

В. А. Острейковский, Н. А. Соловьев, Е. Н. Шевченко

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ<sup>1</sup>

V. A. Ostreykovskiy, N. A. Solov'ev, E. N. Shevchenko

### ANALYSIS OF THE STATUS OF PROVIDING OPERABILITY OF COMPRESSOR STATIONS OF THE GAS PIPELINE AT THE STAGE OF OPERATION

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Целью данной статьи является анализ состояния исследований и работ в области техногенного риска применительно к компрессорным станциям магистральных газопроводов. *Методы.* Приведена оценка правового и нормативно-технического обеспечения промышленной безопасности магистральных трубопроводов транспорта газа Российской Федерации, современного состояния аварийности на компрессорных станциях магистральных газопроводов РФ, США и Канады, основных принципов формирования системы мониторинга и прогнозирования возникновения аварийных ситуаций на компрессорных станциях магистральных газопроводов. *Результаты и выводы.* Приведены результаты анализа качества предоставляемой информации по произошедшим авариям и инцидентам в надзорные органы РФ, США и Канады, по которым необходимо проводить оценку техногенного риска на объектах компрессорных станций.

**Ключевые слова:** компрессорная станция, авария, риск аварии, механическое воздействие, брак строительства и изготовления, конструктивный недостаток, коррозия, износ оборудования.

**Abstract.** The purpose of this article is to analyze the status of research and publications in the field of technogenic risk in relation to compressor stations at gas pipelines. Conducted assessment of legal and normative-technical support of industrial safety of trunk pipeline transport of Russian gas, the current status of accidents at compressor stations of the Russian Federation, the United States and Canada, basic principles of formation of system of monitoring and forecasting of emergency situations at compressor stations. The analysis of the quality of information on past accidents and incidents to the Supervisory authorities of the Russian Federation, the USA and Canada, which is necessary to assess technogenic risks at the facilities of compressor stations.

**Key words:** compressor station, accident, risk of accident, mechanical impact, flaw of construction and production, constructive lack, corrosion depreciation of the equipment.

### Введение

Широкое применение риск-ориентированного подхода базируется на использовании различных методик расчета риска реализации аварийных сценариев, как на линейной части, так и на объектах компрессорных станций (КС). Однако следует отметить, что методики расчета риска на КС проработаны значительно меньше, чем аналогичные методики на линейной части магистральных газопроводов (МГ). В частности, не определены факторы, влияющие на вероятность отказа того или иного технологического оборудования КС, не определены критерии изменения риска отказа технологического оборудования в зависимости от степени его изношенности, качества эксплуатации и других влияющих на надежность факторов эксплуатации.

Целью данной статьи является анализ состояния исследований и работ в области техногенного риска применительно к компрессорным станциям магистральных газопроводов.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-01-00244).

## Правовое и нормативно-техническое обеспечение промышленной безопасности магистрального трубопроводного транспорта газа Российской Федерации

В настоящее время в Российской Федерации сформирован необходимый комплекс законодательной, нормативной и научно-технической документации по обеспечению безопасности объектов системы магистральных газопроводов при возникновении чрезвычайных и аварийных ситуаций (рис.1).

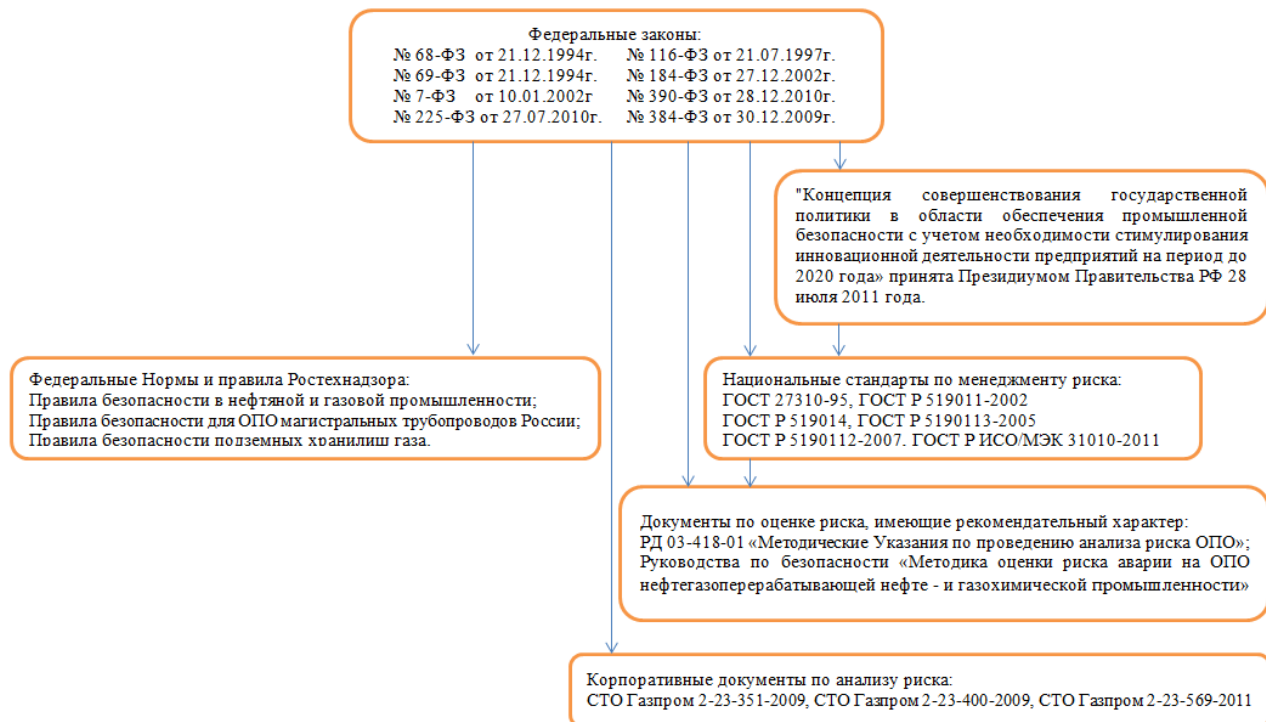


Рис. 1. Схема правового обеспечения промышленной безопасности МГ

Риск-ориентированный подход к обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов базируется на анализе видов и последствий отказов, которые в свою очередь базируются на совокупности статистических и масштабности последствий аварии на объекте. Проведенный анализ широкого обсуждения применения риск-ориентированного подхода в научной сфере, например [1–4, 14–16], в том числе дискуссий о приемлемых критериях риска [5–8], показывает, что при внедрении указанного метода в управление промышленной безопасностью и техническое регулирование на объектах нефтегазового комплекса возникают значительные проблемы, решение которых зачастую невозможно в рамках существующей базы нормативной и нормативно-технической документации.

В рамках выполнения норм Закона РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» в ОАО «Газпром» разработаны следующие документы по анализу риска:

- СТО Газпром 2-2.3-351-2009. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром»;
- СТО Газпром 2-2.3-400-2009. Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром»;
- СТО Газпром 2-2.3-569-2011. Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа.

Величина риска – количественная мера безопасности. В основе оценки риска лежит определение вероятности возникновения нежелательного события и его последствий.

## Современное состояние аварийности на КС Российской Федерации, США и Канаде

Аварийные ситуации на компрессорных станциях магистральных газопроводов, кроме экономического ущерба от простоя, потерь газа и немалых затрат на ликвидацию аварий, создают значи-

тельную угрозу для окружающей среды. Анализ статистики аварийности и причин, вызывающих аварии на площадочных сооружениях магистральных газопроводов, является важнейшим этапом формирования системы обеспечения безопасности таких объектов.

Для выявления тенденций в аварийности на площадочных сооружениях, в том числе с требованиями по обеспечению промышленной безопасности, была проанализирована информация доступных баз данных аварий и чрезвычайных ситуаций на площадочных сооружениях магистральных газопроводов Российской Федерации, Канады и США [9–13].

В указанных государствах сбор данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта осуществляется на государственном уровне в соответствии с национальным законодательством: в США – Бюро трубопроводной безопасности Управления по безопасности трубопроводов и опасным материалам (Office of Pipeline Safety under the Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration – OPS PHMSA ([www.phmsa.dot.gov](http://www.phmsa.dot.gov)) Министерства транспорта, в Канаде – Департамент безопасности на транспорте Канады (Transportation Safety Board of Canada ([www.tsb.gc.ca](http://www.tsb.gc.ca)), в России – Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор ([www.gosnadzor.ru](http://www.gosnadzor.ru))).

Для сопоставления данных по количеству аварий необходимо оценить различия в определении понятия «авария» и какие события к ней относятся:

Канада:

- все утечки газа независимо от объема;
- утечки нефти и нефтепродуктов не менее  $1,5 \text{ м}^3$ ;
- эксплуатация трубопровода с нарушением предельных проектных параметров, установленных законодательством;

США:

- наличие выброса высокоопасной жидкости свыше 5 баррелей ( $0,8 \text{ м}^3$ ) или других жидкостей свыше 50 баррелей ( $8 \text{ м}^3$ );
- оцененный ущерб превышает 50 000 долл. США;
- наличие смертельно травмированных людей или получение травм требующих госпитализации;
- выброс вещества сопровождающийся взрывом или пожаром;

Российская Федерация:

- объем утечки более  $10 \text{ м}^3$  жидкости / более  $10\,000 \text{ м}^3$  газа;
- смертельное травмирование / травмирование с потерей трудоспособности;
- воспламенение опасной жидкости или взрыв ее паров / взрыв или воспламенение газа;
- повреждение или разрушение других объектов;
- загрязнение водных объектов.

В Канаде транспортом природного газа занимаются 66 компаний, объем транспорта в 2013 г. составил 163 млрд кубических метров природного газа, общая длина газопроводов – 55 972 км.

Магистральные газопроводы Канады характеризуются высоким уровнем безопасности и низкой удельной аварийностью. По данным работы [11], удельная аварийность на магистральных газопроводах Канады составляет 0,11 аварий в год на 1000 км, для сравнения, удельная аварийность на магистральных газопроводах в России составляет 0,13, удельная аварийность в США – 0,14, Европы – 0,14.

Система трубопроводного транспорта природного газа в США является крупнейшей в мире, общая длина транспортных газопроводов без учета коллекторных и распределительных сетей составила на 2013 г. 298 233 мили (около 480 тыс. км), общее число операторов газопроводов составляет около 1100 компаний.

В Российской Федерации находятся в эксплуатации более 280 КС МГ, около 800 КЦ, порядка 4000 ГПА.

Ввиду нехватки открытой отечественной статистики возникает потребность в использовании «внешних» зарубежных источников статистической информации. Однако без установления и обоснования критериев подобия оценка аварийности на основе зарубежных данных представляется недостоверной.

Статистика аварий и инцидентов на КС Канады, США, РФ представлена в табл. 1.

Таблица 1

## Аварии на КС магистральных газопроводах Канады, США, РФ

| Год                          | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Аварии на КС Канада          | 1    | 0    | 4    | 2    | 2    | 3    | 5    | 0    | 3    | 4    | 2    | 0    | 0    | 0    |
| Аварии (инциденты) на КС США | 8    | 13   | 11   | 6    | 10   | 17   | 14   | 27   | 29   | 29   | 35   | 44   | 45   | 38   |
| Аварии на КС РФ              | –    | –    | –    | –    | –    | 1    | 1    | 1    | 0    | 0    | 1    | 0    | 1    | 1    |

В условиях статистического «голода» для определения вероятности аварий могут быть применены подходы, описанные в работах [14–16].

Рассматривая аварии на компрессорных станциях в нашей стране, основными факторами возникновения аварий на КС МГ являются следующие:

- наличие большого числа арматуры, тройников, переходников, фасонных частей, мест с усложненной технологией изготовления и проведения СМР, ухудшенного контроля качества сварных швов, с повышенной концентрацией напряжений;
- наличие значительного числа переходов трубопроводов из подземного положения в надземное, являющихся местами повышенной коррозионной активности и концентрации напряжений;
- сложная пространственная прокладка надземных трубопроводов обвязки (ТПО) компрессорных агрегатов с большим числом жестких и скользящих опор, сочетающаяся со значительными переменными температурными и газодинамическими (вибрационными) нагрузками со стороны нагнетателя.

Основные причины, приведшие к авариям на КС РФ за период 2009–2017 гг. [13], приведены в табл. 3.

Таблица 3

## Причины аварий на компрессорных станциях РФ за период 2009–17 г.

| Год аварии (инцидента) | Кол-во аварий | Тип события               | Место аварии (инцидента)                              | Причина                                                                                               | Сопутствующие причины                      |
|------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 2009                   | 1             | Инцидент (крупная утечка) | ТПО ГПА Ду720*11,3                                    | Недопустимые дефекты по кольцевому сварному соединению                                                | Просадка ТПО                               |
| 2010                   | 1             | Авария                    | Выходной шлейф Д1420*18,7                             | КРН                                                                                                   | В месте расположения отводов               |
| 2011                   | 1             | Авария                    | Межцоховая перемычка Д1020*15,2                       | Недопустимые дефекты по кольцевому сварному соединению                                                |                                            |
| 2014                   | 1             | Авария                    | Узел подключения, Д1420                               | Применение электродов с низким классом прочности. Охрупчивание металла кольцевого сварного соединения | Допустимые дефекты, повышенный уровень НДС |
| 2016                   | 1             | Авария                    | Узел подключения, Д530                                | Механическое повреждение (задир) металла стенки трубы                                                 |                                            |
| 2017                   | 1             | Авария                    | Узел подключения, трубопровод импульсного газа Д159*6 | Заводские дефекты трубы (риски, утонение стенки)                                                      |                                            |

По опыту эксплуатации объектов КС одного из газотранспортного общества в Западной Сибири наиболее нагруженными элементами ТПО КЦ являются угловые сварные соединения, по которым преимущественно и происходят инциденты (отказы) с разгерметизацией газопроводов [17].

Указанные инциденты по разным причинам не фиксируются на государственном уровне в РФ, что является ограничением при оценке риска по статистическим данным [18].

По результатам обследований делается вывод, что причинами отказов явились:

- брак, допущенный при строительно-монтажных работах (недопустимые катеты, перегрев тонкой стенки патрубка, подрезы и наплывы);
- остаточные сварочные напряжения (не устраненные из-за отсутствия термообработки при СМР, тройниковых соединений, работающих в условиях вибрации);
- внешние нагрузки, такие как вибрация и появление дополнительных механических напряжений по причине температурной деформации и заземления, механические характеристики металла сварного шва;
- снижение характеристик трещиностойкости по причине достижения отрицательных температур в момент дросселирования газа.

### **Основные принципы формирования системы мониторинга и прогнозирования возникновения аварийных ситуаций на КС МГ**

Одним из недостатков существующего на данный момент нормативно-технического обеспечения безопасности КС МГ является подход, при котором обеспечение безопасности трубопроводного транспорта рассматривается преимущественно на стадии эксплуатации. В соответствии с данным подходом считается, что безопасность опасного производственного объекта на стадии эксплуатации обеспечена, если соблюдаются все требования нормативно-технических документов и требований.

Несмотря на большое количество нормативной и регламентирующей документации, которая определяет порядок расчетов и проектирования компрессорных станций магистральных газопроводов, вопрос построения модели взаимодействия проекта компрессорной станции с окружающей средой в различных климатических условиях, в том числе сложных, а также при различных социально-экономических условиях требует детальной проработки.

### **Выводы и рекомендации**

Анализ законодательной и нормативной базы, которая используется при проектировании, строительстве и эксплуатации КС магистральных газопроводов, по проблемам промышленной безопасности и чрезвычайным ситуациям показывает:

1. Несмотря на наличие нормативных документов в области обеспечения промышленной безопасности и охраны окружающей среды, складывается убеждение, что недостаточно определены основы построения системы управления деятельностью трубопроводных компаний по предупреждению чрезвычайных ситуаций в процессе реализации проектов.
2. Проект компрессорной станции магистрального газопровода целесообразно рассматривать как сложную организационно-техническую систему, которая включает в себя этапы проектирования, строительства и эксплуатации всех видов ресурсов (временных, трудовых, финансовых и материально-технических), а также процесс принятия и исполнения управленческих решений. Такая система имеет в наличии также ряд ограничений и правил взаимодействия ее элементов, которые включают в себя продолжительность, интенсивность, последовательность, совмещение, надежность и безопасность для повышения показателей эффективности.
3. Основой в системе предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций является разработка мероприятий по обеспечению безопасной реализации проекта и минимизации влияния негативных последствий наступления опасных событий.
4. Для всестороннего исследования проблемы прогнозирования возникновения аварийных ситуаций на КС МГ необходимо разработать такие модели и алгоритмы возникновения и развития аварийной ситуации на оборудовании КС, которые с достаточной степенью точности будут описывать явления, происходящие в системе обеспечения безопасности и безаварийной эксплуатации оборудования КС.
5. Для решения практических задач необходимо разработать такие методики, которые, будучи направлены на прогнозирование аварийных ситуаций, обеспечат снижение риска АС для всего жизненного цикла КС МГ.

6. В целом существующая система нормативной и правовой документации рассматривает риск-ориентированный подход как основной в обеспечении промышленной безопасности КС МГ, тенденции развития будут направлены на углубление применения риск-ориентированных методов и постепенный отказ от директивно установленных норм и правил ПБ.

7. Анализируя статистику аварий на компрессорных станциях магистральных газопроводов США, РФ и Канады, следует отметить, что аварии и инциденты на компрессорных станциях и прочих площадочных сооружениях являются довольно характерными для систем транспорта природного газа РФ, Канады и США и являются постоянными источниками техногенного риска.

Таким образом, на КС наиболее подвержены авариям сварные соединения трубопроводов обвязки КС.

### Библиографический список

1. Ревазов, А. М. Пути минимизации риска при разработке и реализации инвестиционных проектов строительства магистральных трубопроводов / А. М. Ревазов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 6. – С. 118.
2. Лисанов, М. В. О техническом регулировании и критериях приемлемого риска / М. В. Лисанов // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 5. – С. 11–14.
3. Гражданкин, А. И. К риск-ориентированной промбезопасности / А. И. Гражданкин // Контроль качества продукции. – 2012. – № 7. – С. 18–23.
4. Лисанов, М. В. О регулировании промышленной безопасности по количественным критериям допустимого риска / М. В. Лисанов, Е. В. Ханин, С. И. Сумской // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – № 12. – С. 54–62.
5. Елохин, А. Н. Проблема выбора критериев приемлемого риска / А. Н. Елохин, А. А. Елохин // Проблемы анализа риска. – 2004. – Т. 1, № 2. – С. 138–145.
6. Трбоевич, В. М. Критерии риска в странах ЕС / В. М. Трбоевич // Проблемы анализа риска. – 2004. – Т. 1, № 2. – С. 106–115.
7. Гражданкин, А. И. Критерии приемлемого риска / А. И. Гражданкин // Безопасность труда в промышленности. – 2007. – № 6. – С. 69.
8. Лисанов, М. В. О критериях приемлемого риска аварий на опасных производственных объектах химического и нефтегазового комплекса / М. В. Лисанов, С. Н. Буйновский // Безопасность труда в промышленности. – 2009. – № 3. – С. 76–78.
9. Леонович, И. А. Анализ аварийности на компрессорных станциях магистральных газопроводов / И. А. Леонович, А. М. Ревазов // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И. М. Губкина. – 2014. – № 2 (275). – С. 26–33.
10. Лисанов, М. В. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта / М. В. Лисанов, А. В. Савина, Е. А. Самусева, Д. В. Дегтярев // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 7. – С. 16–22.
11. Pipeline occurrence data from January 2004 [Transportation Safety Board of Canada]. – URL: <http://tsb.gc.ca/eng/stats/pipeline/index-ff.asp> (дата обращения 30.11.2017).
12. PHMSA incident report [US DOT Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration]. – URL: <https://hip.phmsa.dot.gov/analyticsSOAP/saw.dll?Portalpages> (дата обращения 30.11.2017).
13. Годовые отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору [Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору]. – URL: [www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (дата обращения 29.11.2017).
14. Острейковский, В. А. Теория техногенного риска: математические методы и модели : монография / В. А. Острейковский. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2013. – 320 с.
15. Острейковский, В. А. Математические модели оценки техногенного риска сложных систем на основе распределения Эрланга / В. А. Острейковский, А. С. Павлов // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 1. – С. 99–116. – URL: <http://nikas.pnzgu.ru/nikss14116>
16. Острейковский, В. А. Анализ моделей распределения характеристик техногенного риска по статистическим данным аварий и катастроф сложных критически важных объектов / В. А. Острейковский, Е. Н. Шевченко // Надежность и качество сложных систем. – 2015. – № 2 (10). – С. 3–12.
17. Соловьев, Н. А. О промышленной безопасности компрессорной станции транспорта газа / Н. А. Соловьев, С. Я. Аронов, В. А. Острейковский // Север России: Стратегии и перспектива развития : материалы III Всерос. науч.-практ. конф. (г. Сургут, 26 мая 2017 г.) : в 3 т. – Сургут : ИЦ СурГУ, 2017. – Т. II. – С. 94–99.
18. Острейковский В. А. Анализ состояния обеспечения работоспособности компрессорных станций магистральных газопроводов на этапе эксплуатации / В. А. Острейковский, Н. А. Соловьев, Е. Н. Шевченко // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2018. – Т. 1. – С. 61–64.

## References

1. Revazov A. M. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenij. Neft' i gaz* [News of higher educational institutions. Oil and gas]. 1997, no. 6, p. 118.
2. Lisanov M. V. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Labor safety in industry]. 2004, no. 5, pp. 11–14.
3. Grazhdankin A. I. *Kontrol' kachestva produktsii* [Product quality control]. 2012, no. 7, pp. 18–23.
4. Lisanov M. V., Khanin E. V., Sumskoy S. I. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational safety in industry]. 2012, no. 12, pp. 54–62.
5. Elokhin A. N., Elokhin A. A. *Problemy analiza riska* [Problems of risk analysis]. 2004, vol. 1, no. 2, pp. 138–145.
6. Trbojevich V. M. *Problemy analiza riska* [Problems of risk analysis]. 2004, vol. 1, no. 2, pp. 106–115.
7. Grazhdankin A. I. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Labor safety in industry]. 2007, no. 6, p. 69.
8. Lisanov M. V., Buynovskiy S. N. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Labor Safety in Industry]. 2009, no. 3, pp. 76–78.
9. Leonovich I. A., Revazov A. M. *Trudy Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta nefti i gaza im. I. M. Gubkina* [Works of the Russian State University of Oil and Gas named I. M. Gubkin]. 2014, no. 2 (275), pp. 26–33.
10. Lisanov M. V., Savina A. V., Samuseva E. A., Degtyarev D. V. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational safety in industry]. 2010, № 7, pp. 16–22.
11. *Pipeline occurrence data from January 2004* [Transportation Safety Board of Canada]. Available at: <http://tsb.gc.ca/eng/stats/pipeline/index-ff.asp> (accessed Nov. 30, 2017).
12. *PHMSA incident report* [US DOT Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration]. Available at: <https://hip.phmsa.dot.gov/analyticsSOAP/saw.dll?Portaltalpages> (accessed Nov. 30, 2017).
13. *Annual reports on the activities of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision* [Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision]. Available at: [www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) (accessed Nov. 29, 2017).
14. Ostreykovsky V. A. *Teoriya tekhnogenogo riska: matematicheskie metody i modeli: monografiya* [The Theory of Technogenic Risk: Mathematical Methods and Models: monograph]. Surgut: IC SurGU, 2013, 320 p.
15. Ostreykovsky V. A., Pavlov A. S. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and Quality of Complex Systems]. 2016, no. 1, pp. 99–116. Available at: <http://nikas.pnzgu.ru/nikss14116>
16. Ostreykovsky V. O., Shevchenko E. N. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems]. 2015, no. 2 (10), pp. 3–12.
17. Soloviev N. A., Aronov S. Ya., Ostreykovsky V. A. *Sever Rossii: Strategii i perspektiva razvitiya : materialy III Vseros. nauch.-prakt. konf. (g. Surgut, 26 maya 2017 g.): v 3 t.* [North of Russia: Strategies and Development Perspective: materials of the III All-Russian Scientific and Practical Conference (Surgut, May 26, 2017): in 3 tons]. Surgut : ITs SurGU, 2017, vol. II, pp. 94–99.
18. Ostreykovsky V. O., Soloviev N. A., Shevchenko E. N. *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo* [Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality]. 2018, vol. 1, pp. 61–64.

**Острейковский Владислав Алексеевич**

доктор технических наук, профессор,  
кафедра информатики и вычислительной техники,  
Сургутский государственный университет  
(628412, Россия, г. Сургут, ул. Ленина, 1)  
E-mail: ostreykovsky\_va@surgu.ru

**Соловьев Николай Александрович**

аспирант,  
Сургутский государственный университет  
(628412, Россия, г. Сургут, ул. Ленина, 1)  
E-mail: solonick1@yandex.ru

**Шевченко Елена Николаевна**

кандидат физико-математических наук, доцент,  
кафедра информатики и вычислительной техники,  
Сургутский государственный университет  
(628412, Россия, г. Сургут, проспект Ленина, 1)  
E-mail: elenan\_27@mail.ru

**Ostreykovsky Vladislav Alekseevich**

doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of informatics and computer science,  
Surgut State University  
(628412, 1 Lenin street, Surgut, Russia)

**Soloviev Nikolay Alexandrovich**

postgraduate student,  
Surgut State University  
(628412, 1 Lenin street, Surgut, Russia)

**Shevchenko Elena Nikolaevna**

candidate of physical and mathematical sciences,  
associate professor,  
sub-department of informatics and computer science,  
Surgut State University  
(628412, 1 Lenin street, Surgut, Russia)

УДК 621.039+622.692

Острейковский, В. А.

**Анализ состояния обеспечения работоспособности компрессорных станций магистральных газопроводов на этапе эксплуатации** / В. А. Острейковский, Н. А. Соловьев, Е. Н. Шевченко // Надежность и качество сложных систем. – 2018. – № 3 (23). – С. 32–39. – DOI 10.21685/2307-4205-2018-3-5.