

*А.А. Тесленко, к.ф.-м.н., доцент, НУГЗУ,
А.И. Токарь, студент, НУГЗУ*

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВЗРЫВООПАСНОСТИ НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК В РОССИИ, БЕЛАРУСИ И УКРАИНЕ

(представлено д-ром техн. наук Ключкой Ю.П.)

Произведено сравнительное изучение методов определения взрывоопасности наружных установок в России, Беларуси и Украине. Целью исследования является сравнение надежности результатов оценки взрывоопасности разных стран. Фактором, влияние которого на надежность оценок взрывоопасности изучается, избран коэффициент участия горючих газов и паров в горении. Исследование проведено на примере конкретной установки сепарации и выдачи газа.

Ключевые слова: объект повышенной опасности, категория, взрывобезопасность.

Постановка проблемы. В нормативных документах, оценивающих взрывоопасность, наружной установкой называется комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне зданий, сооружений и строений. На сегодняшний день в России пожарная опасность и взрывоопасность наружных установок оценивается на основе нормативного акта СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [3], на Украине НАПБ Б.03.002-2007 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [1], в Беларуси ТКП 474-2013 «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [5]. Недостатком алгоритмов оценки взрывоопасности является недостаточная изученность их надежности. Важность надежности оценок взрывоопасности внешних установок трудно переоценить. Такие исследования необходимы. Интерес представляет также сравнение методов оценок различных стран.

Анализ последних исследований и публикаций. В данной работе изучается влияние коэффициента участия горючих газов и паров в горении на надежность оценок взрывоопасности наружных установок. Публикации с последовательным исследованием влияния данного фактора на оценки взрывобезопасности наружных установок, сделанные на основе алгоритмов применяемых в нормативных актах, авторами не найдены.

Постановка задачи и ее решение. В статье рассматривается корректность оценок взрывоопасности на основе алгоритма [1] на примере установки блок №8 сепарации и выдачи газа, которая является частью установки комплексной подготовки газа (УКПГ) – «Сосновка» Хрестищен-

ского ОПС, расположенной по адресу: Харьковская область, Красноградский район, село Петровка. Установка комплексной подготовки газа «Сосновка» предназначена для подготовки газа для следующего транспортирования в газопровод и потребителю село Петровка, регулирования и контролирования за работой газовых скважин. К УКПП «Сосновка» подключено 6 газовых скважин. Рассмотрены различия в результатах применения соответствующих нормативных актов Российской Федерации, Республики Беларусь и Украины к оценке взрывоопасности.

Блок №8 сепарации и выдачи газа является наиболее опасным участком (технологическим блоком) УКПП «Сосновка». Проведем и исследуем на устойчивость некоторые алгоритмы [1,3,5] на примере этой установки. В технологическом процессе задействованы сепараторы С-1 и С-2 марки ГБ-23 установки низкотемпературной сепарации НТС-500. Общий объем трубопроводов и оборудования, которые входят в состав блока, оценивается как $9,9 \text{ м}^3$. Примем, что природный газ полностью состоит из метана, средняя температура его составляет $+20^\circ\text{C}$, а давление 6 МПа (избыточное). Тогда масса газа в блоке составляет 434 кг.

Сложность определения корректности оценок взрывоопасности связана с большим количеством параметров определяющих взрывоопасность и сложностью их учета. Так приведенная масса определяется с учетом удельной теплоты сгорания. Однако, газы могут быть не чистые. Удельная теплота сгорания может изменяться. Также может меняться в воздухе процент содержания кислорода (процент кислорода влияет на избыточное давление взрыва). Вычисление приведенной массы происходит по формуле

$$m_{np} = \left(\frac{Q_{zg}}{Q_0} \right) \cdot m \cdot Z, \quad (1)$$

где Q_{zg} – удельная теплота сгорания газа или пара, $\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$; Z – коэффициент участия горючих газов и паров в горении, который допускается принимать равным 0,1; Q_0 – константа, равная $4,52 \cdot 10^6 \text{ Дж}\cdot\text{кг}^{-1}$; m – масса горючих газов и/или паров, поступивших в момент аварии во внешнюю среду, кг.

Формула вычисления приведенной массы идентична для документов [1, 2, 4].

Коэффициент участия Z определен приблизительно и влияет на избыточное давление взрыва. Его значение согласно [1, 3, 5] для горючих газов и паров в горении, допускается принимать равным 0,1. Коэффициент Z определяется особенностями процесса выхода газа и далее условиями его смешивания с воздухом. В простейшей модели горение происходит в областях газового облака, граничащих с атмосферным воздухом, где смешиванием достигнута концентрация, находящаяся в пределах границ распространения пламени. Конкретный коэффициент

Z определен на момент инициации взрыва состоянием и движением атмосферного воздуха и его смеси с газом во время всего периода выхода газа. Рассмотрим устойчивость математического алгоритма к возмущениям в величине Z .

Расчет избыточного давления ΔP во всех трех методиках производится согласно формуле

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

где P_0 – атмосферное давление, кПа (согласно трем нормативным документам, допускается принимать равным 101 кПа); r – расстояние от геометрического центра газопаровоздушного облака, м; m_{np} – приведенная масса газа или паров, кг.

Избыточное давление и импульс волны давления меняются нелинейно с изменением коэффициента Z (рис. 1, 2).

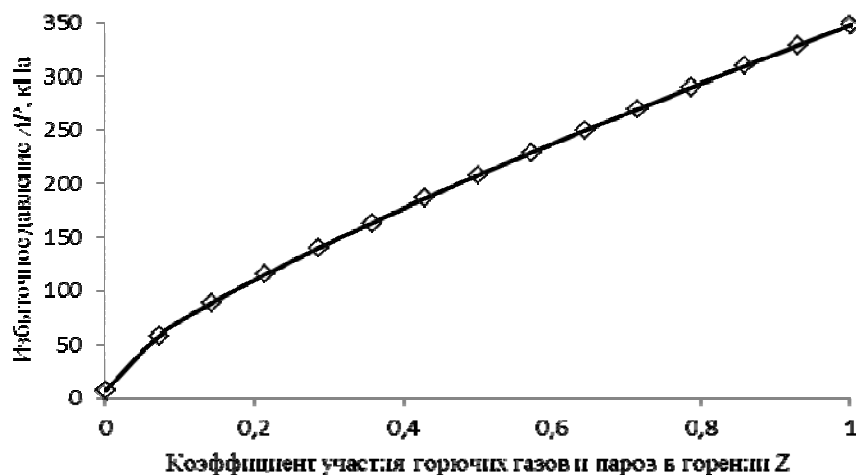


Рис. 1. Изменение избыточного давления с изменением коэффициента Z

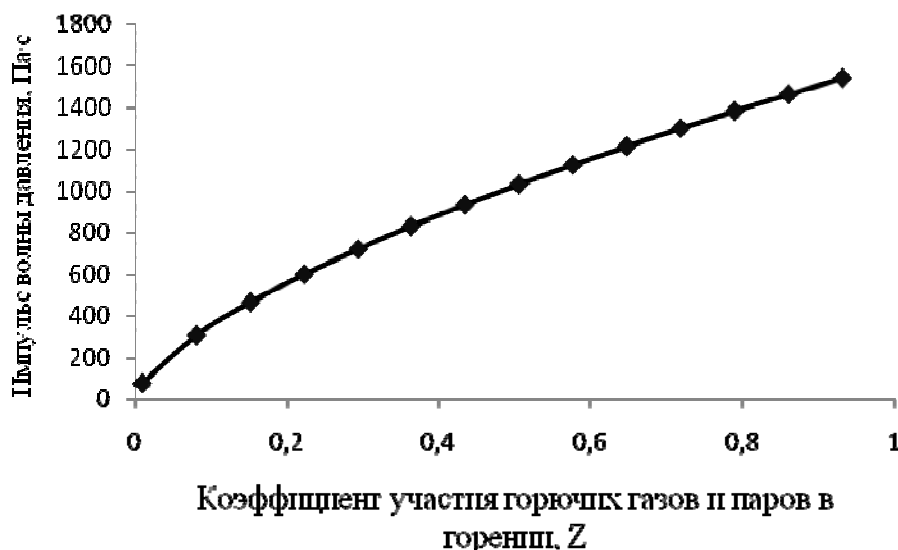


Рис. 2. Изменение импульса волны давления с изменением коэффициента Z

Избыточное давление – характеристика из украинского документа [1]. Установка будет считаться взрывоопасной, если на расстоянии 30 метров от нее избыточное давление взрыва превысит 5 кПа. Для определения категории в России и Белоруссии необходимо определить величину риска смерти человека в соответствующем месте.

Риск смерти человека будет меняться, как показано на рис. 3.

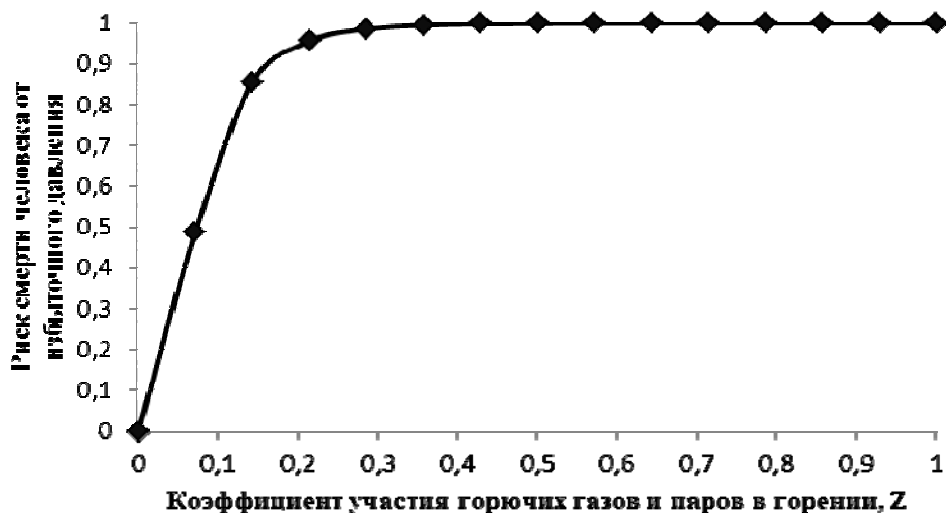


Рис. 3. Изменение риска смерти человека с изменением коэффициента Z

Из графиков видно, что результаты определения взрывоопасности для документов [1] и [3, 5] могут отличаться. При оценке взрывоопасности внешних установок имеются следующие численные решающие критерии:

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

2. Избыточное давление (ΔP) больше 5 кПа.

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

Используя решающие критерии, составим функции, которые являются положительными при положительном ответе на вопрос об опасности, и отрицательными при отрицательном. Отметим эти функции верхним индексом R:

1. $R^R = R - 10^{-6}$.

2. $\Delta P^R = \Delta P - 5$.

3. $\Gamma^R = \Gamma - 30$.

Тогда критерием взрывоопасности внешних установок для украинского документа будет положительное значение функции

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

для русского документа

$$A^{рус} = R^R = R - 10^{-6},$$

для белорусского документа

$$A^{бел} = A^{укр} + A^{рус} + \sqrt{(A^{укр})^2 + (A^{рус})^2}.$$

Здесь применена технология R-функций [2]. Далее используются R-функции из системы R_1 [2]. Применяя данную технологию, несложным, очевидным способом, можно создавать критерии для сравнения результатов работы нормативных актов. Например, можно создать критерий случая, когда установка взрывоопасна согласно нормативному акту одной страны и безопасна с точки зрения нормативных актов других стран. Рассмотрим такой критерий (R-укр) для украинского документа. Данный критерий будет положительным, где установка оценивается категорией А только согласно [1] (согласно [3, 5] $R-укр < 0$).

Если принять массу газа в изучаемом технологическом блоке равной 700кг, то зависимость критерия опасности R-укр, соответствующего украинскому документу, примет вид представленный на рис. 4.

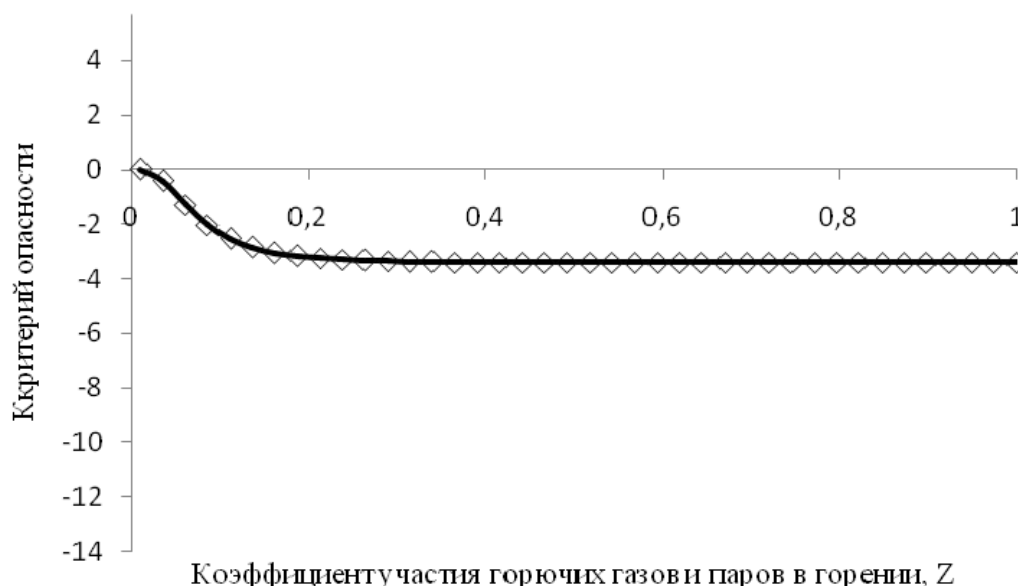


Рис. 4. Критерий R-укр с изменением коэффициента Z для массы газа 700кг

Если принять массу газа в технологическом блоке равной 15кг, то соответствующая зависимость примет вид, показанный на рис. 5.

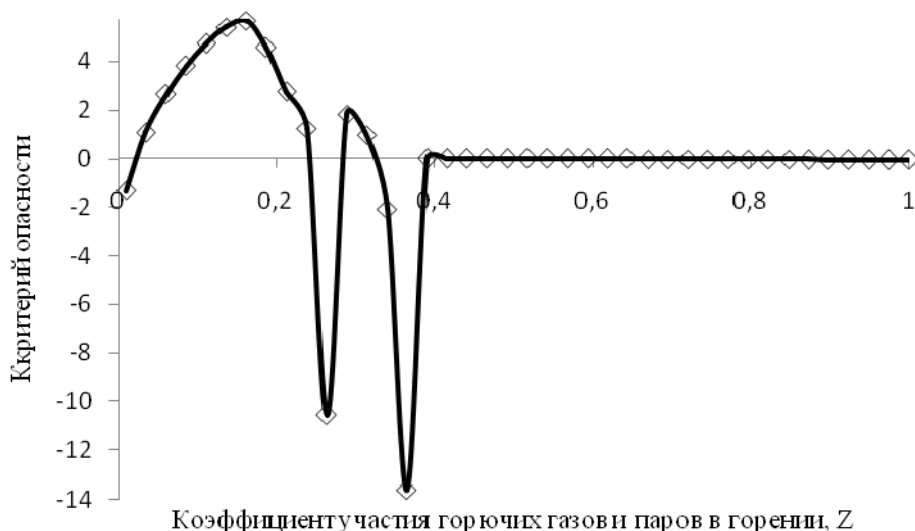


Рис. 5. Критерий R_{ukr} с изменением коэффициента Z для массы газа 15 кг

Выводы. Результаты применения нормативных актов [1,3,5] к случаю рассмотренной в данной статье наружной установки совпадают. При некоторых изменениях технических условий данной установки результаты применения указанных нормативных актов могут отличаться. Во внимание надо принять, что исследовано влияние лишь двух факторов (коэффициент Z , и частично масса газов вышедшей из наружной установки) на изменение в критериях опасности. Если предположить, что в реальном взрыве коэффициент участия горючих газов будет случайным, распределенным по нормальному закону со средним равным 0.1 и среднеквадратическим отклонением 0.001, то 99% доверительный интервал риска смерти человека будет лежать в пределах [0.66, 0.72]. Здесь нас интересует только верхняя граница вероятности. Однако большинство исследователей считают, что значение коэффициента Z сильно завышено. Более реалистичная цифра 0.01. В этом случае соответствующий интервал будет [0.0003, 0.0011]. Методы исследований использованы аналогичные методам в [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: НАПБ Б.03.002-2007. – Офіц. вид. – К. : МНС України, 2007. – 25с. – (Наказ МНС від 03.12.2007 року № 833).
2. Рвачев В.Л. Методы алгебры логики в математической физике / Рвачев В.Л. – К. : Наукова думка, 1974. – 261с.
3. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности : СП 12.13130.2009. – Офіц. изд. – М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 24с.

4. Тесленко А.А. Четырехшаговый подход к оценке опасности объектов. / А.А. Тесленко, А.Ю. Бугаёв, А.Б. Костенко // Научно-технический сборник "Коммунальное хозяйство городов". Харьков. ХНАГХ. – 2011.- № 99. – С.135-140.

5. ТКП 474-2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474-2013. – Офиц. изд. – Минск.: МЧС Республики Беларусь, 2013. – 53 с.

О.О. Тесленко, А.І. Токар

Методи оцінки вибухонебезпечності зовнішніх установок в Росії, Білорусі та Україні

Здійснено порівняльне вивчення методів визначення вибухонебезпечності зовнішніх установок в Росії, Білорусі та Україні. Метою дослідження є порівняння надійності результатів оцінки вибухонебезпечності різних країн. Фактором, вплив якого на надійність оцінок вибухонебезпечності вивчається, обраний коефіцієнт участі горючих газів і парів в горінні. Дослідження проведене на прикладі конкретної установки сепарації та видачі газу.

Ключові слова: об'єкт підвищеної небезпеки, категорія, вибухонебезпечність.

O.O.Teslenko, A.I. Tokar

Methods of explosive risk estimation for external unit in Russia, Belarus and Ukraine

A comparative study of methods for determining the explosion of external unit in Russia, Belarus and Ukraine is conducted. Aim of this study is to compare the reliability of explosion-risk evaluation in different countries. Factor, whose influence on the reliability of the explosion estimates is studied, was selected participation rate of combustible gases and vapors in the combustion. The study was conducted on the example of the unit and issuing gas separation.

Keywords: category, explosion safety, the object of the increased danger.