Анастасія Володимирівна

здобувач вищої освіти інституту цивільного захисту

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

**Анотація.** Основною складовою газотранспортної системи України є мережа магістральних газопроводів та компресорних станцій. Небезпечні фактори аварій на компресорних станціях можуть виникнути при порушенні герметичності апаратів, розриві апаратів і трубопроводів внаслідок підвищення тиску вище допустимого, через механічні ушкодження від вібрації, атмосферної та підземної корозії металів.

За статистикою таке явище, як вибух, відбувається досить часто та призводить до серйозних наслідків, пов'язаних із травмуванням або загибеллю людей, руйнуванням будівель, будівельних конструкцій та технологічного обладнання. Розраховано фактори ураження під час аварії на трубопроводах компресорної станції.

**Ключові слова:** безпека, фактори ураження, компресорна станція, пробіт-функція.

**Вступ.** Українська газотранспортна система є однією з найбільш надійних та потужних у Європі. Її пропускна здатність на вході складає 302,1 млрд куб. м/рік, з них 23 млрд куб. м/рік з боку ЄС, на виході – 178,5 млрд куб. м/рік, у тому числі 146 млрд куб. м/рік – в напрямку країн ЄС та Туреччини [1].

Основною складовою газотранспортної системи України є мережа магістральних газопроводів та компресорних станцій. Парк газоперекачувальних агрегатів налічує 702 одиниці, розміщених на 72 компресорних станціях. На компресорних станціях, які здійснюють перекачування газу, відбувається визначення загального обсягу технологічних витрат, витрат паливного газу по кожному газоперекачувальному агрегату та витрат газу на власні потреби компресорної станції [1].

Небезпечні фактори аварій на компресорних станціях можуть виникнути при порушенні герметичності апаратів, розриві апаратів і трубопроводів внаслідок підвищення тиску вище допустимого, через механічні ушкодження від вібрації, атмосферної та підземної корозії металів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В світі за рік виникає декілька тисяч надзвичайних ситуацій, на ліквідацію наслідків яких витрачається значна частка валового доходу держав. В багатьох європейських країнах ведеться офіційна статистика щодо кількості аварійних випадків за той, чи інший проміжок часу. Однак в Україні більша частина такої інформації є конфіденційною і, відповідно, закритою для загального огляду чи зафіксована тільки локально на підприємстві.

В роботі [2] розглянуто статистичні дані 8-го звіту європейської групи (EGIG), яка проводить дослідження аварій на трубопроводах, щодо загальних показників аварійності на магістральних трубопроводах деяких європейських країн (рис. 1).

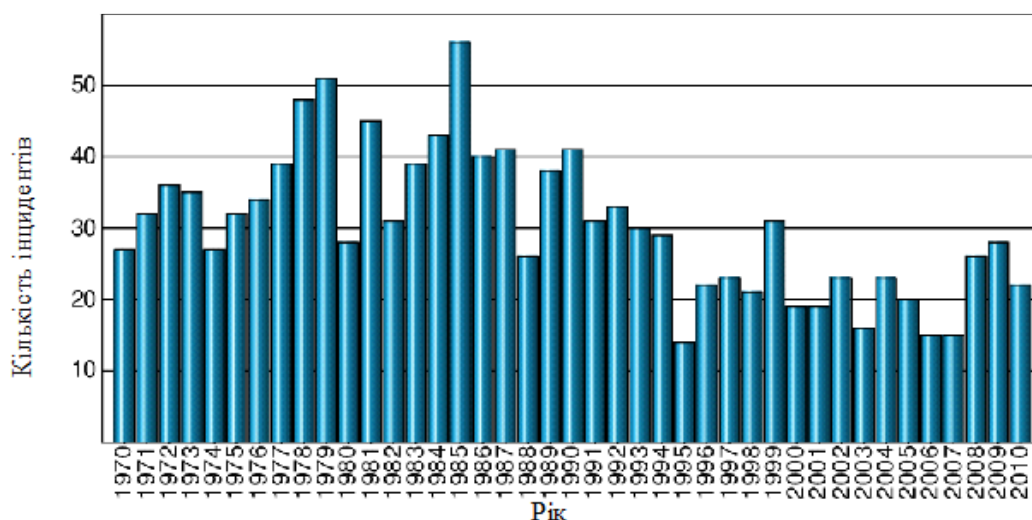


Рис. 1. Динаміка кількості аварій газотранспортної мережі EGIG [2]

Більша частина магістральних газопроводів (МГ) має підземну конструктивну схему прокладки. На підземні трубопроводи впливають корозійно-активні ґрунти. Під впливом корозійного зносу металу зменшується товщина стінки труб, що в свою чергу може призвести до виникнення аварійних ситуацій на МГ. Як правило, більшість дефектів на газопроводах з'являється в результаті корозійних і механічних пошкоджень, визначення місця і характеру яких пов'язані з рядом труднощів і великими матеріальними витратами [3].

Проаналізовані авторами [4] фактори, які спричиняють аварії та аварійні ситуації, пов'язані з експлуатацією магістральних трубопроводів, можна розділити на такі, що проявляються на стадії проектування (неправильний вибір матеріалу, технології виготовлення, неврахування умов експлуатації), виготовлення (порушення технології, використання матеріалів незадовільної якості, недостатня увага контрольним заходам) та експлуатації (корозія, зовнішні механічні дії, старіння металу). В Україні серед причин аварій розповсюдженим є суб'єктивний фактор, пов'язаний із недбалістю ставленням до трубопроводу або порушенням вимог до його експлуатації.

Серйозною причиною виходу трубопроводів і обладнання з ладу є корозія. Сталь, яка знаходиться у взаємодії з активним середовищем, таким як

газ – поступово деградує. На частку корозійних процесів припадає до 25 відсотків усіх повідомлень про аварії, які призводять до загибелі людей.

Старіння металу (процес, який також призводить до негативних змін структури та властивостей матеріалу) також називають серед основних причин аварій. Стрес-корозійне розтріскування металу в даний час є однією з найбільш частих причин руйнування магістральних трубопроводів.

Але одним із найбільших джерел небезпеки є застарілість обладнання. За даними «Нафтогаз України» близько 40% від загальної протяжності магістральних трубопроводів експлуатуються понад 30 років. Близько 80 % газоперекачувальних агрегатів на компресорних станціях експлуатуються понад 30 років, застаріли як фізично, так і морально [5].

**Виклад основного матеріалу.** Можливі фізичні проявлення аварії на компресорній станції визначаються, насамперед, вибухопожежонебезпечністю природного газу, а також високим значенням тиску у трубопроводі. Наслідками аварії на підземному газопроводі є розрив газопроводу на повний перетин з викидом природного газу із займанням або без займання.

Аварія на обладнанні компресорної станції може статися через розрив зовнішнього технологічного трубопроводу на повний перетин або руйнування ємності, апарата, установки, їх трубопровідної обв'язки, що супроводжується викидом небезпечної речовини із займанням або без займання. При цьому, основними фізичними проявами цих аварій і супровідними їхніми факторами ураження є наступні:

- розрив газопроводу або його руйнування з викидом і займанням газу та утворенням струменя полум'я або колонної пожежі з поширенням поблизу місця аварії факторів ураження: повітряної хвилі стискання, швидкісного напору струменя газу, прямого впливу полум'я, теплового випромінювання від полум'я;
- розрив газопроводу або його руйнування з витіканням природного газу в атмосферу, його розсіюванням;
- витікання природного газу усередині виробничого приміщення з утворенням вибухонебезпечної газоповітряної суміші, її займання та вибух з утворенням хвилі стискання і пожежі колонного типу в захаращеному просторі.

Ці прояви аварій можуть мати різні варіації залежно від низки факторів, таких, наприклад, як діаметр газопроводу, наявність наземного обладнання, будинків і споруд поблизу місця аварії, відстань від місця розриву до найближчих запірних (відсічних) пристроїв, час перекриття аварійних ділянок трубопроводів, швидкість і напрямок вітру, спрацьовування запобіжних засобів.

Статистика аварій на магістральних газопроводах показує, що серед факторів ураження значної частини аварій присутня ударна хвиля. При цьому виникнення ударних хвиль пов'язане з розривом тіла труби під дією внутрішнього тиску, що супроводжується викидом газу і його дефлаграційним горінням.

У якості розрахункової аварії приймалась найбільша за показниками факторів ураження аварія на найнебезпечнішому обладнанні технологічного блоку. Для аварій на газопроводах маса газу, яка бере участь у вибуху, розраховувалася з урахуванням характерних значень довжин розривів магістральних газопроводів.

Як показує статистика, таке явище, як вибух, відбувається досить часто та призводить до серйозних наслідків, пов'язаних із травмуванням або загибеллю людей, руйнуванням будівель, будівельних конструкцій та технологічного обладнання [6].

Для оцінки наслідків впливу факторів ураження на життя і здоров'я людини, а також на інші об'єкти застосовуються аналітичні моделі. Як залежності, що відображають зв'язок між вірогідністю поразки і поглиненою (впливаючою) дозою, часто використовуються аналітичні стохастичні моделі, які отримали назву пробіт-функцій. У практиці використання імовірнісних критеріїв впливу уражаючих факторів на людей, інженерно-технічні споруди та природні об'єкти використовується пробіт-функція, величина якої в загальному вигляді представлена залежністю [7]:

$$Pr = a + b \ln D \quad (1)$$

де  $a$ ,  $b$  - константи пробіт-функції (коефіцієнти, що залежать від виду впливу, його властивостей і реципієнта);  $D$  - інтенсивність досліджуваного фактора, що дорівнює:

$$D = \begin{cases} f(\Delta P_{\phi}, i) - \text{баричний вплив} \\ q^n t - \text{термічний вплив} \\ c^n t - \text{токсичний вплив} \\ D_{\text{еф}} - \text{радіаційний вплив} \end{cases} \quad (2)$$

де  $\Delta P_{\phi}$  - надмірний тиск у фронті ударної хвилі, кПа;  $i$  - імпульс хвилі тиску (позитивної фази), кПа·с;  $q^n$  - щільність теплового потоку, кВт/м<sup>2</sup>;  $t$  - ефективний час експозиції, с;  $C$  - концентрація токсиканту, мг/л, ррт;  $D_{\text{еф}}$  - ефективна доза іонізуючого випромінювання, мЗв;  $n$  - показник ступеня.

Одним з небезпечних факторів вибуху є хвиля надлишкового тиску.

Визначення умовної ймовірності різного ступеня ураження людини під впливом надлишкового тиску проводили в такій послідовності.

Обчислюються надлишковий тиск  $\Delta P$  та імпульс хвилі тиску  $i$  [8].

Надлишковий тиск  $\Delta P_{\phi}$ , який розвивається під час згоряння газу розраховується за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = P_0 \left( \frac{0,8 \times m_{np}^{0,33}}{r} + \frac{3 \times m_{np}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \times m_{np}}{r^3} \right), \text{ кПа} \quad (3)$$

де  $P_0$  - атмосферний тиск, (101 кПа);  $r$  - відстань від геометричного центру хмари газу, м;  $m_{np}$  - приведена маса газу, кг.

$$m_{np} = \left( \frac{Q_{32}}{Q_0} \right) \times m_g \times Z, \text{ кг} \quad (4)$$

де  $Q_{32}$  - питома теплота згоряння метану, Дж/кг;  $Q_0$  - константа, рівна  $4,52 \times 10^6$  Дж/кг;  $Z$  - коефіцієнт участі газу у вибуху, приймається  $Z=0,1$ ;  $m_g$  - маса газу, який поступив в навколишнє середовище внаслідок аварії, кг.

Обчислюємо значення пробіт-функції  $Pr$  [9]:

$$Pr = -12,6 + 1,524 \ln \Delta P_{\phi} \quad (5)$$

За її значенням, з таблиці [9], визначали умовну ймовірність ступеня ураження людини під дією надлишкового тиску.

Результати проведених розрахунків умовної ймовірності ступеня ураження людини в разі аварій на трубопроводах підключення ( $D = 1000$  мм) та обв'язки ( $D = 500$  мм) компресорної станції зображено на рис.1.

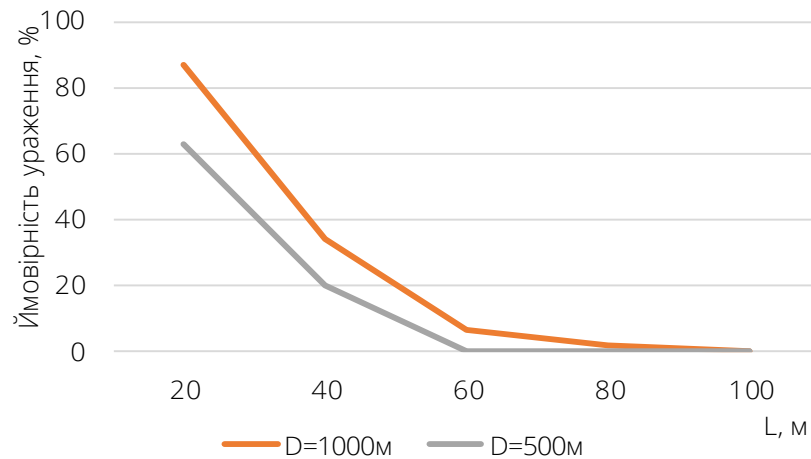


Рис. 1. Ймовірність ураження (розрив барабаних перетинок) на віддалі  $L$  від місця вибуху

Отже, умовна ймовірність поразки людини надмірним тиском вибуху в разі пошкодження газопроводів компресорної станції найбільша на відстані 20...40 м (87 - 20%).

**Висновки.** Встановлено фактори впливу на цілісність газопроводів. На компресорній станції найбільш небезпечним фактором ураження є хвиля тиску при різних режимах згорання газоповітряної хмари.

Розраховано надлишковий тиск вибуху внаслідок аварійної розгерметизації газопроводів обв'язки компресорної станції та вузла підключення магістрального газопроводу до компресорної станції. Визначено ймовірність ураження людей хвилею тиску вибуху за значенням пробіт-функції для різної віддалі від осередку вибуху.

Встановлено, що в разі розгерметизації одного з газопроводів, люди, які знаходяться на відстані 20...40 м можуть одержати розрив барабаних перетинок з ймовірністю 87...20%.

#### Список використаних джерел:

- [1] Основні ризики НАК «Нафтогаз України». Вилучено з <http://annualreport2016.naftogaz.com/ua/de-mi-zaraz/osnovni-riziki/>
- [2] Gas pipeline incidents 10-th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group (period 1970–2016). Вилучено з [http://www.egig.nl/downloads/10th\\_report\\_EGIG.pdf](http://www.egig.nl/downloads/10th_report_EGIG.pdf).
- [3] Савонин С., Москаленко А., Чугунов А., Тюндер А. (2015) Анализ основных причин аварий, произошедших на магистральных газопроводах. Инженерная защита. (11). Вилучено з <https://territoryengineering.ru/vyzov/analiz-osnovnyh-prichin-avarij-proizoshedshih-na-magistralnyh-gazoprovodah/>
- [4] Вовк О.О., Зайченко С.В., Четвертко Є.П., Шевченко М.В., Пірумов А.Є., Радецька О.Й. (2017) Аналіз аварій на магістральних трубопроводах за період 2005-2015 рр. Енергетика: економіка, технології, екологія. (4). 113-117.

- [5] Хрутьба В. О., Вайганг Г. О., Стегній О. М. (2017) Аналіз екологічних небезпек під час експлуатації та ремонту магістральних трубопроводів. Екологічна безпека. 2 (24). 75-84.
- [6] Иваницкий А.Г., Миканович А.С., Петрико Е.А. (2012) Проблемы определения вероятности поражения человека избыточным давлением взрыва. Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. 1 (15). 4-9.
- [7] Грот М. Де. (1974) Оптимальные статистические решения. М: Мир. 493. Вилучено з <https://www.ukma.edu.ua/~yubod/teach/DeGroot.pdf>
- [8] ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- [9] Кузьмина М.С. (2014) Методы прогноза вероятности причинения ущерба человеческим и материальным ресурсам. Инженерный журнал: наука и инновации. (9). Вилучено з <http://engjournal.ru/catalog/mathmodel/technic/1328.html>