

УДК 62.001.25

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА РИСКА
ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ**

**QUANTITATIVE ASSESSMENT OF UNCERTAINTY
OF TECHNOGENIC ACCIDENTS RISK ANALYSIS**

**А.В. Федосов, И.И. Бадртдинова, К.Н. Абдрахманова,
Д.Ю. Валекжанин**

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

**Artem V. Fedosov, Ilzida I. Badrtdinova, Karina N. Abdrakhmanova,
Dmitrij U. Valekzhanin**

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

e-mail: fedsv-artem@rambler.ru, b.ilzida99@mail.ru

Аннотация. Риск является результатом реализации опасных факторов, оказывающих влияние на безопасное функционирование производственного объекта. Определения данного термина, удовлетворяющего всех специалистов, на данный момент не существует, однако во многих работах и методиках риском считается сочетание вероятности и его события. Из данного термина следует, что величина риска представляет собой оценку возможности реализации определенного события или аварийной ситуации.

С целью определения величины данного показателя проводится количественная оценка риска. Необходимо отметить, что количественная оценка риска в настоящее время является одним из обязательных требований при составлении деклараций промышленной промышленности

и планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на опасных производственных объектах.

Однако, как и проведение любых измерений и вычислений, величина риска не может быть точно определена, поскольку на результат влияют как субъективные, так и объективные факторы.

В настоящее время с целью более точного представления результатов измерений наиболее актуальной стал подход, связанный с определением неопределенности результата количественная оценка риска, результатом которой является наилучшая оценка измеряемой величины.

Существуют различные виды классификации природы и источников неопределенности анализа риска, в том числе разрабатывается множество разнообразных подходов по его оценке – качественные, полуколичественные, количественные. Однако значительную роль в методологии риск-анализа занимает количественная оценка неопределенности.

Результатом количественной оценки риска является числовое значение величины, которая представляет собой точечную оценку риска, затем должна быть рассчитана количественная оценка неопределенности, определяющей параметр в виде интервальной оценки полученных значений.

Количественная оценка риска рассматривалась во многих публикациях, как русских, так и англоязычных, однако определенных методик вычисления все еще не существует. В данной статье приводится один из способов определения количественной оценки риска, который позволяет визуализировать этапы вычисления и минимизировать процесс расчетов.

Abstract. Risk is the result of the implementation of hazards that affect the safe operation of the production facility. The definition of this term, which satisfies all specialists, does not currently exist, but in many papers and methods risk is considered a combination of probability and its event. This term implies

that the magnitude of the risk is an assessment of the possibility of the realization of a specific event or emergency.

In order to determine the value of this indicator, a quantitative risk assessment is conducted. It should be noted that the quantitative risk assessment is currently one of the mandatory requirements when drawing up industrial declarations and plans for the localization and liquidation of emergency situations at chemical-technological facilities.

However, like any measurements and calculations, the result can not be accurately determined, since the result is influenced by various factors associated with both subjective and objective factors.

Currently, in order to more accurately represent the measurement results, the most relevant approach has been to determine the uncertainty of the quantitative assessment of risk result, the result of which is the best assessment of the measured value.

There are various types of classification of nature and sources of uncertainty of risk analysis, including developing a variety of different approaches to its assessment – qualitative, semi-quantitative, quantitative. However, a significant role in the methodology of risk analysis is a quantitative estimate of uncertainty.

The result of the CDF is a numerical value of the quantity, which is a point estimate of risk, then a quantitative estimate of uncertainty quantitative assessment of risk, which determines the parameter in the form of an interval estimate of the obtained values, should be calculated.

Quantitative assessment of risk has been considered in many publications, both Russian and English, but there are still no definite calculation methods. This article provides one of the methods for determining quantitative assessment of risk, which allows to visualize the stages of calculation and minimize the calculation process.

Ключевые слова: анализ риска, количественная оценка риска, неопределенность, количественная оценка неопределенности, техногенный риск, вероятность, авария, дендрограмма

Key words: risk analysis, quantitative assessment of risk, indeterminacy, quantitative assessment of uncertainty, technogenic risk, probability, accident, dendrogramma

Введение

Понятия «неопределенность» и «риск» непосредственно связаны между собой. Несомненно, «неопределенность» в качестве характеристики, неточности и неоднозначности используется в науке достаточно давно, в сущности, данное понятие внедрено в научную область раньше понятия «риск». Но именно тесная связь между этими двумя понятиями определила актуальность количественной оценки риска (КОР), определяемой путем оценки неопределенности измерения.

КОР в настоящее время является одним из необходимых показателей, позволяющих оценить возможность наступления опасных и аварийных ситуаций, а также проанализировать ущерб, к которому они могут привести. При этом необходимо отметить, что на данный момент определение КОР является обязательным при составлении деклараций промышленной безопасности и планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций на опасных производственных объектах (ОПО) [1, 2].

Несмотря на то, что понятие «риск» прочно вошло в нашу жизнь, термин, который смог бы удовлетворить всех специалистов, отсутствует. Наиболее широкое распространение приобрело такое определение данного термина, при котором риском считается сочетание вероятности события и его последствий. Несколько иная формулировка данного определения заключается в том, что техногенный риск представляет собой векторную

величину, состоящую из двух компонентов: вероятностного компонента риска и компонента риска, непосредственно связанного с ущербом от аварийных ситуаций [1]. Из приведенных выше терминов видно, что риск в основном связывают с вероятностной оценкой конкретного события, то есть риск представляет собой параметр, который должен быть представлен в виде количественной оценки.

В сфере безопасности производства представление риска как следствия неопределенности, а не статической предопределенности является более предпочтительным. Статическая предопределенность, предполагающая «оценку риска» как «прогнозирование величины будущих ущербов», основанной на статистике прошлых лет, непригодна для исследований систем, в которых существует необходимость вмешательства человека в процесс анализа, поскольку любое вмешательство становится фактором, который тем или иным образом влияет на результат [3, 4].

Связь между понятиями «риска» и «неопределенности» заключается в том, что КОР, как и любая получаемая оценка параметров измерения, представляет собой лишь определенный интервал, которому принадлежит истинное значение определяемой величины. Современная метрология данный интервал призывает определять неопределенностью измерения [5, 6].

Количественная оценка неопределенности при КОР

Любой технический объект или система, обладающие запасами энергии или опасных веществ, являются потенциально опасными, причем степени опасности различны для каждого объекта. Из этого следует, что при оценке риска предприятий необходимо учитывать все составляющие опасности, которые могут привести к развитию аварийной ситуации.

Необходимо отметить, что риск чрезвычайной ситуации включает в себя два компонента [7, 8]:

а) компонент риска, связанный с возможностью реализации чрезвычайной ситуации (КРВ), которая характеризуется вероятностью реализации данного сценария и количественной оценкой наступления данного события;

б) компонент риска, связанный с ущербом от чрезвычайной ситуации (КРУ), который выражает все последствия от данного события в денежной форме.

КОР представляет собой процедуру, при которой риску присваиваются определенные численные значения, вычисленные по соответствующим методикам.

Ниже представлена наилучшая форма количественного определения значения техногенного риска, при этом полученное значение представляет собой лишь оценку определяемой величины и неизбежно обладает неопределенностью. Предполагается, что неопределенность риска, как и неопределенность измерений, вычисляемая в метрологии, представляет собой интервал значений, к которому принадлежит величина риска с заданным уровнем доверия.

КОР предполагает последовательное выполнение операций, приведенных ниже [9, 10].

1) Оценить КРВ, включающий в себя возможности, при котором:

а) реализуются иницирующие события;

б) отказывают средства противоаварийной защиты;

в) развиваются различные сценарии аварийной ситуации;

г) необходимо распределить поражающие факторы аварии, присущие каждому сценарию аварии;

д) необходимо определить подвижные объекты, которые попадают в область поражения.

2) Оценить КРУ, характеризующий каждый сценарий развития аварий, который включает:

а) все предполагаемые ущербы в натурально выраженном виде;

б) монетарную оценку ущербов.

В итоге результат вышеперечисленных операций приводится в виде точечной оценки величины риска. Для того чтобы сравнить полученные значения с нормативными значениями, необходимым условием является выполнение количественной оценки неопределенности.

Несомненно, неопределенность представляет собой неотъемлемую часть любых параметров, связанных с риском. Исходя из этого, можно утверждать, что для объективного оценивания различного рода опасностей, угрожающих жизни и здоровью людей, а также для разработки мероприятий по снижению и локализации последствий произошедших аварий, неопределенность необходимо представить в виде численного значения. Однако до анализа методов количественной оценки и выражения неопределенности разберемся с ее природой и источниками.

Природа и источники неопределенности параметров техногенного риска

Результаты измерений находятся в зависимости от множества факторов. Влияние оказывают измерительные системы, методики проведения измерений, квалификация и опыт операторов, воздействие внешних условий и другие [11, 12]. В результате этого достоверно определить значения измеряемых величин становится невозможно. В ходе проведения измерительных процессов и операций по их систематизированию результат измерения будет представлять собой лишь аппроксимацию или оценку значения измеряемой величины.

В настоящее время с целью более точного представления результатов измерений наиболее актуальной стал подход, связанный с определением неопределенности измерения, который представляет собой наилучшую оценку измеряемой величины.

Так же, как и понятию «риск», однозначного толкования понятия «неопределенности» все еще не существует. Приведем наиболее широко употребляемые определения данного понятия.

Неопределенность – неотрицательный параметр, который характеризует рассеяние значений величины, приписываемой измеряемой величине в результате полученной информации [13, 14].

Неопределенность – состояние полного или частичного отсутствия информации, которое необходимо для достоверного анализа событий, их последствий и вероятностей [15–17].

Источниками неопределенности результатов КОР служат объективная изменчивость свойств системы, подлежащей изучению, а также недостаточность, неполнота и неточность сведений, касающихся этой системы. Первый тип неопределенности называют стохастической, а второй – эпистемической.

Также необходимо отметить, что выделяют и коммуникативную неопределенность, связанную с искажением информации при обмене с другим человеком [7]. Это связано с тем, что информация, воспринимаемая людьми, может выражаться неоднозначными и двусмысленными понятиями, в результате чего люди приходят к различным выводам в отношении одной и той же проблемы. Несомненно, данная неопределенность устранима, поскольку возможно уточнение и корректировка полученной информации, благодаря либо соглашениям, либо нормативным документам.

Изучению классификации источников неопределенности при КОР посвящены множество англоязычных публикаций. Так, например, Нидерландская организация прикладных научных исследований и сертификации (TNO) выделяет три группы источников неопределенности, связанной с КОР: постановка задачи, модельная неопределенность и параметрическая неопределенность [1].

Постановка задачи предполагает выбор между двумя подходами: консервативным и реалистичным. Консервативный подход представляет собой изучение возможного сценария развития аварии, при котором последствия и ущерб рассматриваются в максимально критических условиях. Реалистичный подход предполагает учет конкретных обстоятельств возникновения и развития аварийной ситуации. Консервативный подход определяет существенно меньшую неопределенность по сравнению с реалистичным подходом. Это связано с тем, что объективная составляющая неопределенности при консервативном подходе существенно меньше, благодаря тому, что устранена изменчивость различных аспектов аварийной ситуации [18].

Модельная неопределенность при КОР может возникнуть вследствие ошибок при составлении модели измерения. Ошибки могут быть связаны с игнорированием существенных факторов, влияющих на данную модель, введения некоторых упрощений, ошибочных расчетов и др.

Третий источник неопределенности при оценке КОР – параметрическая неопределенность – непосредственно связан с модельной неопределенностью, поскольку любая модель включает в себя соответствующие параметры, значения которых не могут быть точно определены. Неопределенность параметров измерения зависит от объективных факторов, связанных с изменчивостью свойств моделируемого объекта, а также от субъективных факторов, заключающихся в недостатке сведений, используемых в процессе присвоения параметру численного значения.

Оценка неопределенности результатов анализа техногенного риска

В ряде публикаций изучены методы количественной оценки неопределенности результатов КОР. Согласно многим публикациям, до определения количественной оценки неопределенности должен быть

проведен качественный анализ, предполагающий изучение всех применяемых «модельных инструментариев» для изучаемого объекта.

Качественный анализ должен предусматривать [19]:

1) определение «модельных» альтернатив, включающих перечень исследуемых аварийных ситуаций, используемых концептуальных моделей, а также математических аппроксимаций аварийных и поставарийных процессов;

2) инвентаризацию внутренних, внешних и модельных параметров задачи.

Все результаты, установленные в ходе проведения качественной оценки неопределенности, являются основой для КОН.

Согласно [19], неопределенность полученных результатов КОР необходимо оценивать через ширину интервала, который соответствует целевой «метрике риска», форма которой представлена ниже.

$$R = \sum_i P_i \cdot U_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность реализации некоторого сценария аварии;

U_i – монетарное выражение полного ущерба сценария;

i – номер сценария.

Полученные интервалы метрики риска подлежат сравнению, из которого возможно проанализировать вклад различных источников в общий бюджет неопределенности.

С целью наглядного представления методов логико-вероятностного моделирования аварийных ситуаций сценарии могут быть представлены в виде графов, или дендрограмм. Так, к примеру, в [1] был составлен граф для случая утечки сжиженного углеводородного газа на автомобильной газозаправочной станции, в котором наглядно представлено дерево событий для изучаемого сценария с соответствующими условными вероятностями событий, при этом произведение узлового события и

условной вероятности конкретного исхода позволит определить вероятность любого исхода.

Для КОН техногенного риска удобное применение присуще диаграмме типа «галстук-бабочка», в центре которой располагается аварийное событие. Дендрограмма представлена в виде таблицы, в прямоугольных ячейках которой вносятся события, логически связанные между собой, столбцы представляют собой ярусы, а строки – уравнения [20]. Каждый ярус ветвей необходимо пронумеровать соответствующим целым числом, а внутри ярус события необходимо обозначить буквами. Также дерево отказов включает в себя логические знаки «И» и «ИЛИ», которые отделяют ярусы дендрограммы. На схеме должна быть указана стрела времени, которая в основном имеет направление слева направо. Слева от узлового события располагается «дерево отказов», которое увеличивается от этого события справа налево; справа расположено «дерево событий», которое располагается последовательно слева направо. Вследствие того что параметр риска возможно охарактеризовать векторной величиной, связанной с вероятностным компонентом риска, и компонентом риска, связанным с ущербом, события дендрограммы количественно задаются определенными векторными величинами с компонентами вероятности события и параметрами обусловленного им ущерба.

На рисунке 1 представлен пример дендрограммы для случая аварии, связанной с утечкой сжиженного углеводородного газа (СУГ) на автомобильной газозаправочной станции.

Данные диаграммы облегчают проведение всех необходимых расчетов и в результате позволяют количественно оценить неопределенность аварийного риска [21].

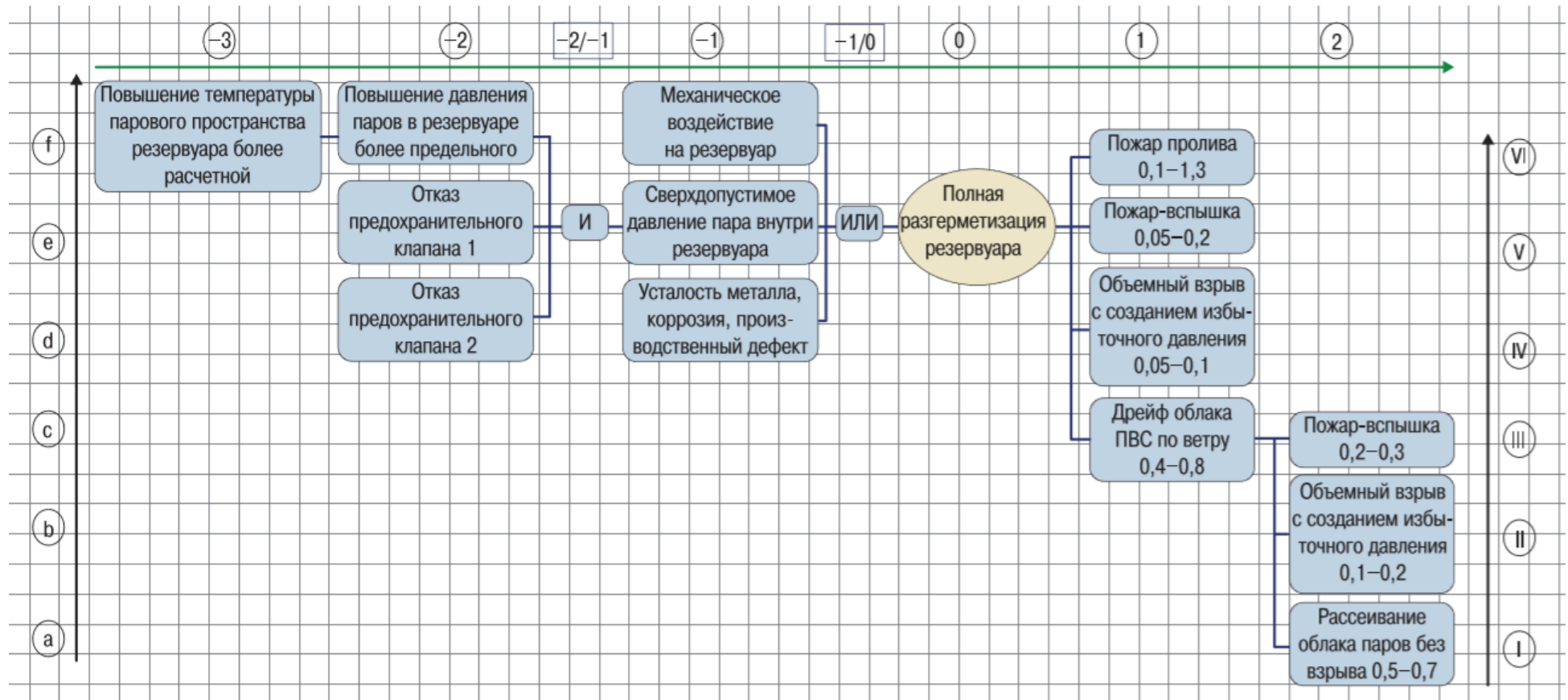


Рисунок 1. Граф событий, связанных с полной разгерметизацией резервуара с СУГ

Вывод

Анализ количественной оценки риска аварий на производственных объектах показывает, что существенным параметром, отражающим достоверность полученной оценки, является неопределенность результата. С целью оптимизации различных способов КОН в настоящее время предлагаются различные методики, позволяющие с конкретной вероятностью оценить результат полученных вычислений. Однако стоит отметить, что конкретной методики, которая удовлетворяла бы всех специалистов, на данный момент не существует.

В данной статье был рассмотрен один из способов количественной оценки неопределенности, который нашел отражение во многих работах, посвященных данной теме. Так, согласно указанному способу, предлагается применение графов (дендрограмм), которые позволяют визуализировать основные расчеты и предполагают собой более облегченный метод определения количественной оценки неопределенности результатов анализа риска.

Список используемых источников

1. Колесников Е.Ю. Способы количественной оценки неопределенности параметров техногенного риска // Безопасность труда в промышленности. 2013. № 1. С. 56-67.
2. Абдрахманов Н.Х., Матвеев В.П., Нищета А.С., Савицкий В.В., Доржиева О.А., Хакимов Т.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта исследований в области безопасного проектирования и эксплуатации технологических объектов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов: сб. науч. тр. Уфа, 2015. № 5. С. 162-164.

3. Федорец А.Г. Применение современной методологии риск менеджмента в системах менеджмента безопасности труда и охраны труда // Безопасность и охрана труда. 2018. № 1. С. 1-18.

4. Abdrakhmanov N., Abdrakhmanova K., Vorohobko V., Abdrakhmanova L., Basyirova A. Development of Implementation Chart for Non-Stationary Risks Minimization Management Technology Based on Information-Management Safety System // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. No. 12. pp. 7880-7888.

5. Федосов А.В., Федосов В.А., Бадрутдинова И.И., Мухаметзянов Н.З. Место неопределенности в системе обеспечения единства измерений // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. Т. 14. № 1. С. 88-95.

6. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. Требования к программному обеспечению построения информационно-управляющей системы безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2016. № 2 (8). С. 43-45.

7. Колесников Е.Ю. Количественное оценивание неопределенности техногенного риска // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10. № 3. С. 8-31.

8. Абдрахманов Н.Х. Научно-методические основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов нефтегазового комплекса на основе управления системными рисками: автореф. ... д-ра техн. наук. Уфа, 2014. 46 с.

9. Fedosov A.V., Abdrakhmanov N.Kh., Gaysin E.Sh., Sharafutdinova G.M., Abdrakhmanova K.N., Shammatova A.A. The Use of Mathematical Models in the Assessment of the Measurements' Uncertainty for the Purpose of the Industrial Safety Condition Analysis of the Dangerous Production Objects // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 119 (10 Special Issue C). pp. 433-437.

10. Gaisina L.M., Maier V.V., Abdrakhmanov N.K., Sultanova E.A., Belonozhko M.L. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics // *Espacios*. 2017. Vol. 38. No. 48. 12 p.

11. Федосов А.В., Абдрахманов Н.Х., Бадртдинова И.И., Вадулина Н.В. Анализ состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов с учетом неопределенности измерений // *Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья*. 2018. № 2. С. 49-54.

12. Kunelbayev M.M., Gaisin E.Sh., Repin V.V., Galiullin M.M., Abdrakhmanova K.N. Heat Absorption by Heat-Transfer Agent in a Flat Plate Solar Collector // *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 2017. Vol. 115. No. 3. pp. 561-575.

13. Федосов А.В., Козлова А.В., Федосов В.А., Басырова А.Р. Место неопределенности измерений при анализе состояния промышленной безопасности опасных производственных объектов // *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*. 2018. № 3. С. 80-97.

14. Sekerin V.D., Gaisina L.M., Shutov N.V., Abdrakhmanov N.Kh., Valitova N.E. Improving the Quality of Competence-Oriented Training of Personnel at Industrial Enterprises // *Quality – Access to Success*. 2018. Vol. 19. No. 165. P. 68-73.

15. Федосов А.В., Ахметова Д.Д., Галеева А.Ф. Количественный анализ риска на опасном производственном объекте // *Пожарная и аварийная безопасность: матер. XI Междунар. науч.-практ. конф. Иваново, 2016*. С. 184-187.

16. Абдрахманов Н.Х., Давлетов В.М., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. Повышение безопасности эксплуатации газопроводов // *Нефтегазовое Дело*. 2016. Т. 14. № 3. С. 183-187.

17. Кускильдин Р.А., Абдрахманов Н.Х., Закирова З.А., Ялалова Э.Ф., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В. Современные технологии для проведения производственного контроля, повышающие уровень промышленной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 2 (108). С. 111-120.

18. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaisin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact through Forecasting the Occupational Risks // Man in India. 2017. Vol. 97. No. 20. P 495-511.

19. Колесников Е.Ю., Теляков Э.Ш. Качественный и количественный этапы оценки неопределенности аварийного риска // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 424-427.

20. Колесников Е.Ю. Качественный анализ неопределенности пожарного риска. Сценарий аварии «пожар пролива растворителя» // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 1. С. 74-91.

21. Федосов А.В., Ахметова Д.Д., Галеева А.В., Прохоров А.Е. Количественный анализ риска аварии на опасном производственном объекте // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2016. № 4 (8). С. 14-19.

References

1. Kolesnikov E.Yu. Sposoby kolichestvennoi otsenki neopredelennosti parametrov tekhnogennoho riska [A Way of Quantifying Uncertainties in the Parameters of a Technogenic Risk]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti – Occupational Safety in Industry*, 2013, No. 1, pp. 56-67. [in Russian].

2. Abdrakhmanov N.Kh., Matveev V.P., Nishcheta A.S., Savitskii V.V., Dorzhieva O.A., Khakimov T.A. Analiz otechestvennogo i zarubezhnogo opyta issledovaniy v oblasti bezopasnogo proektirovaniya i ekspluatatsii tekhnologicheskikh ob"ektov neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh proizvodstv [Analysis of Domestic and Foreign Research Experience in the Field of safe Design and Operation of Technological Facilities of Oil Refining and Petrochemical Industries]. *Sbornik nauchnykh trudov «Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov»* [Collection of Scientific Works «Examination of Industrial Safety and Diagnostics of Hazardous Production Facilities»]. Ufa, 2015, No. 5, pp. 162-164. [in Russian].

3. Fedorets A.G. Primenenie sovremennoi metodologii risk menedzhmenta v sistemakh menedzhmenta bezopasnosti truda i okhrany truda [The Use of Modern Methodologies of Risk Management in the Management Systems of Occupational Safety and Labor Protection]. *Bezopasnost' i okhrana truda – Health and Safety*, 2018, No. 1, pp. 1-18. [in Russian].

4. Abdrakhmanov N., Abdrakhmanova K., Vorohobko V., Abdrakhmanova L., Basyirova A. Development of Implementation Chart for Non-Stationary Risks Minimization Management Technology Based on Information-Management Safety System. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, No. 12, pp. 7880-7888.

5. Fedosov A.V., Fedosov V.A., Badrtdinova I.I., Mukhametzyanov N.Z. Mesto neopredelennosti v sisteme obespecheniya edinstva izmerenii [Place of Uncertainty in the System of Ensuring the Uniformity of Measurements]. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy – Electrical and Data Processing Facilities and Systems*, 2018, Vol. 14, No. 1, pp. 88-95. [in Russian].

6. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N. Trebovaniya k programmnomu obespecheniyu postroeniya informatsionno-upravlyayushchei sistemy bezopasnosti pri ekspluatatsii opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovoi otrasli [Software Requirements for Building Information Management Security System in the Operation of Hazardous Production Facilities of the Oil and Gas Industry]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Examination of Industrial Safety and Diagnostics of Hazardous Production Facilities»]. Ufa, 2016, No. 2 (8), pp. 43-45. [in Russian].

7. Kolesnikov E.Yu. Kolichestvennoe otsenivanie neopredelennosti tekhnogennogo riska [Quantitative Evaluation of Uncertainty Is Man-Made Risks]. *Problemy analiza riska – Issues of Risk Analysis*, 2013, Vol. 10, No. 3, pp. 8-31. [in Russian].

8. Abdrakhmanov N.Kh. *Nauchno-metodicheskie osnovy obespecheniya bezopasnoi ekspluatatsii opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovogo kompleksa na osnove upravleniya sistemnymi riskami: avtoref. dis. d-ra tekhn. nauk.* [Scientific and Methodical Bases of Ensuring Safe Operation of Hazardous Production Facilities of the Oil and Gas Complex on the Basis of System Risk Management: Doc. Engin. Sci. Avtoref.]. Ufa, 2014. 46 p. [in Russian].

9. Fedosov A.V., Abdrakhmanov N.Kh., Gaysin E.Sh., Sharafutdinova G.M., Abdrakhmanova K.N., Shammatova A.A. The Use of Mathematical Models in the Assessment of the Measurements' Uncertainty for the Purpose of the Industrial Safety Condition Analysis of the Dangerous Production Objects. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, No. 119 (10 Special Issue C), pp. 433-437.

10. Gaisina L.M., Maier V.V., Abdrakhmanov N.K., Sultanova E.A., Belonozhko M.L. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics. *Espacios*, 2017, Vol. 38, No. 48, 12 p.

11. Fedosov A.V., Abdrakhmanov N.Kh., Badrtdinova I.I., Vadulina N.V. Analiz sostoyaniya promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov s uchetom neopredelennosti izmerenii [Analysis of the State of Industrial Safety of Hazardous Production Facilities, Taking into Account the Uncertainty of Measurements]. *Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syr'ya – Transport and Storage of Oil Products and Hydrocarbons*, 2018, No. 2, pp. 49-54. [in Russian].

12. Kunelbayev M.M., Gaisin E.Sh., Repin V.V., Galiullin M.M., Abdrakhmanova K.N. Heat Absorption by Heat-Transfer Agent in a Flat Plate Solar Collector. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2017, Vol. 115, No. 3, pp. 561-575.

13. Fedosov A.V., Kozlova A.V., Fedosov V.A., Basyrova A.R. Mesto neopredelennosti izmerenii pri analize sostoyaniya promyshlennoi bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov [Place of Measurement Uncertainty in the Analysis of Industrial Safety of Hazardous Production Facilities]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2018, No. 3, pp. 80-97. [in Russian].

14. .Sekerin V.D., Gaisina L.M., Shutov N.V., Abdrakhmanov N.Kh., Valitova N.E. Improving the Quality of Competence-Oriented Training of Personnel at Industrial Enterprises. *Quality – Access to Success*, 2018, Vol. 19, No. 165, pp. 68-73.

15. Fedosov A.V., Akhmetova D.D., Galeeva A.F. Kolichestvennyi analiz riska na opasnom proizvodstvennom ob"ekte [Quantitative Risk Analysis at a Hazardous Production Facility]. *Materialy XI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Pozharnaya i avariinaya bezopasnost'»* [Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference «Fire and Emergency Safety»]. Ivanovo, 2016. pp. 184-187. [in Russian].

16. Abdrakhmanov N.Kh., Davletov V.M., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N. Povyszenie bezopasnosti ekspluatatsii gazoprovodov [Improving the Safety of Gas Pipelines Operation]. *Neftegazovoe delo – Petroleum Engineering*, 2016, Vol. 14, No. 3, pp. 183-187. [in Russian].

17. Kuskil'din R.A., Abdrakhmanov N.Kh., Zakirova Z.A., Yalalova E.F., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V. Sovremennye tekhnologii dlya provedeniya proizvodstvennogo kontrolya, povyshayushchie uroven' promyshlennoi bezopasnosti na ob'ektakh neftegazovoi otrasli [Modern Technologies for Operation Control Monitoring Increasing Industrial Safety Level on Oil and Gas Industry Objects]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2017, No. 2 (108), pp. 111-120. [in Russian].

18. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaisin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact through Forecasting the Occupational Risks. *Man in India*, 2017, Vol. 97, No. 20, pp. 495-511.

19. Kolesnikov E.Yu., Telyakov E.Sh. Kachestvennyi i kolichestvennyi etapy otsenki neopredelennosti avariinogo riska [The Qualitative and Quantitative Stages of the Evaluation of the Uncertainty of Disaster Risk]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Herald of Technological University*, 2014, Vol. 17, No. 23, pp. 424-427. [in Russian].

20. Kolesnikov E.Yu. Kachestvennyi analiz neopredelennosti pozharnogo riska. Stsenarii avarii «pozhar proliva rastvoritelya» [Qualitative Analysis of Fire Risk Uncertainty. Crash Scenario «The Fire of the Strait of Solvent»]. *Problemy analiza riska – Issues of Risk Analysis*, 2014, Vol. 11, No. 1, pp. 74-91. [in Russian].

21. Fedosov A.V., Akhmetova D.D., Galeeva A.V., Prokhorov A.E. Kolichestvennyi analiz riska avarii na opasnom proizvodstvennom ob'ekte [Quantitative Analysis of the Risk of an Accident at a Hazardous Production Facility]. *Vestnik molodogo uchenogo UGNTU – Bulletin of the USPTU Young Scientist*, 2016, No. 4 (8), pp. 14-19. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Федосов Артем Васильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Artem V. Fedosov, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Industrial Safety and Labor Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

email: fedsv-artem@rambler.ru

Бадртдинова Ильзида Илсуровна, студент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Ilzida I. Badrtdinova, Student of Industrial Safety and Labor Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: b.ilzida99@mail.ru

Абдрахманова Карина Наилевна, магистрант кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Karina N. Abdrakhmanova, Under-graduate Student Industrial Safety and Labor Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: akarinan@mail.ru

Валекжанин Дмитрий Юрьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Dmitrij Yu. Velekzhanin, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Industrial Safety and Labor Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: unimix@mail.ru