

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

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КРИТЕРИИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НАРУЖНЫХ УСТАНОВОК**

(представлено д.т.н. Росохой С.В.)

Изучено влияние климатических факторов на свойства алгоритмов оценки опасности производственных объектов, являющихся составной частью правового обеспечения Украины, Белоруссии и России. Рассмотрен случай документов, определяющих пожарную опасность наружных установок. Определено, что зависимость результатов оценки опасности производственных объектов проявляется только посредством расчетной температуры, за которую принимается «абсолютная температура воздуха» в районе объекта. Выяснено, что результаты расчетов аналогичных алгоритмов разных стран имеют различия.

**Ключевые слова:** потенциально опасные объекты, имитационное моделирование, объект повышенной опасности, категория, пожарная опасность, чрезвычайная ситуация, индивидуальный риск, р-функция.

**Постановка проблемы.** Вопросы взрывоопасности производственных установок имеют важное значение на любых промышленных предприятиях мира. Оценка взрывоопасности и ее учет в разных странах мира происходит по-разному. В этой статье рассматривается корректность таких оценок для случая конкретной установки и различия в результатах применения соответствующих нормативных актов Украины, Белоруссии и России. В нормативных документах, оценивающих пожарную опасность, наружной установкой называется комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне зданий, сооружений и строений. На сегодняшний день на Украине пожарная опасность и взрывоопасность наружных установок оценивается на основе нормативного акта ДСТУ Б В.1.1-36-2016 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [1], в Белоруссии ТКП 474-2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [2], в России СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [3]. Надежность оценок пожарной опасности зависит от физических свойств объекта оценки, а так же физических условий в которых эта оценка производится. Проблема состоит в недостаточной изученности надежности алгоритмов оценки пожарной опасности.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Ранее в [4-6] были проведены исследования надежности оценок взрывопожарной опасности наружных установок. Под надежностью оценок понималась степень защищенности алгоритма от получения ошибочной оценки об опасности объекта. В публикациях [4-6] было показано, что ошибочная оценка опасности объекта может возникать по причине нечеткости (или неопределенности) в численном значении коэффициента участия горючих газов и па-

ров в горении. В нормативных актах [1-3] предлагается определять этот коэффициент в заводской лаборатории, или, как альтернатива, принимать его равным константе. Коэффициент участия горючих газов и паров в горении является нечетко заданным по причине неоднородности газа, поступающего из скважин. Нечеткость в определении этого коэффициента может повлиять на оценку взрывоопасности наружной установки. Изучался случай оценки взрывоопасности установки предназначенной для подготовки газа для следующего транспортирования в газопровод и потребителю, к которой было подключено 6 газовых скважин.

**Постановка задачи и ее решение.** В данной работе изучается влияние географического места расположения (климатических условий) на надежность оценок пожарной опасности наружных установок. Надежность оценок пожарной опасности трудно определить однозначно по причине приблизительности задания всех исходных данных и оценочного характера самого алгоритма. Одним из признаков надежности есть совпадение результатов альтернативных алгоритмов (в случае данной работы, алгоритмов разных стран). Для определения критериев принадлежности установки к той или иной категории пожарной опасности будем использовать систему критериев, основанную на р-функциях [7], аналогично [4-6]. Будем оценивать опасность наружной установки для конкретного сценария аварии. Согласно [2, 3] установка будет относиться к категории «В», если вероятность смерти человека ( $R$ ) будет больше чем одна миллионная. Таким образом, соответствующая функция будет иметь вид  $R^R = R \cdot 10^{-6}$ . Критерий, связанный с интенсивностью излучения будет выглядеть  $I^R = I - I_0$  ( $I_0$  – пороговое значение равное,  $4 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ ). Критерии являются безразмерными величинами. Они должны быть нормированы либо на единицу с соответствующей размерностью ( $1 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2}$ ), либо на характерное число (максимальное, минимальное, среднее, характерное, произвольное и т.п.) с той же размерностью. В результате должны получаться безразмерные величины.

Безразмерные критерии:

1.  $R^R = R \cdot 10^{-6}$
2.  $I^R = (I - 4) / (1 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-2})$ .

Критерии, нормированные на характерное число (минимальное значение величины, при которой установка относится к пожароопасной):

1.  $R^R = (R \cdot 10^{-6}) / 10^{-6}$
2.  $I^R = (I - 4) / 4 \text{ (кВт} \cdot \text{м}^{-2})$ .

Назовем эти критерии решающими. Из их смысла видно, что результаты определения взрывоопасности для документов [1-3] могут отличаться. Используя решающие критерии, составим функции, которые являются положительными, при положительном ответе на вопрос об опасности, и отрицательными при отрицательном ответе на вопрос об опасности. Эти функции отмечены верхним индексом  $R$ .

Тогда критерием пожарной опасности внешних установок для Украинского документа будет положительное значение функции:

$$A^{\text{укр}} = I^R, \quad (1)$$

для российского документа

$$A^{\text{рус}} = R^R, \quad (2)$$

для белорусского документа

$$A^{\text{бел}} = R^R + I^R + \sqrt{(R^R)^2 + (I^R)^2} = A^{\text{укр}} + A^{\text{рус}} + \sqrt{(A^{\text{укр}})^2 + (A^{\text{рус}})^2}, \quad (3)$$

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 указанных нормативных актов. Например, можно создать критерий совпадения результатов применения нормативных актов разных стран. Создадим критерии, которые показывают совпадения результатов оценки пожароопасности: для Украины и Белоруссии

$$A^{\text{укр-бел}} = A^{\text{укр}} \cdot A^{\text{бел}}, \quad (4)$$

для Украины и России

$$A^{\text{укр-рус}} = A^{\text{укр}} \cdot A^{\text{рус}}. \quad (5)$$

Критерий совпадения результатов применения алгоритмов из [1-3] обозначим  $A^{\text{укр-бел-рус}}$ .

$$A^{\text{укр-бел-рус}} = A^{\text{укр-бел}} + A^{\text{укр-рус}} + \sqrt{(A^{\text{укр-бел}})^2 + (A^{\text{укр-рус}})^2}. \quad (6)$$

Рассмотрим применение данной методологии с целью выяснения с целью выяснения зависимости оценок пожарной опасности от такого климатического фактора, как характерная температура воздуха и того, как на этот фактор реагируют алгоритмы, используемые в разных странах. В нормативном акте [2] для примера приведен расчет оценки пожарной опасности наружной технологической установки. Проведем исследование для этого примера. Наружная установка содержит емкость с ацетоном  $V_a = 800 \text{ л} = 0,8 \text{ м}^3$ . Молярная масса ацетона  $M = 58,08 \text{ кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$ . Константы уравнения Антуана:  $A = 6,37551$ ;  $B = 1281,721$ ;  $CA = 237,088$ . Химическая формула ацетона  $C_3H_6O$ . Плотность ацетона (жидкости)  $\rho_{\text{ж}} = 790,8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ . Температура вспышки ацетона  $t_{\text{всп}} = -18^\circ\text{C}$ . За расчетную температуру принимается абсолютная температура воздуха в районе города Могилева согласно [3]  $t_p = 36^\circ\text{C}$ .

Исследуем, как будет меняться пожарная опасность резервуара с изменением его места расположения (климата). От места расположения зависит средняя (характерная, в документе [2] расчетная) температура. В алгоритме определения опасности от расчетной температуры зависят масса вещества ( $m$ ) вступающего в реакцию, приведенная масса вещества ( $m_{\text{пр}}$ ) и плотность паров вещества ( $\rho$ ), которое будет вступать в реакцию. Соответствующие соотношения и численные результаты в нормативных актах трех стран совпадают. Далее (рис. 1), показаны результаты рассчитанные на основе алгоритма, который одинаков в [1-3].

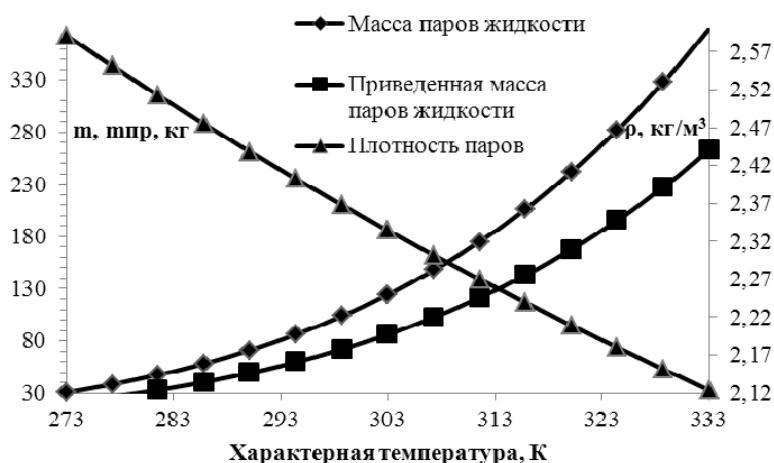


Рис. 1. Масса паров жидкости, приведенная масса паров жидкости, плотность паров

Такое изменения массы и плотности паров должны вызвать, изменения в интенсивности теплового излучения. Алгоритмы интенсивности теплового излучения совпадают в Украине и России [1, 3]. Нормативный акт Белоруссии [2] имеет отличия от [1, 3].

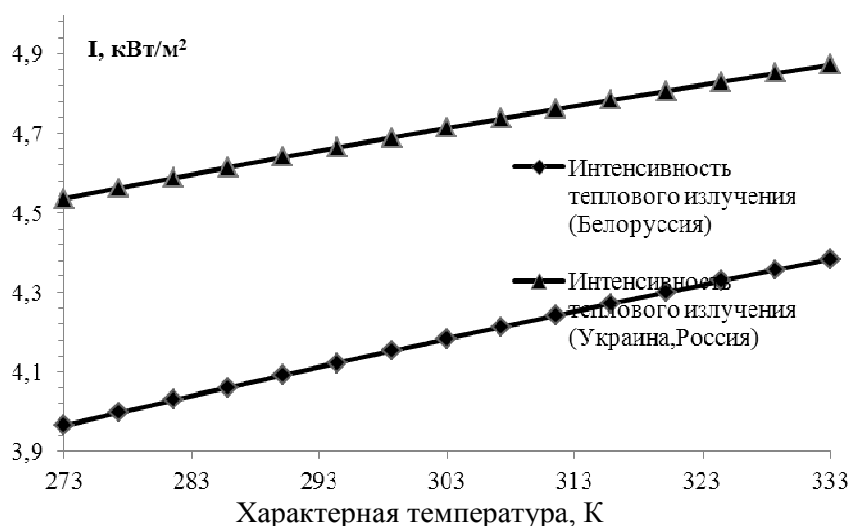


Рис. 2. Интенсивность теплового излучения

Из графика (рис. 2) видно, что имеется некоторая зависимость интенсивности облучения от температуры окружающей среды. Алгоритм вычисления интенсивности облучения Беларуси [2] (формулы В. 24, В. 29) имеет отличия от алгоритмов Украины и России.

Согласно алгоритмам [1-3], наружная установка будет пожароопасной (будет принадлежать категории «В») в случае, если интенсивность теплового излучения превысит  $4\text{кВт/м}^2$  на расстоянии 30м от наружной установки. В [2, 3] добавляются условия, связанные с вероятностной опасностью для жизни человека. Объективно оценить степень схожести алгоритмов трех стран [1-3] позволяют рассмотренные выше решающие критерии (1-3) (рис. 3).

Результаты применения нормативных актов к случаю рассмотренной в данной статье наружной установки [1-3] совпадают лишь частично. Диапазоны совпадения результатов применения алгоритмов из [1-3] вид-

ны из графика А<sup>укр-бел-рус</sup> формула (6) (рис. 4).

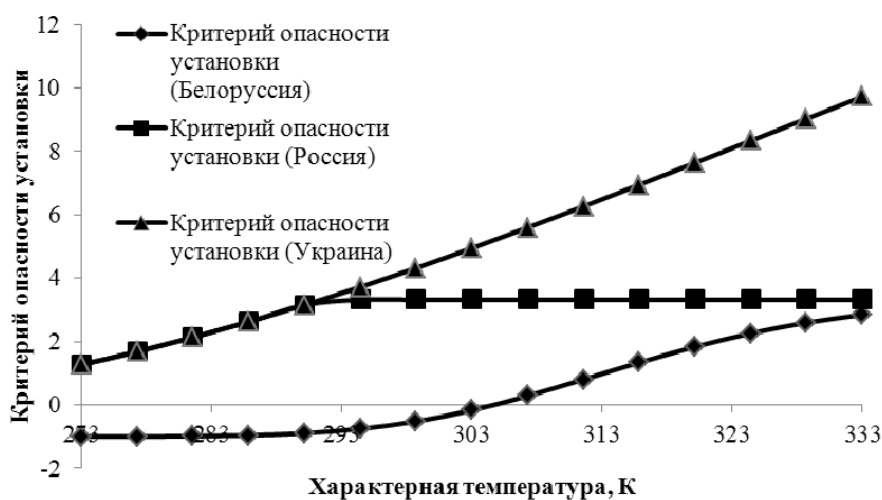


Рис. 3. Критерии пожарной опасности установки трех стран

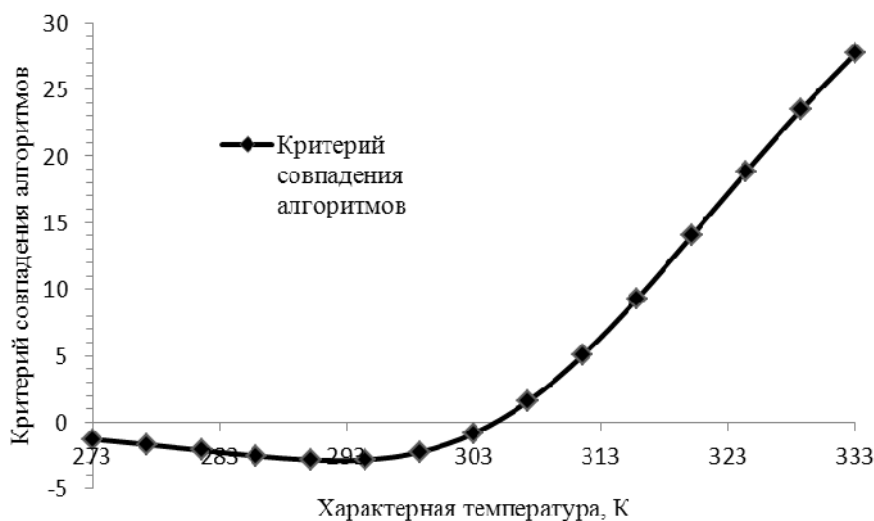


Рис. 4. Области совпадения алгоритмов

Совпадения результатов определения пожарной опасности по алгоритмам [1-3] совпадают, при положительных значениях критерия совпадений результатов применения алгоритмов. Алгоритмы при значениях характерных температур ниже 30°C будут не совпадать. Это свидетельствует о некоторой нечеткости существующих критериев, которая необходима к исследованию.

**Выводы.** Ошибки в оценке климатических условий существенно влияют на оценку пожарной опасности наружных установок. Зависимость результатов оценки опасности производственных объектов, в случае алгоритмов [1-3], проявляется только посредством расчетной температуры. Результаты расчетов для алгоритмов разных стран могут давать альтернативные результаты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ДСТУ Б В.1.1-36-2016. –

Офіц. вид. – К. : Мінрегіон України, 2016. – 31с. – (Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 15.06.2016 р. № 158, чинний з 2017-01-01).

2. ТКП 474-2013 Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

3. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

4. Teslenko A.A. Reliable estimates explosion for external unit in Russia, Belarus and Ukraine / A.A.Teslenko, A. I. Tokar // Eastern european scientific journal. Dusseldorf. – 2014. – DOI 10.12851/EESJ201410. – P. 210-215.

5. Тесленко А.А. Методы оценки взрывоопасности наружных установок в России, Беларуси и Украине / А.А. Тесленко, А.И. Токар // Проблемы пожарной безопасности Сб. Науч. Тр. НУЦЗУ. Вып. 36. – Харьков: НУГЗУ, 2014. – С. 259-265.

6. Тесленко А.А. Методы оценки пожароопасности помещений в России, Беларуси и Украине / А.А. Тесленко, А.Н. Роянов // Проблемы пожарной безопасности Сб. Науч. Тр. НУЦЗУ. Вып. 37. – Харьков: НУГЗУ, 2015. – С. 223-227.

7. Рвачев В. Л. Методы алгебры логики в математической физике, Наукова думка, Киев, 1974.

*Получено редколлегией 9.10.2017*

О.О. Тесленко

#### **Оцінка впливу кліматичних умов на критерії пожежної небезпеки зовнішніх установок**

Вивчено вплив кліматичних факторів на властивості алгоритмів оцінки небезпеки виробничих об'єктів, які є складовою частиною правового забезпечення України, Білорусії та Росії. Розглянуто випадок документів, що визначають пожежну небезпеку зовнішніх установок. Визначено, що залежність результатів оцінки небезпеки виробничих об'єктів проявляється тільки за допомогою розрахункової температури, за яку приймається «абсолютна температура повітря» в районі об'єкта. З'ясовано, що результати розрахунків аналогічних алгоритмів різних країн мають відмінності.

**Ключові слова:** потенційно небезпечні об'єкти, імітаційне моделювання, об'єкт підвищеної небезпеки, категорія, пожежна небезпека, надзвичайна ситуація, індивідуальний ризик, р-функція.

A. Teslenko

#### **Assessment of the influence of climatic conditions on the fire hazard criteria of outdoor installations**

The influence of climatic factors on the properties of hazard estimation algorithms of production facilities that are an integral part of the legal support of Ukraine, Belarus and Russia is considered. The case of documents determining the fire hazard of outdoor installations is considered. It is determined that the dependence of the results of the assessment of the hazard of production facilities is manifested only by means of the design temperature for which the "absolute air temperature" is taken in the vicinity of the facility. It was found out that the results of calculations of analogous algorithms of different countries differ.

**Keywords:** category, explosion safety, the object of the increased danger, potentially dangerous objects, simulation simulation, high-risk facility, fire hazard, emergency situation, individual risk, R-function.