

УДК 614.849:629.039.58

**АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА
НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

**ANALYSIS OF THE METHODOICAL BASIS
FOR RISK ASSESSMENT AT INDUSTRIAL FACILITIES**

Попова Е.В., Яковлева Е.М.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

E.V. Popova, E.M. Yakovleva

**Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, Russian Federation**

e-mail: evpopova10@yandex.ru

Аннотация. Разработка и внедрение новых научно обоснованных методик количественной оценки пожарного риска является актуальной проблемой. Нормативные значения пожарного риска установлены ФЗ РФ № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Целью данной работы является анализ современных подходов к оценке пожарного риска опасных производственных объектов и производственных установок. Рассмотрены наиболее применяемые методики определения пожарного риска в количественном выражении, а именно Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» и Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах». Объектом исследования выбрана промышленная площадка «Совхозное управление

подземного хранения газа» (Совхозное УПХГ). На основе статистики Ростехнадзора за последние 5 лет, в работе рассмотрены и определены в процентном отношении основные неблагоприятные события и основные причины разгерметизации подземных резервуаров. На основе дерева событий развития чрезвычайных ситуаций определены наиболее вероятный и наиболее опасный сценарии, проведена оценка риска на территории промышленной площадки «Совхозного УПХГ». На основании расчетов по оценке риска выполнен анализ используемых методик. Рассмотрев практику применения методик расчетов по оценке пожарных рисков, сделана попытка сформулировать конкретные недостатки методик и дать предложения по их совершенствованию. Сделан вывод о необходимости создания и дальнейшего распространения единой усовершенствованной методики расчета на объекты всех классов пожарной опасности.

Abstract. Development and introduction of new scientifically based methods of quantitative assessment of fire risk is an actual problem. Normative values of fire risk are established by the Federal Law of the Russian Federation No. 123-FZ «Technical Regulations on Fire Safety Requirements». The aim of this work is to analyze modern approaches to assess the fire risk of hazardous production facilities and production facilities. The most applicable methods for determining fire risk in quantitative terms are considered, namely, the Order of the Ministry of Emergency Measures of the Russian Federation dd. July 10, 2009, No. 404 «On Approval of the Method for Calculating Fire Risk Values at Production Facilities» and Rostekhnadzor Order No. 144 dd. April 11, 2016 «Methodical Basis for Conducting Hazard Analysis and Risk Assessment of Accidents at Hazardous Production Facilities». The object of the study was the industrial site «State Farm Management of Underground Gas Storage» (Sovkhoznoe UGS). Based on the statistics of Rostekhnadzor for the recent 5 years, the main unfavorable events and the main reasons for the depressurization of underground reservoirs were considered and determined in percentage terms.

On the basis of the event development tree, the most probable and most dangerous scenarios were identified, and risk assessment was carried out on the territory of the industrial site of the Sovkhoz UGS. Based on the calculations for risk assessment, the analysis of the methods used is carried out. Having considered the practice of application of calculation methods for assessing fire risks, an attempt to formulate specific shortcomings in methodologies and to make proposals for their improvement has been made. It is concluded that it is necessary to create and further disseminate a single improved methodology for calculating objects of all classes of fire danger.

Ключевые слова: опасный производственный объект, методика расчета, пожарный риск, количественная оценка, дерево отказов, дерево событий.

Key words: dangerous production facility, calculation technique, fire risk, quantitative assessment, failure tree, event tree.

Соответствие опасных производственных объектов требованиям пожарной безопасности определяется с помощью комплекса процедур, включающих в себя анализ, оценку и управление риском. Одним из ключевых моментов в проблеме обеспечения пожарной безопасности является оценка пожарного риска и определения уровня опасности объекта.

Нормативное значение пожарного риска для зданий, сооружений и строений установлено Федеральным законом Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]. Согласно статье 79 этого закона, «Индивидуальный пожарный риск в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение 10^{-6} год⁻¹ при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке» [1]. Согласно статье 93, «Для производственных объектов,

на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год» [1]. Развитие промышленности и технологий в последнее десятилетие обуславливает принятие новых международных ГОСТов и методических основ по анализу риска. При составлении проектной документации, эксплуатации объектов и пожарном аудите анализ риска становится необходимым условием. Поэтому возникла потребность рассмотреть методы количественной оценки пожарного риска, определить уровень знаний в этой области и структурировать подходы, используемые в нашей стране с подходами оценки, используемыми в мире.

Цель настоящей работы состоит в системном анализе определения пожарного риска и определения правил использования подходов.

Спрогнозировать возникновение пожара, его развитие, время и пути эвакуации людей возможно на основе технических характеристик объекта, таких как назначение, конструкции аппаратов, особенности протекающих процессов, характеристики опасных веществ, количество людей, средства сигнализации и оповещения о пожаре.

Вопросы оценки опасных производственных объектов рассмотрены в следующих нормативных документах: Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [2] и Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [3].

Для расчета пожарных рисков в 2009 году были изданы два приказа: Приказ № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов

функциональной пожарной опасности» [4] и Приказ № 404 «Об утверждении методики определения величин пожарного риска на производственных объектах» [2].

В связи с принятием в 2008 году Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1] особую актуальность приобретают выработка и внедрение в отечественную практику научно обоснованных методик количественной оценки пожарного риска, позволяющих устанавливать соответствие реально существующего уровня риска законодательно установленному предельному значению [5].

Анализ рассматриваемых методик оценки проводится на примере опасного производственного объекта «Совхозное управление подземного хранения газа» [6].

Подземные газохранилища (ПХГ) по ряду признаков являются опасными производственными объектами, аварии на которых могут привести к человеческим жертвам, значительным капитальным затратам, а также негативному воздействию на окружающую среду [7, 8]. Проанализировав данные государственных отчетов Ростехнадзора, можно привести статистику аварийности на объектах ПХГ за последние 5 лет. Основными неблагоприятными событиями являются утечка газа, воспламенение и взрыв газовой смеси, пожары (рисунок 1).

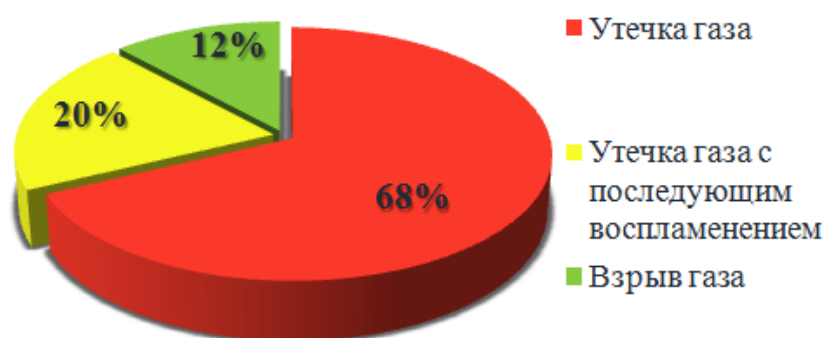


Рисунок 1. Виды чрезвычайных ситуаций на объектах подземного хранения газа

Преимущественно основной причиной разгерметизации подземных резервуаров является разрушение устьевой обвязки вследствие истощения прочности конструкционных материалов из-за физического износа, коррозии металла и т.д. (рисунок 2) [9, 10].

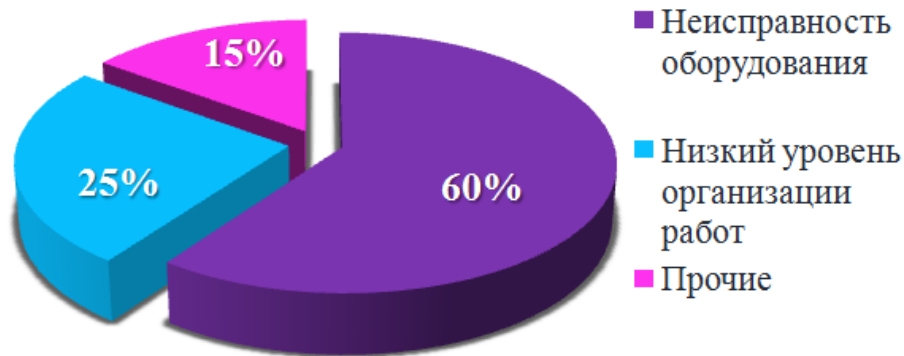


Рисунок 2. Основные причины аварий

Частота реализации сценария аварийной ситуации определяется путем умножения частоты исходного события для определенного оборудования на условную вероятность развития аварии по конкретному сценарию, согласно «дереву событий» [2].

Согласно Приказу МЧС России № 404, анализ риска возникновения аварии выполняется методом дерева отказов и дерева событий (рисунок 3).

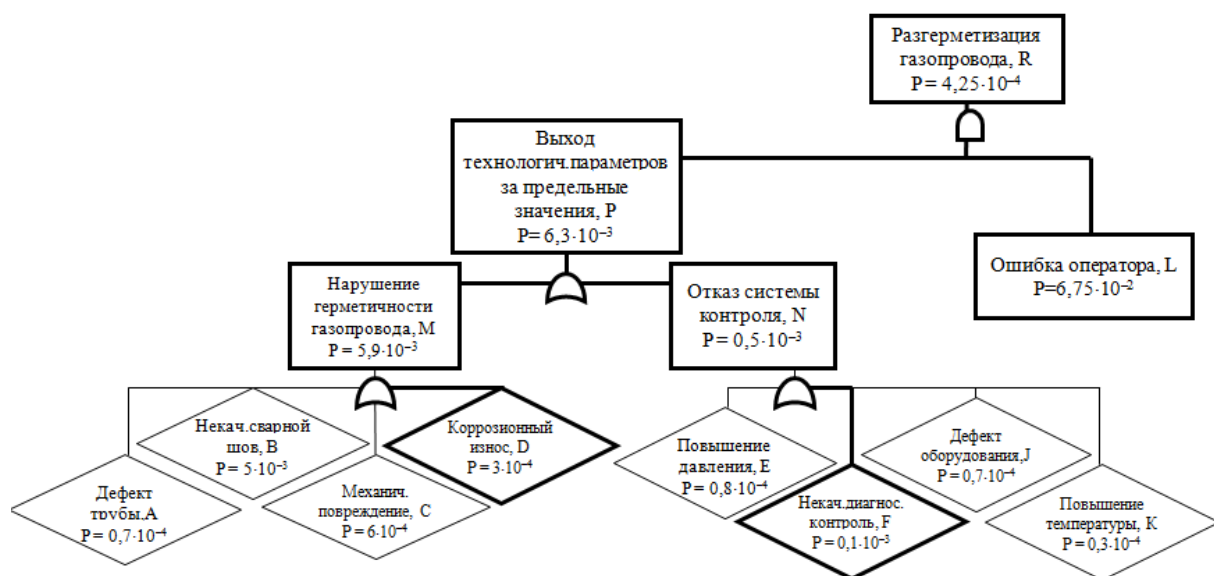


Рисунок 3. «Дерево отказов» при разгерметизации газопровода на территории «Совхозного УПХГ»

На основе дерева событий развития чрезвычайной ситуации определяются наиболее вероятный сценарий, сценарий с максимально негативным воздействием на окружающую среду и наиболее опасный. Особый интерес представляет сценарий – взрыв газа с последующим термическим воздействием – как наиболее опасный (рисунок 4).

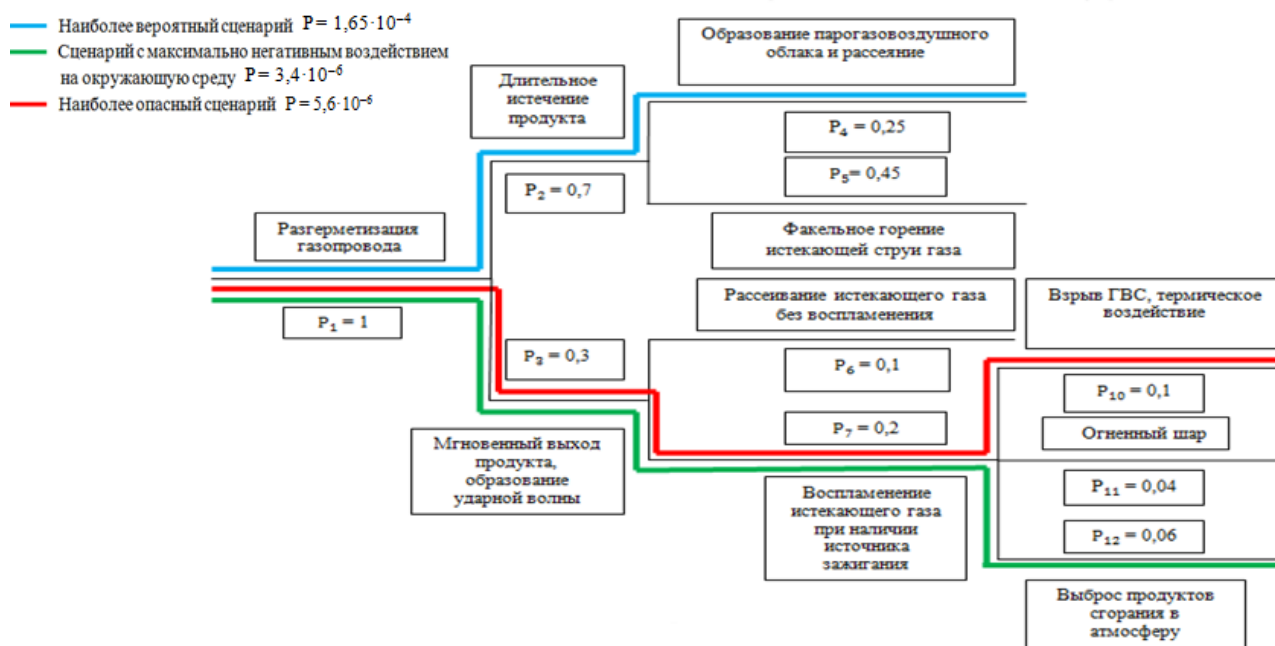


Рисунок 4. «Дерево событий» при разгерметизации газопровода на территории «Совхозного УПХГ»

В соответствии с методиками Приказом МЧС России № 404 [2] и Приказом Ростехнадзора № 144 [3] проведена оценка риска на территории промышленной площадки «Совхозного УПХГ».

Вероятность возникновения аварии при разгерметизации газопровода оценивается как $4,25 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$.

Вероятность реализации различных сценариев аварии определяется по формуле [2]:

$$Q(A) = Q_{\text{ав}} \cdot Q(A)_{\text{ст}},$$

где $Q_{\text{ав}}$ – вероятность возникновения ЧС при разгерметизации трубопровода при входе в газораспределительный пункт $4,25 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$;

$Q(A)_{\text{ст}}$ – статистическая вероятность развития аварийной ситуации.

Вероятность взрыва газоздушнoй смеси в открытом пространстве на месте разгеметизации газопровода по формуле составляет:

$$Q = 4,25 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0119 = 5,1 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

В остальных случаях вероятности развития аварии принимают равными 0.

Индивидуальный риск R , год^{-1} , определяют по формуле [2]:

$$R = \sum_{i=1}^n Q_{n_i} \cdot Q(A_i),$$

где Q_{Π} – условная вероятность поражения человека;

$Q(A)$ – вероятность реализации аварий;

n – число ветвей логической схемы.

Для определения условной вероятности поражения человека избыточным давлением при взрыве ГВС $Q_{\Pi,д.}$ сначала рассчитывается «пробит»-функция P_r по формуле [3]:

$$P_r = 5 - 0,26 \cdot \ln(V),$$

$$P_r = 5 - 0,26 \cdot \ln(4,2 \cdot 10^{-4}) = 7,02.$$

Индивидуальный риск составляет:

$$R = 5,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,9 = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}.$$

По результатам расчетов можно сказать, что индивидуальный риск в нашем случае равен $4,6 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, что превышает величину 10^{-8} год^{-1} [10]. Это свидетельствует о необходимости введения дополнительно организационных и технических мер.

На основании полученных расчетов по оценке риска можно выполнить анализ используемых методик, который представлен в таблице 1.

В результате анализа различных источников сделан вывод, что единого метода оценки пожарного риска, обязательного для нормативной документации в области пожаробезопасности, не существует.

Таблица 1. Сравнительная таблица методов оценки пожарного риска для производственных объектов

Показатели	Содержание	
Название документа	Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [2]	Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [3]
Область применения	Документ, в котором представлен порядок всесторонней оценки риска аварии, результаты которой сравниваются путем сопоставления полученных расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [1]	Документ, который используется в качестве основы для разработки отраслевых методических рекомендаций, руководств и методик по проведению анализа риска аварий на опасных производственных объектах различных отраслей промышленности, транспорта и энергетики
Тип рассматриваемых объектов	Методика устанавливает порядок расчета величин пожарного риска на производственных объектах. Положения настоящей методики не распространяются на определение расчетных величин пожарного риска на производственных объектах специального назначения [2, 3]	Руководство разработано в целях содействия соблюдению требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах
Рассчитываемые показатели риска	Частота аварий (статистические данные), построение логических деревьев событий и отказов, потенциальный пожарный риск, условная вероятность поражения человека, вероятность эвакуации, индивидуальный риск, социальный риск гибели от аварии, в том числе от пожара; оценка воздействия опасных факторов пожара [3]	Индивидуальный, потенциальный, коллективный, социальный риски, частота реализации аварии с гибелью не менее одного человека, поле изолиний потенциального риска, график ступенчатой функции частоты аварий от числа погибших, критерии поражения людей и разрушения зданий
Методы расчета	Определение расчетных величин пожарного риска на объекте осуществляется на основании: 1) анализа пожарной опасности объекта [2, 3]; 2) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций [2/3]; 3) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития [2, 3]; 4) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития [2, 3]; 5) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений [2, 3]	При проведении анализа риска аварий рекомендуется последовательно выполнять следующие этапы: 1) планирования и организации работ, сбора сведений [3]; 2) идентификации опасностей; оценки риска аварий на ОПО и (или) его составных частях [3]; 3) установления степени опасности аварий на ОПО и (или) определения наиболее опасных (с учетом возможности возникновения и тяжести последствий аварий) составных частей ОПО [3]; 4) разработки (корректировки) мер по снижению риска аварий [3]
Методы определения дополнительных критериев опасности	Максимальные размеры взрывоопасных зон, определение параметров волны давления при сгорании газо-, паро- или пылевоздушного облака, интенсивность теплового излучения, определение радиуса воздействия продуктов сгорания, методы определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей, метод определения расчетного времени эвакуации [2, 3]	Вероятности поражения людей, критерии поражения тепловым излучением и ударной волной, критерии разрушения типовых промышленных зданий от избыточного давления, краткая характеристика рекомендуемых методов анализа риска аварий [3]
Срок действия	Не более 10 лет	Не более 10 лет
Зарубежные аналоги	Нет аналогов	Нет аналогов

В законодательстве РФ для опасных производственных объектов регламентированы принципы оценки пожарного риска [11], при этом методики расчетов пожарного риска выпускаются как рекомендованные методические материалы для стандартов.

Для обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты, включающих в себя как опасные производства, так и жилые комплексы, склады и объекты социального назначения, необходим новый способ оценки пожарного риска. Комплексная оценка риска – новаторский способ предупреждения риска пожароопасных ситуаций [12].

Выводы

Таким образом, изучив основы применения методики расчета оценки пожарных рисков для опасных производственных объектов различных классов функциональной пожарной опасности, можно сформулировать конкретные недостатки и предложения по их совершенствованию. Это позволит повысить уровень пожарной защиты опасных производственных объектов, уменьшить число замечаний при проведении объектовых проверок и экспертизы.

Создание единой универсальной методики оценки пожарного риска, включающей в себя алгоритм проведения расчета рисков для любого объекта защиты, позволит исключать разночтения в расчетных методиках Ростехнадзора и МЧС России при обосновании промышленной и пожарной безопасности.

Актуальным является не столько совершенствование и распространение единой универсальной методики на опасные производственные объекты, но и её развитие и применение для оценки большого количества показателей, подтверждающих эффективность выбора проектных, технологических и технических решений, в т.ч. в части обеспечения пожарной безопасности.

Список используемых источников

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изменениями от 3 июля 2016 года).
2. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (с изменениями от 14 декабря 2010 года).
3. Приказ Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах».
4. Хафизов Ф. Ш., Краснов А. В., Мухин И. А. Частота реализации взрывоопасной ситуации для оценки риска внутри помещений // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2015. № 5. С.573-585. URL: <http://ogbus.ru/years/52013>.
5. Хафизов И. Ф., Краснов А. В., Сафронов Ю. А. Усовершенствование способа оценки величины пожарного риска магистрального трубопровода на примере ОАО АК «Транснефть» // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. 2016. № 6. С. 573-585. URL: <http://ogbus.ru/years/62014/>
6. План локализации и ликвидации аварийных ситуаций на «Совхозном УПХГ».
7. Попова Е. В., Абуталипова Е. М., Сунгатуллин И. Р., Хафизов И. Ф. Классификация взрывопожарных объектов газового промысла: сб. тр. Всеросс. науч.-техн. конф. с международным участием «Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортзамещение». 2015. С. 382-384.
8. Федеральный закон от 21 июля 1997 года № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», ст. 10 (с изменениями от 25 марта 2017 года).

9. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору Ростехнадзор [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gosnadzor.ru>.

10. Попова Е. В., Шулаева Е. А. Системы управления химико-технологическими процессами: электронный методический комплекс / RUS, 2013.

11. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

12. Латыпова М. М., Попова Е. В. Информационное обеспечение пожарной безопасности объекта // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. 2015. С. 245-247.

References

1. *Federal'nyi zakon Rossiiskoi Federatsii ot 22 iyulya 2008 g. № 123-FZ «Tekhnicheskii reglament o trebovaniyakh pozharnoi bezopasnosti» (s izmeneniyami ot 3 iyulya 2016 goda)* [Federal Law of the Russian Federation of July 22, 2008, No. 123-FZ «Technical Regulations on Fire Safety Requirements» (as amended on July 3, 2016)]. [in Russian].

2. *Prikaz MChS RF ot 10 iyulya 2009 g. № 404 «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennykh ob"ektakh» (s izmeneniyami ot 14 dekabrya 2010 goda)* [The Order of the Ministry of Emergency Measures of the Russian Federation from July 10, 2009 No. 404 «On Approval of the Methodology for Determining the Calculated Values of Fire Risk at Production Facilities» (as Amended on December 14, 2010)] [in Russian].

3. *Prikaz Rostekhnadzora ot 11 aprelya 2016 g. № 144 «Ob utverzhdenii rukovodstva po bezopasnosti «Metodicheskie osnovy po provedeniyu analiza opasnostei i otsenki riska avarii na opasnykh proizvodstvennykh ob"ektakh»* [Rostekhnadzor Order No. 144 of April 11, 2016 «On Approval of the Safety Manual Methodological Framework for Hazard Analysis and Risk Assessment of Accidents at Hazardous Production Facilities»]. [in Russian].

4. Khafizov F.Sh., Krasnov A.V., Mukhin I.A. Chastota realizatsii vzryvoopasnoi situatsii dlya otsenki riska vnutri pomeshchenii [Frequency of Implementation of an Explosive Situation for Assessing Indoor Risks]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2015, No. 5, pp. 573-585. URL: <http://ogbus.ru/years/52013>. [in Russian].

5. Khafizov I. F., Krasnov A. V., Safronov Yu. A. Usovershenstvovanie sposoba otsenki velichiny pozharnogo riska magistral'nogo truboprovoda na primere OAO AK «Transneft» [Improvement of the Method for Estimating the Magnitude of the Fire Risk of the Main Pipeline by the Example of JSC AK «Transneft»]. *Elektronnyy nauchnyy zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2016, No. 6, pp. 573-585. URL: <http://ogbus.ru/years/62014>. [in Russian].

6. Plan lokalizatsii i likvidatsii avariinykh situatsii na «Sovkhoznom UPKhG» [Plan for the Localization and Elimination of Emergency Situations at the «Sovkhoz UGS»]. [in Russian].

7. Popova E.V., Abutalipova E.M., Sungatullin I.R., Khafizov I.F. Klassifikatsiya vzryvopozharnykh ob"ektov gazovogo promysla [Classification of Explosive Gas Objects]. *Sbornik trudov Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v tekhnicheskikh naukakh v usloviyakh perekhoda predpriyatii na importzameshchenie»* [Collection of Works of Scientific-Technical Conference with International Participation «Fundamental and Applied Research in the Technical Sciences in the Conditions of Transition of Enterprises to Import Replacement»]. 2015, pp. 382-384 [in Russian].

8. *Federal'nyi zakon ot 21 iyulya 1997 goda № 116 «O promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov», st. 10 (s izmeneniyami ot 25 marta 2017 goda)* [Federal Law of July 21, 1997 No. 116 «On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities», art. 10 (as amended on 25 March 2017)]. [in Russian].

9. *Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru Rostekhnadzor* [Elektronnyi resurs] [Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision Rostekhnadzor] [Electronic Resource]. URL: <http://www.gosnadzor.ru> [in Russian].

10. Popova E.V., Shulaeva E.A. *Sistemy upravleniya khimiko-tekhnologicheskimi protsessami: elektronnyi metodicheskii kompleks* [Control Systems of Chemical-Technological Processes: Electronic Methodical Complex]. 2013. [in Russian].

11. *GOST R 12.3.047-2012 «Pozharnaya bezopasnost' tekhnologicheskikh protsessov. Obshchie trebovaniya. Metody kontrolya»* [State Standard R 12.3.047-2012 «Fire Safety of Technological Processes. General Requirements. Control Methods»]. [in Russian].

12. Latypova M.M., Popova E.V. *Informatsionnoe obespechenie pozharnoi bezopasnosti ob"ekta* [Information Support of the Fire Safety of the Object]. *Materialy of VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2015»* [Actual Problems of Science and Technology – 2015: Materials of VII International Scientific-Practical Conference of Young Scientists]. 2015, pp. 245-247 [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Попова Е.В., канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

Popova E.V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Assistant Professor of Fire and Industrial Safety Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

e-mail: evpopova10@yandex.ru

Яковлева Е.М., магистрант гр. МПБ01-16-01, ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

Yakovleva E.M., undergraduate Student of MPB01-16-01 Group, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation