

УДК 621.642.88

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ
ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ
СИТУАЦИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПАСНЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**RESEARCH AND THE ANALYSIS OF NOT STATIONARITY OF
EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF POTENTIALLY
DANGEROUS SITUATIONS AT OPERATION OF HAZARDOUS
PRODUCTION FACILITIES**

**Абдрахманов Н.Х., Шутов Н.В., Абдрахманова К.Н.,
Ворохобко В.В., Шайбаков Р.А.**

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация.**

**ОАО «Салаватский химический завод», г. Салават, Российская
Федерация.**

**N.KH. Abdrakhmanov, N.V. Shutov, K.N. Abdrakhmanova,
V.V. Vorohobko, R.A. Shaybakov**

**FSBEI NPE “Ufa State Petroleum Technological University”, Ufa,
the Russian Federation.**

JSC “Salavatsky Himicheskiy Zavod”, Salavat, the Russian Federation.

e-mail: anailx@mail.ru

Аннотация. Современный уровень методики анализа системных рисков не учитывает нестационарность условий эксплуатации технологического оборудования и нестационарность эксплуатационных рабочих параметров технологических процессов, что приводит к существенному накоплению повреждений в оборудовании и обуславливает во многих случаях неподготовленность служб безопасности предприятий

нефтегазового комплекса к эффективным действиям по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций.

В статье представлены показатели и факторы, приводящие к нестационарности эксплуатации технологических установок и протекающих технологических процессов на предприятиях нефтегазовой отрасли. Самым решающим фактором, влияющим на нестационарность эксплуатации технологических установок, является суточное потребление сырья и загрузка технологических мощностей. При этом возникающая нестационарность рабочих параметров процесса (давление, температура и др.) приводит к существенному накоплению повреждений и, как следствие, к аварийным ситуациям. Вторым важным моментом, влияющим на нестационарность процессов, является качество потребляемого сырья, когда реакцию оборудования отслеживают по коррозионной обстановке.

Для повышения достоверности и эффективности оценки рисков на стадии проектирования и эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО) необходим новый подход, позволяющий учесть нестационарность случайных технологических процессов при идентификации и ранжировании ОПО.

Представлена функциональная схема возможных сценариев развития аварийных ситуаций для типовой технологической установки предприятия, где рассмотрены основные этапы возникновения и развития аварийных ситуаций с учетом нестационарности условий их возникновения. Обоснована необходимость использования методологии управления нестационарными системными рисками для решения задач промышленной безопасности ОПО.

Abstract. Modern level of a technique of the analysis of system risks doesn't consider not stationarity of service conditions of processing equipment and not stationarity of operational working parameters of technological processes that leads to essential accumulation of damages to the equipment and causes in many

cases unpreparedness of security services of the enterprises of an oil and gas complex to effective actions for prevention and elimination of emergencies.

The indicators and factors resulting in not stationarity of operation of technological installations and the proceeding technological processes at the enterprises of oil and gas branch are presented in article. The most decisive factor influencing not stationarity of operation of technological installations is daily consumption of raw materials and loading of technological capacities. Thus the arising not stationarity of working parameters of process (pressure, temperature, etc.) leads to essential accumulation of damages and, as a result, to emergencies. The second important point influencing not stationarity of processes is quality of the consumed raw materials when reaction of the equipment is traced on a corrosion situation.

The new approach allowing to consider not stationarity of casual technological processes at identification and ranging of OPO is necessary for increase of reliability and efficiency of an assessment of risks at a design stage and operation of OPO.

The function chart of possible scenarios of development of emergencies for standard technological installation of the enterprise where the main stages of emergence and development of emergencies taking into account not stationarity of conditions of their emergence are considered is presented. Need of use of methodology of management of non-stationary system risks for the solution of problems of industrial safety of OPO is proved.

Ключевые слова: промышленная безопасность, опасный производственный объект, риски, система управления промышленной безопасностью, нестационарность процессов, идентификации.

Key words: the industrial safety, dangerous production object, risks, control system of industrial safety, not stationarity of processes, identification.

Существующий опыт использования методологии анализа опасностей и их оценки, ограниченный декларативной оценкой опасных ситуаций, зачастую не позволяет учитывать его при принятии оптимальных решений по предупреждению аварийных ситуаций ввиду отсутствия надлежащего организационного и информационного обеспечения по прогнозированию и оперативному раннему распознаванию опасных ситуаций.

Особую актуальность данная проблема приобретает при хранении, транспортировании углеводородных сред и эксплуатации нефтегазового оборудования, когда аварийные ситуации сопровождаются значительными объемами выбросов взрывопожароопасных и токсичных веществ, образующих облака топливно-воздушных смесей, утечки нефтепродуктов и, как следствие, взрывы, пожары, разрушения, разливы и др. Используемые на данный момент методики оценки рисков показывают, что их результаты не учитывают постоянно изменяющийся во времени нестационарный случайный характер производственных процессов и их системные взаимосвязи. Применяемые технологии мониторинга управления рисками при эксплуатации ОПО как статических объектов обладают значительной методической погрешностью, а принятие решений по предупреждению аварийных ситуаций не учитывает случайный нестационарный характер развития аварийных процессов.

Кроме того, решение проблемы предупреждения аварийных ситуаций затрудняется значительными объемами входной диагностической и технологической информации ввиду отсутствия системного подхода к решению многофакторных задач безопасности, отсутствия надлежащих компьютеризированных информационно-управляющих систем мониторинга синергетического риска и соответствующего специального методического и программного обеспечения системы обработки данных, что, естественно, затрудняет принятие оптимальных управляющих решений по своевременному прогнозированию и предотвращению аварийных ситуаций.

По данным проведенного мониторинга методологии анализа рисков при эксплуатации ОПО [1-8], следует подчеркнуть, что проблема учета нестационарности технологических процессов при решении задач управления минимизацией рисков в нефтегазовом комплексе ранее в России не рассматривалась.

Практически реализация существующей до настоящего времени недостижимой концепции «абсолютных» показателей опасностей, когда не учитываются нестационарность условий эксплуатации технологического оборудования и нестационарность эксплуатационных рабочих параметров технологических процессов, приводит к существенному накоплению повреждений в оборудовании и обуславливает во многих случаях неподготовленность служб безопасности предприятий нефтегазового комплекса к эффективным действиям по предотвращению и ликвидации аварийных ситуаций.

Данные исследований, приведенные в работах [1-8], показывают, что аварии и инциденты на предприятиях нефтегазового комплекса страны не снижаются.

В приведенной таблице 1 представлены показатели и факторы, приводящие к нестационарности эксплуатации технологических установок и протекающих технологических процессов на предприятиях нефтегазовой отрасли [1,9,10]. Самым решающим фактором, влияющим на нестационарность эксплуатации технологических установок, является суточное потребление сырья и загрузка технологических мощностей. Так например, суточное потребление сырья на отдельных установках может отличаться на 30...35%, что приводит к существенной нестационарности условий работы технологического оборудования. При этом возникающая нестационарность рабочих параметров процесса (давление, температура и др.) приводит к существенному накоплению повреждений и, как следствие, к аварийным ситуациям.

Таблица 1. Оценка опасностей при нестационарной эксплуатации технологических установок ОПО

| № п/п | Уровень системы управления ОПО | Факторы нестационарности при эксплуатации ОПО | Показатели нестационарности |
|-------|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Типовое предприятие нефтегазового комплекса, включая магистральные нефтегазопроводы | Производительность, качество сырья, несущая способность трубопроводов | Динамический диапазон изменения производительности, скорость коррозии |
| 2 | Технологическая установка | Суммарная энергоэффективность | Диапазон изменения материального и экологического ущерба |
| 3 | Потенциально опасный объект | Количественный параметр опасности | Динамический диапазон измерения частоты аварий |
| 4 | Элементы трубопроводных систем | Параметры напряженно-деформированного состояния | Измерение параметров корреляционных моментов |
| 5 | Металлические изделия, сварные швы | Мультифрактальные параметры | Изменение упруго-деформационных свойств и вязкости, вплоть до разрушения металла и сварных швов |

Вторым важным моментом, влияющим на нестационарность процессов, является качество потребляемого сырья, когда реакцию оборудования отслеживают по коррозионной обстановке [1,3,8]. Нестационарность эксплуатационных нагрузок и возникающие вследствие этого усталостные повреждения рассмотрены в работах [1,3,8,11,12].

Анализ результатов исследований показывает существенный динамический диапазон изменения во времени математического ожидания и дисперсии случайных процессов, что подтверждает вывод о нестационарности объекта и параметров эксплуатации, когда функции распределения любого порядка зависят от положения начала отчета времени и задаваемого временного интервала.

Полученные зависимости таких характеристик, как предел прочности, предел текучести, пластические свойства сталей от времени эксплуатации, в т. ч. и характер изменения ударной вязкости в процессе эксплуатации по

данным [11,12], подтверждают выводы о необходимости учета нестационарности при проектировании и эксплуатации ОПО.

Рассматривая нестационарность вероятностных законов токсического воздействия на объектах нефтегазохимических установок, когда при анализе опасности используется стандартный критерий «абсолютного» риска, согласно которому авария с заданными последствиями, например, выброс опасного вещества массой M_{lim} [1], не может считаться приемлемой, когда вероятность выброса превышает определенную постоянную величину технического риска $R_{т}^{lim}$, являющуюся постоянной величиной. Выстраиваемая на основании этого постоянного критерия $R_{т}^{lim}$ система менеджмента риска, включающая комплекс организационно-технических дорогостоящих мероприятий, обеспечивающих снижение риска, будет неэффективной.

Распределения вероятности токсического выброса на ОПО носят также нестационарный характер, а расчет нестационарности концентрации паров ядовитого вещества и времени воздействия при применении стандартного критерия «абсолютного» технического риска может привести к катастрофическим последствиям, включая гибель обслуживающего персонала и заражение окружающей территории, несмотря на принятые дорогостоящие организационно-технические мероприятия (изменение режимов технологических процессов, изменение запасов опасных веществ, введение дополнительных систем мониторинга и защиты и др.) [1].

Следует отметить, что вышеприведенные результаты анализа нестационарности частоты возникновения и сценариев развития аварийных ситуаций подтверждены статистическими данными и теоретическими исследованиями в области управления рисками в атомной энергетике и при катастрофических чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера, когда распределение плотности частот опасных ситуаций носит нестационарный характер и всех их объединяют

причинно-следственные связи, которые необходимо учитывать при прогнозировании аварийных ситуаций и управлении рисками [13].

На основании вышеизложенного для повышения достоверности и эффективности оценки рисков на стадии проектирования ОПО необходим новый подход, позволяющий учесть нестационарность случайных технологических процессов при идентификации и ранжировании ОПО.

Основной задачей идентификации и классификации потенциально опасных технологических объектов является выявление и экспертное описание всех присущих ОПО опасностей. Вместе с тем механизмы возникновения и развития опасных ситуаций имеют сложные сценарии, включающие разные типы аварий. По данным предыдущих исследований выявлено, что наиболее частыми являются пожары (проливы и «огненные шары»), взрывы и выбросы токсических веществ [1,2].

В качестве примера представлена функциональная схема возможных сценариев развития аварийных ситуаций для типовой технологической установки предприятия (рисунок 1), где рассмотрены основные этапы возникновения и развития аварийных ситуаций с учетом нестационарности условий их возникновения при функционировании нефтегазового оборудования с указанием основных причин возникновения аварийных ситуаций [13].

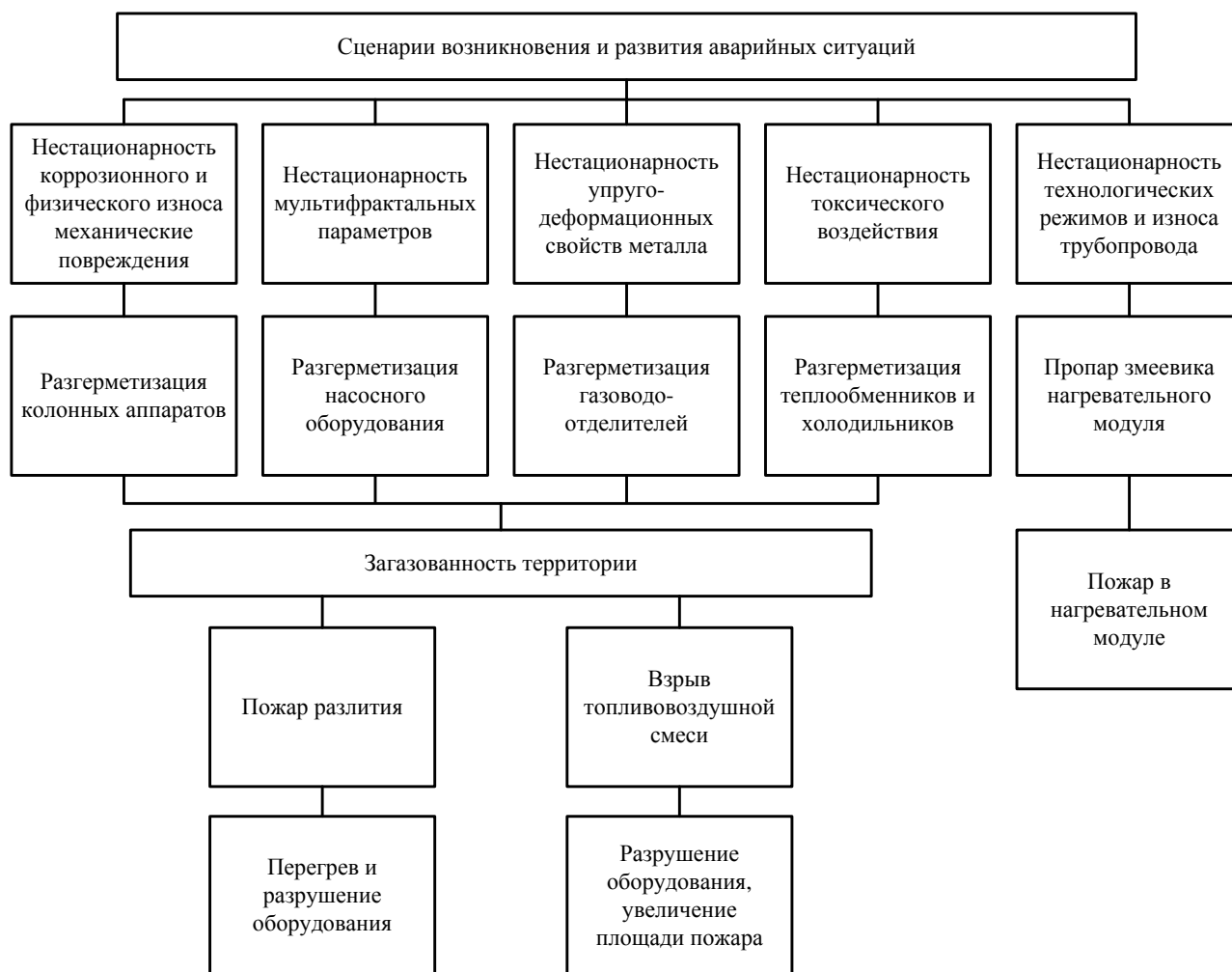


Рисунок 1. Прогноз сценариев возникновения и развития аварийных ситуаций на нефтегазовом оборудовании

Исследование и анализ результатов обследования условий возникновения и развития аварийных ситуаций проведены нами с учетом анализа нестационарности условий возникновения и развития аварийных ситуаций в основных технологических модулях установки ЭЛОУ-АВТ [14,15].

Результаты и выводы

Приведены результаты анализа и исследований нестационарности технологических процессов и технологического оборудования и показана необходимость их учета при проектировании и безопасной эксплуатации ОПО нефтегазового комплекса.

Показана необходимость совершенствования методики оценки синергетического риска и технологии управления минимизацией рисков при решении задач проектирования и эксплуатации ОПО на основе анализа технологических систем (динамических нестационарных систем) с изменяющимися во времени параметрами рисков и постоянно меняющимися во времени нестационарными рисками.

Обоснована необходимость использования методологии управления нестационарными системными рисками для решения задач промышленной безопасности ОПО.

Список используемых источников

1 Козлитин А.М. Развитие теории и методов оценки рисков для обеспечения промышленной безопасности объектов нефтегазового комплекса: дис.... д-ра техн. наук. 05.26.03. / Саратов: СГТУ, 2006. 395 с.

2 Коптев Н.П. Обеспечение безопасности технологических установок нефтепереработки с использованием систем противоаварийной защиты: дис.... канд. техн. наук / Уфа: УГНТУ, 2000. 97 с.

3 Лисанов М.В. Анализ риска в управлении промышленной безопасностью опасных производственных объектов нефтегазового комплекса: дис. ... д-ра техн. наук. 05.26.03. / М., 2002. 247 с.

4 Лисанов М.В., Мартынюк В.Ф. Анализ риска промышленных объектов // Гражданская защита. 1998. № 6. С. 71-73.

5 Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Методическое обеспечение декларирования промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2000. № 7. С. 12-16.

6 Мартынюк, В. Ф. Методология применения анализа риска в целях обеспечения промышленной безопасности на объектах нефтегазового комплекса [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03. / Уфа, 2009. 328 с.

7 Мартынюк В. Ф. Возможности создания банков данных по авариям и инцидентам в нефтегазовом комплексе // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2007. № 4. С. 48-52.

8 Чиркова А.Г. Иерархическая система оценки безопасной эксплуатации оборудования для переработки нефти : дис...д-ра. техн. наук. 05.26.03 / Уфа, 2005. 308 с.

9 Абдрахманов Н.Х., Шайбаков Р.А., Байбурин Р.А. Роль анализа причин аварий на объектах нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств в оценке уровня рисков // Нефтегазовое дело: науч.-техн. журн. / УГНТУ. 2008. Т. 6. № 1. С.189-190.

10 Абдрахманов Н.Х., Шавалеев Д.А. Управление промышленной и экологической безопасностью объектов нефтепереработки и нефтехимии на основе анализа рисков // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2013. № 3. С. 5-9.

11 Чиркова, А.Г., Симарчук А.С., Кинев С.А. Определение напряженно-деформированного состояния сварных соединений / Машиностроитель: 2003. № 11. С. 16-18.

12 Чиркова, А.Г., Авдеева Л.Г., Симарчук А.С. Деформирование сварных соединений труб печей пиролиза / Башкирский химический журнал. 2003. Т. 10. № 1. С. 20-21.

13 Абдрахманов Н.Х. Научно-методические основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов нефтегазового комплекса на основе управления системными рисками: дис... д-ра техн. наук: 05.26.03 / Уфа: ГУП «Иптэр», 2014. 267 с.

14 Абдрахманов Н.Х., Шайбаков Р.А. Автоматизированная система управления рисками // Актуальные вопросы разработки нефтегазовых месторождений на поздних стадиях. Технологии. Оборудование. Безопасность. Экология: материалы науч.-практ. конф.(26-27 мая 2010 г) Уфа: УГНТУ, 2010. С. 214-218.

15 Шавалеев Д.А., Абдрахманов Н.Х. Управление промышленной безопасностью объектов топливно-энергетического комплекса на основе анализа и мониторинга рисков // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2012. № 6. С. 435-441. URL: http://www.ogbus.ru/authors/ShavaleevDA/ShavaleevDA_1.pdf.

References

1 Kozlitin A.M. Razvitie teorii i metodov ocenki riskov dlja obespechenija promyshlennoj bezopasnosti ob'ektov neftegazovogo kompleksa: dis.... d-ra tehn. nauk. 05.26.03. / Saratov: SGTU, 2006. 395 s. [in Russian].

2 Koptev N.P. Obespechenie bezopasnosti tehnologicheskikh ustanovok neftepererabotki s ispol'zovaniem sistem protivooavarijnoj zashhity: dis.... kand. tehn. nauk / Ufa: UGNTU, 2000. 97 s. [in Russian].

3 Lisanov M.V. Analiz riska v upravlenii promyshlennoj bezopasnost'ju opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazovogo kompleksa : dis. ... d-ra tehn. nauk. 05.26.03. M., 2002. 247 s. [in Russian].

4 Lisanov M.V., Martynjuk V.F. Analiz riska promyshlennyh ob'ektov // Grazhdanskaja zashhita. 1998. № 6. S. 71-73. [in Russian].

5 Lisanov M.V., Pecherkin A.S., Sidorov V.I. Metodicheskoe obespechenie deklarirovanija promyshlennoj bezopasnosti // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2000. № 7. S. 12-16. [in Russian].

6 Martynjuk, V. F. Metodologija primenenija analiza riska v celjah obespechenija promyshlennoj bezopasnosti na ob'ektah neftegazovogo kompleksa [Tekst]: dis. ... d-ra tehn. nauk: 05.26.03 / Ufa, 2009. 328 s. [in Russian].

7 Martynjuk V. F. Vozmozhnosti sozdaniya bankov dannyh po avarijam i incidentam v neftegazovom komplekse // Upravlenie kachestvom v neftegazovom komplekse. 2007. № 4. S. 48-52. [in Russian].

8 Chirkova A.G. Ierarhicheskaja sistema ocenki bezopasnoj jekspluatacii oborudovanija dlja pererabotki nefi : dis...d-ra. tehn. nauk. 05.26.03 / Ufa, 2005. 308 s. [in Russian].

9 Abdrahmanov N.H., Shajbakov R.A., Bajburin R.A. Rol' analiza prichin avarij na ob'ektah neftehimicheskikh i neftepererabatyvajushhikh proizvodstv v ocenke urovnja riskov // Neftegazovoe delo: nauch.-tehn. zhurn. / UGNTU. 2008. T. 6. № 1. S.189-190. [in Russian].

10 Abdrahmanov N.H., Shavaleev D.A. Upravlenie promyshlennoj i jekologicheskaj bezopasnost'ju ob'ektov neftepererabotki i neftehimii na osnove analiza riskov // Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse. 2013. № 3. S. 5-9. [in Russian].

11 Chirkova, A.G., Simarchuk A.S., Kinev S.A. Opredelenie naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija svarnyh soedinenij / Mashinostroitel': 2003. № 11. S. 16-18. [in Russian].

12 Chirkova, A.G., Avdeeva L.G., Simarchuk A.S. Deformirovanie svarnyh soedinenij trub pechej piroliza / Bashkirskij himicheskij zhurnal. 2003. T. 10. № 1. S. 20-21. [in Russian].

13 Abdrahmanov N.H. Nauchno-metodicheskie osnovy obespechenija bezopasnoj jekspluatacii opasnyh proizvodstvennyh ob'ektov neftegazovogo kompleksa na osnove upravlenija sistemnymi riskami: dis... d-ra tehn. nauk: 05.26.03 / Ufa: GUP «Iptjer», 2014. 267 s. [in Russian].

14 Abdrahmanov N.H., Shajbakov R.A. Avtomatizirovannaja sistema upravlenija riskami // Aktual'nye voprosy razrabotki neftegazovyh mestorozhdenij na pozdних stadijah. Tehnologii. Oborudovanie. Bezopasnost'. Jekologija: materialy nauch.-prakt. konf.(26-27 maja 2010 g) Ufa: UGNTU, 2010. S. 214-218. [in Russian].

15 Shavaleev D.A., Abdrahmanov N.H. Upravlenie promyshlennoj bezopasnost'ju ob'ektov toplivno-jenergeticheskogo kompleksa na osnove analiza i monitoringa riskov // Neftegazovoe delo: jelektronnyj nauchnyj zhurnal. 2012. № 6. S. 435-441. URL: http://www.ogbus.ru/authors/ShavaleevDA/ShavaleevDA_1.pdf. [in Russian].

Сведения об авторах

About authors

Абдрахманов Н.Х., д-р техн. наук, доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация.

N.KH. Abdrakhmanov, Doktor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair “Fire and Industrial Safety”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation.

e-mail: anailx@mail.ru

Шутов Н.В., канд. техн. наук, председатель предметной комиссии «Защита в чрезвычайных ситуациях» кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

N.V. Shutov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair “Fire and Industrial Safety”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Абдрахманова К.Н., студентка, группа БМР-12-01 кафедры «Технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВПО УГНТУ г. Уфа, Российская Федерация

Abdrakhmanova K.N., Student of BIS-12-01 Group of the Chair “Technological Machinery and Equipment” FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Ворохобко В.В., студент, группа БМР-12-01 кафедры «Технологические машины и оборудование», ФГБОУ ВПО УГНТУ г. Уфа, Российская Федерация

Vorohobko V.V., Student of BIS-12-01 Group of the Chair “Technological Machinery and Equipment”, FSBEI HPE USPTU, Ufa, the Russian Federation

Шайбаков Р.А., канд. техн. наук, генеральный директор ОАО «Салаватский химический завод», г. Салават, Российская Федерация

R.A. Shaybakov, Candidate of Engineering Sciences, General Manager JSC “Salavatsky Himicheskiy Zavod”, Salavat, the Russian Federation

e-mail: rashaibakov@mail.ru