

А. А. ТЕСЛЕНКО, А. А. КАЛАШНИКОВ

ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ, ПАРЫ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ

Вивчено відповідність між небезпекою пристроїв з горючими газами і оцінками ризику для життя людей викликається цими пристроями. В якості критеріїв небезпеки пристроїв взяті алгоритми, засновані на нормативних актах України. Критерії небезпеки і критерії пов'язані з оцінками ризиків представлені з використанням технології р-функцій. Показано, що при порівнянні критеріїв небезпеки і критеріїв пов'язаних з оцінками ризиків технологія р-функцій дозволяє отримати аналітичні та чисельні відмінності в оцінках небезпеки. В результаті досліджень виявлено різниця в поведінці критеріїв вибухонебезпечності і ризиків для життя людей. Отримано чисельні результати для випадків природного газу та парів легкозаймистих рідин. Для розглянутих випадків критерії вибухонебезпечності та критерії, засновані на ризиках, досягають своїх граничних значень не одночасно.

Ключові слова: об'єкт підвищеної небезпеки, категорія, вибухонебезпечність, надлишковий тиск, ризик, індивідуальний ризик, р-функція.

Изучено соответствие между опасностью устройств с горючими газами и оценками риска для жизни людей вызываемого этими устройствами. В качестве критериев опасности устройств взяты алгоритмы, основанные на нормативных актах Украины. Критерии опасности и критерии связанные с оценками рисков представлены с использованием технологии р-функций. Показано, что при сравнении критериев опасности и критериев связанных с оценками рисков технология р-функций позволяет получить аналитические и численные различия в оценках опасности. В результате исследований обнаружена разница в поведении критериев взрывоопасности и рисков для жизни людей. Получены численные результаты для случаев природного газа и паров легко воспламеняющихся жидкостей. Для рассмотренных случаев критерии взрывоопасности и критерии, основанные на рисках, достигают своих граничных значений не одновременно.

Ключевые слова: объект повышенной опасности, категория, взрывобезопасность, риск, индивидуальный риск, р-функция.

It is studied the correlation between danger of devices with combustible gases and danger of human life caused by these devices. The criteria of danger devices taken algorithms based on the laws and regulations of Ukraine. The criteria for danger and risk criteria associated with the estimates risks based on technology R-functions. It is shown that when comparing the danger criteria and criteria related to risk assessment technology R-functions allows to obtain analytical and numerical differences in the risk estimation. As a result of studies found a difference in the behavior of the criteria of explosion danger and numerical risk to human life. The numerical results for the case of natural gas and vapors of flammable liquids are obtained. For the cases examined, the criteria for explosivity and criteria based on the risks, reach their limit values are not at the same time.

Keywords: category, explosion safety, the object of the increased danger, overpressure, simulation technique, risk, individual risk, R-function.

Вступ. Без підприємств по переробці, храненню і транспортуванні нафтопродуктів неможливо нормальне розвиток промисловості. Однією з основних задач нашого держави є забезпечення ефективної роботи нафтогазодобувальних і нафтопереробляючих заводів. Безпека нафтогазової промисловості досягається передбачуваними в процесі проектування інженерно-технічними протипожежними заходами, суворим дотриманням правил техногенної безпеки при будівництві і експлуатації об'єктів, а також здатністю підрозділів державної служби по надзвичайним ситуаціям вирішувати питання по гасінню пожег і ліквідації аварій на даних об'єктах.

Дослідження вибухопорушності приміщень, зовнішніх установок з природним газом проводилося в роботах [1, 2]. Були проведені дослідження безпеки установок по переробці природного газу.

Проведені порівняльні дослідження методів ранжирования безпеки таких установок в різних країнах.

Залишається недостатньо досліджуваним питання відповідності методів ранжирования безпеки приміщень [3 – 5], будівель, зовнішніх установок і реальної загрозою життя і здоров'ю людей, яку вони несуть.

Слід очікувати, що вищий рівень безпеки (категорії) буде відповідати більшій ймовірності нанесення шкоди здоров'ю і життю людини. Подивимося, чи це так в випадках [1, 2]. Конкретно розглянемо, чи відповідає вищий рівень категорії [4 – 5] більшій рівню ймовірного шкоди (наприклад, більшій індивідуальному ризику). Використовувати будемо тільки методики розрахунку представлені в нормативних актах країн СНГ.

Ціль роботи. Метою роботи є дослідження відповідності між оцінкою безпеки конкретного об'єкта на основі документа [3] і ймовірністю смерті людини, внаслідок аварії на цьому об'єкті.

Методи експерименту. Для порівняння методів ранжирования безпеки установок з ризиком людини бути пораненою були застосовані математичні

ские методы, предложенные в [1, 2].

Эти методы позволяют оценить опасность не только дискретно, т.е. выяснить относится ли к взрывоопасным помещения, здания, наружные установки, но и определить степень близости к граничным значениям критериев опасности.

В [1, 2] описана методология оценки опасности сложных объектов непрерывными функциями.

Несмотря на то, что произведено оценивание украинского метода ранжирования, заложенного в нормативные акты, использованы критерии безопасности 3-х стран (Украины, Белоруссии и России).

$$1. \quad R^R = R - 10^{-6}. \quad (1)$$

Риск смерти человека (R) превышает 10^{-6} (Российский и белорусский документы).

$$2. \quad \Delta P^R = \Delta P - 5. \quad (2)$$

Избыточное давление (ΔP) больше 5 кПа.

$$3. \quad \Gamma^R = \Gamma - 30. \quad (3)$$

Горизонтальный размер зоны (Γ), который ограничивает газо-паровоздушные смеси с концентрацией горючего вещества выше нижней концентрационной границы распространения пламени ($C_{НКРП}$), превышает 30 м.

Критерий взрывоопасности внешних установок для Украинского документа положительное значение функции:

$$A^{укр} = \Delta P^R + \Delta \Gamma^R + \sqrt{(\Delta P^R)^2 + (\Delta \Gamma^R)^2}, \quad (4)$$

Величину избыточного давления ΔP , кПа, развивающейся при горении газопаровоздушных смесей, определяют по формуле:

$$\Delta P = P_0 \cdot \left(\frac{0,8 \cdot m_{пр}^{0,33}}{r} + \frac{3 \cdot m_{пр}^{0,66}}{r^2} + \frac{5 \cdot m_{пр}}{r^3} \right), \quad (5)$$

где P_0 – атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101 кПа); r – расстояние от геометрического центра газопаровоздушных облака, м; $m_{пр}$ – приведенная масса газа или пара, кг, вычисляется по формуле:

$$m_{пр} = (Q_{зг}/Q_0) \cdot m \cdot Z, \quad (6)$$

где $Q_{зг}$ – удельная теплота сгорания газа или пара, Дж·кг⁻¹; Z – коэффициент участия горючих газов и

паров в горении, который допускается принимать равным 0,1.

Горизонтальные размеры зоны, м, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени ($C_{НКМП}$), для горючих газов (ГГ) вычисляют по формуле [1]:

$$\Gamma = 14,5632 \cdot \left(\frac{m_{г}}{\rho_{г} \cdot C_{НКМП}} \right)^{0,333}, \quad (7)$$

где $m_{г}$ – масса ГГ, поступивших в открытого пространства во время аварийной ситуации, кг;

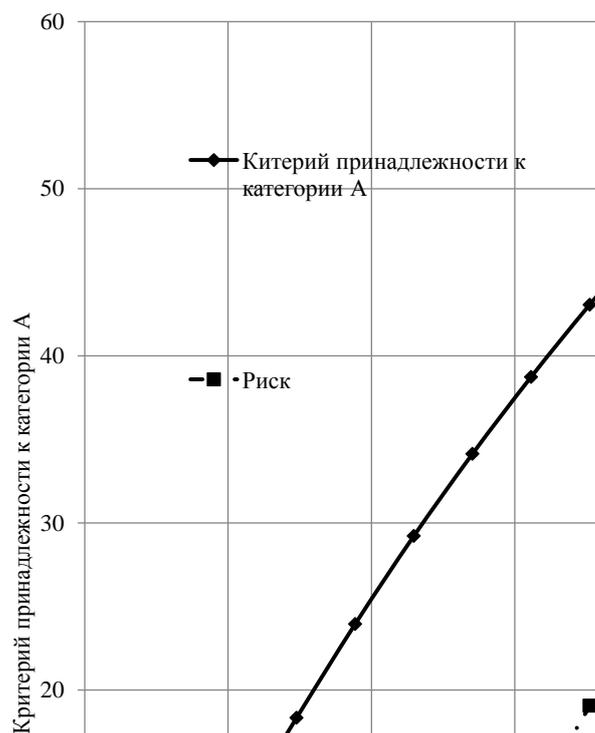
$\rho_{г}$ – плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг·м⁻³;

$C_{НКМП}$ – нижний концентрационный, об. %.

Q_0 – константа, равная $4,52 \cdot 10^6$ Дж·кг⁻¹.

Для случая, описанного в [1] рассчитаем критерий (2) и критерий 1.

Для определенности изменять будем массу газа рисунке 1.

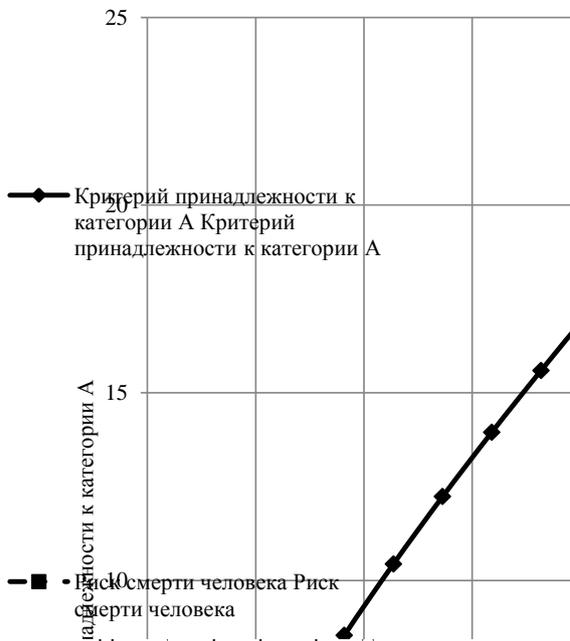


категории А и критерия, связанного с индивидуальным риском.

Из рис. 1 видно, что критерий принадлежности к категории А (согласно нормативному акту Украины) и вероятность смерти от избыточного давления – 10^{-6} [2 – 5] имеют разную выпуклость, пересекают ноль в разных местах.

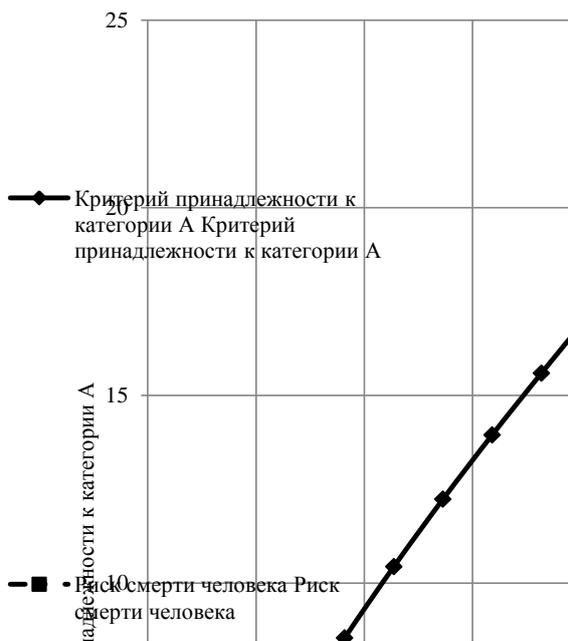
Аналогичная разница в поведении критериев и рисков наблюдается для разлива жидкостей.

На рисунке 2 представлены зависимости критерия категории А и добавки к индивидуальному риску, связанному со взрывом паров технического этилового спирта от площади разлива (площадь обвалования, площадь естественного разлива).



Критерий принадлежности к категории А и критерия, связанного с индивидуальным риском (независимая переменная: площадь разлива жидкости).

Такие же различия в корреляции наблюдаются и при изменении коэффициента участия (рис. 3 – 5).



Критерий принадлежности к категории А и критерия, связанного с индивидуальным риском (независимая переменная: коэффициент участия газа во взрыве).

Интересно, что учет в критериях взрывопожарной опасности риска смерти человека (нормативные документы Белоруссии и России [4, 5]) приводит к следующей корреляции между критериями.

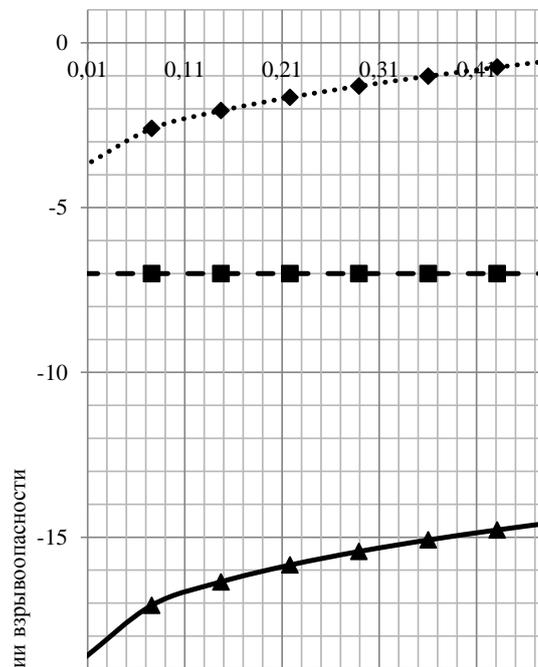


Рис. 4 – Критерии взрывоопасности трех стран с изменением коэффициента Z)

Отличия в значениях критериев связаны с отличиями в алгоритмах оценок взрывоопасности.

В российских и белорусских документах алгоритм связан с пожарным риском. Главный параметр вызывающий опасность для жизни человека это избыточное давление.

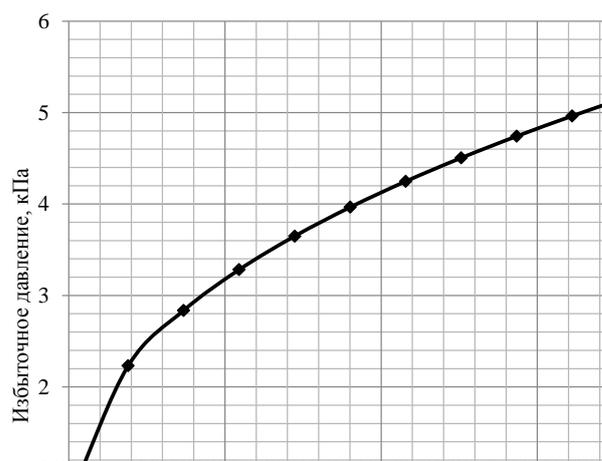


Рис. 5 – Избыточное давление, кПа

В трех странах, Украина, Белоруссии и России, критерий взрывоопасности будет выглядеть с следующим образом на рисунке 6.

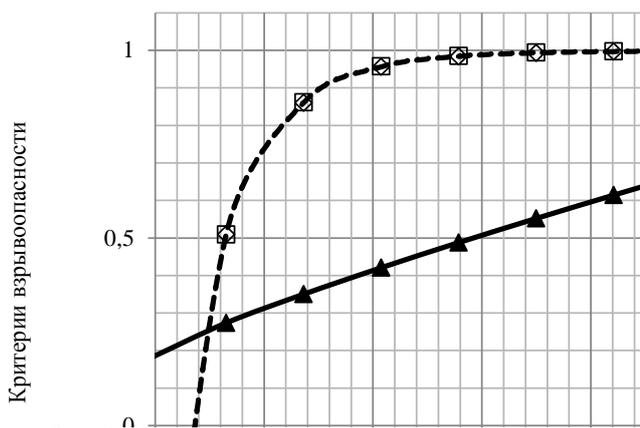


Рис. 6 – Изменение критерия взрывоопасности с изменением коэффициента Z

Выводы.

Результаты применения нормативного акта [3] показывают некоторое не совпадение характера изменения критерия принадлежности к категории А и добавки к индивидуального риска связанного со взрывоопасностью установки. Желательно такое исправление методики оценки взрывоопасности чтобы зависимость критериев взрывоопасности, связанным с избыточным давлением и риском шли симбатно. Имели одни и те же особенности и одновременно обращались в ноль.

Список литературы

1. Teslenko A. A. *Reliable estimates explosion for external unit in Russia, Belarus and Ukraine*. Eastern european scientific journal. Dusseldorf, 2014, DOI 10.12851/EESJ201410, pp. 210 – 215.
2. *Тесленко А. А. Методы оценки взрывоопасности наружных установок в России, Беларуси и Украине / А. А. Тесленко, А. И. Токаръ // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 36. – С. 259 – 265.*

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Використання горючих газів в хімічній технології та безпека людей / О. О. Тесленко, О. О. Калашніков // Вісник НТУ «ХПІ». – 2016. – № XX (XXXX). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. XXX – XXX. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0821.

Использование горючих газов в химической технологии и безопасность людей / А. А. Тесленко, А. А. Калашников // Вісник НТУ «ХПІ». – 2016. – № XX (XXXX). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. XXX – XXX. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-0821.

The people safety and using of combustible gases in chemical technology / О. О. Teslenko, О. О. Kalashnikov // Visnyk NTU «KhPI» [Bulletin of the National Technical University “KhPI”]. – 2016. – № XX (XXXX). – (Series: Khimiya, khimichna tekhnolohiya ta ecolohiya). – P. XXX – XXX. – Bibliogr.: 5 names. – ISSN 2079-0821.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Тесленко Олексій Олексійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України, доцент кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, (066)-246-24-39, e-mail: teslenko@list.ru.

3. Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: НАПБ В.03.002-2007. – Офіц. вид. – К.: МНС України, 2007. – 25 с.
4. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474-2013. – Офіц. изд. – Минск: МЧС Республики Беларусь, 2013. – 53 с.
5. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: СП 12.13130.2009. – Офіц. изд. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 24 с.

References (transliterated)

1. Teslenko A.A. *Reliable estimates explosion for external unit in Russia, Belarus and Ukraine*. Eastern european scientific journal. Dusseldorf, 2014, DOI 10.12851/EESJ201410, pp. 210 – 215.
2. Teslenko A.A. *Metody oцenki vzryvoopasnosti naruznyh ustanovok v Rossii, Bellarusi i Ukraine* [Methods for assessing the explosion to the outside unit in Russia, Belarus and Ukraine]. Problems of fire safety, 2014, Vol. 36, pp. 259 – 265.
3. *Normy opredelenija kategorij pomeshcheyij, zdaniy i naruznyh ustanovok po vzryvopozgarnoj i pozgarnoj opasnosti* [Rules define the category of apartments, buildings and outdoor facilities for explosion and fire hazard]. NAPB В.03.002-2007 [Regulation of fire safety], Kyiv, 2007, 25 p.
4. *Kategorirovanie pomeshcheyij, zdaniy i naruznyh ustanovok po vzryvopozgarnoj i pozgarnoj opasnosti* [The classification of rooms, buildings and outdoor facilities for explosion and fire hazard]. ТКР 474-2013 [Technical codes of good practice], Minsk, 2013, 53 p.
5. *Opredelenije kategorij pomeshcheyij, zdaniy i naruznyh ustanovok po vzryvopozgarnoj i pozgarnoj opasnosti* [Definition of categories of rooms, buildings and outdoor facilities for explosion and fire hazard]. SP 12.13130.2009 [set of rules], Moscow, FGU VNIPO MCHS Rossii [Federal State Office of Russian Scientific Research Institute of the fire protection of the Russian Emergencies Ministry], 2009. – 24 p.

Надійшла (received) 04.11.2016

Тесленко Алексей Алексеевич – кандидат физико-математических наук, доцент, Национальный университет гражданской защиты Украины, доцент кафедры пожарной и техногенной безопасности объектов и технологий, (066)-246-24-39, e-mail: teslenko@list.ru.

Teslenko Alexey Alexeevych – Candidate of Physical and Mathematical Sciences (Ph. D), National University of Civil Protection of Ukraine, associate professor of Department of Fire and technological safety of facilities and technologies (066) -246-24-39, e-mail: teslenko@list.ru.

Калашніков Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”, старший викладач кафедри Охорони праці та навколишнього середовища; тел.: (099) 70-37-910; e-mail: doublex@ukr.net.

Калашиников Александр Александрович – кандидат технических наук, Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, старший преподаватель кафедры Охраны труда и окружающей среды; тел.: (099) 70-37-910; e-mail: doublex@ukr.net.

Kalashnikov Oleksandr Oleksandrovych – Candidate of Engineering Sciences (Ph. D), National Technical University “Kharkov Politechnic Institute”, senior teacher of the Chair of Labor&Environment Protection; tel.: (099) 70-37-910; e-mail: doublex@ukr.net.