

Нефтегазовое дело. 2023. № 2. С. 36–49. ISSN 1813-503X (online)
Oil and Gas Business. 2023. No. 2, P. 36–49. ISSN 1813-503X (online)

Научная статья

УДК 629.039.58

doi <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-36-49>

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАГИРОВАНИЯ
НА ГАЗОНЕФТЕВОДОПРОЯВЛЕНИЯ И ОТКРЫТЫЕ ФОНТАНЫ
ПУТЕМ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ
ЗА ПРОЦЕССОМ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ГАЗОВЫХ
СКВАЖИН**

**Денис Юрьевич Захаров¹, Александр Валентинович Пискунов¹,
Светлана Андреевна Токарева², Ирина Викторовна Климова²**

¹ООО «Газпром ПХГ», Санкт-Петербург, Россия

**²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия**

Автор, ответственный за переписку:

Денис Юрьевич Захаров, nashnex@bk.ru

Аннотация. Нефтегазовая промышленность является одной из важнейших отраслей народного хозяйства. Она отличается от других отраслей топливно-энергетического комплекса высокими капиталовложениями и длительными сроками строительства и эксплуатации. Одна из основных задач в управлении предприятиями газовой отрасли – наиболее эффективное использование капиталовложений, что требует принятия взвешенных решений в управлении нефтегазовыми активами. Предприятия газовой промышленности включают в себя большое количество опасных производственных

объектов, аварии и инциденты на которых являются наиболее опасными как для персонала и населения в целом, так и для самих компаний отрасли. Аварийные ситуации на объектах могут повлечь за собой финансовые и репутационные потери, а также нанести ущерб здоровью и жизни людей, окружающей среде. Поэтому вопрос планирования мероприятий по профилактике и предотвращению, а также локализации и ликвидации последствий аварий считается одним из приоритетных.

Наличие видеонаблюдения на производственных объектах является неотъемлемой частью комплексной системы безопасности. Качественное видеонаблюдение помогает своевременно выявлять отклонения в автоматизированных процессах и принимать меры по ликвидации сбоев и нарушений. Своевременное и быстрое реагирование на нештатные ситуации предупреждает появление аварии, а также предотвращает социально-экономический ущерб.

Авторами было проведено множество исследований в области анализа организации локализации и ликвидации аварийных ситуаций и эффективности реагирования персонала при нештатных и аварийных ситуациях на опасных производственных объектах. Также были проведены исследования систем видеонаблюдения филиалов – Управлений аварийно-восстановительных работ и капитального ремонта скважин – ООО «Газпром ПХГ». ООО «Газпром ПХГ» является единственным оператором 23 подземных хранилищ газа на территории Российской Федерации. Большинство производственных объектов Общества находятся на значительном удалении от населенных пунктов и других объектов инфраструктуры, что увеличивает время реагирования на нештатные ситуации, и как следствие, может повлечь за собой возникновение аварийной и чрезвычайной ситуации. Поэтому необходим постоянный контроль и мониторинг целостности работы системы. Авторами были сделаны выводы о необходимости улучшения существующих систем видеонаблюдения и расширения их применения на других филиалах Общества.

Ключевые слова: реагирование, персонал, аварийная ситуация, управление, видеонаблюдение, капитальный ремонт скважин, опасный производственный объект

Для цитирования: Захаров Д. Ю., Пискунов А. В., Токарева С. А., Климова И. В. Повышение эффективности реагирования на газонефтеводопроявления и открытые фонтаны путем создания системы видеонаблюдения за процессом капитального ремонта газовых скважин // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2023. № 2. С. 36–49. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-36-49>.

Original article

IMPROVING THE EFFICIENCY OF RESPONSE TO GAS, OIL AND WATER SHOWS AND OPEN FOUNTAINS BY CREATING A VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM FOR GAS WELL WORKOVER

Denis Yu. Zakharov¹, Aleksandr V. Piskunov¹,
Svetlana A. Tokareva², Irina V. Klimova²

¹Gazprom PHG LLC, St. Petersburg, Russia

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg,
Russia

Corresponding author:

Denis Yu. Zakharov, nashnex@bk.ru

Abstract. The oil and gas industry is one of the most important branches of the national economy. It differs from other branches of the fuel and energy complex in high capital investments and long construction and operation periods. One of the main tasks in gas industry enterprise management is the most efficient use of capital investments, which requires the adoption of informed decisions in oil and gas asset management. Gas industry enterprises include a large number of hazardous production facilities, accidents and incidents at which are the most dangerous for both personnel and population in general, as well as for the industry companies themselves. Emergencies at facilities can lead to financial and reputational losses, as well as damage the health and life of people and the environment. Therefore, the issue of planning measures for prevention, as well as localization and elimination of the accident consequences, is considered one of the priorities.

The presence of video surveillance at production facilities is an integral part of an integrated security system. High-quality video surveillance helps to identify deviations in automated processes in a timely manner and take measures to eliminate failures and violations.

Timely and rapid response to emergency situations prevents the occurrence of an accident, as well as prevents socio-economic damage.

The authors have conducted many studies in the sphere of analysis of the organization of localization and liquidation of emergency situations and the effectiveness of personnel response in emergency situations at hazardous production facilities. Besides, studies of video surveillance systems in Gazprom UGS LLC branches – Departments of Emergency Recovery and Well Overhaul – have been conducted. Gazprom UGS LLC is the only operator of 23 underground gas storage facilities on the territory of the Russian Federation. Most of the Company's production facilities are located at a considerable distance from settlements and other infrastructure facilities, which increases the response time to emergency situations, and as a result, may lead to an emergency situation. Therefore, it is necessary to constantly control and monitor the integrity of the system. The authors have made conclusions about the need to improve existing video surveillance systems and expand their use at other branches of the Company.

Keywords: response, staff, emergency, control, video surveillance, well overhaul, hazardous production facility

For citation: Zakharov D. Yu., Piskunov A. V., Tokareva S. A., Klimova I. V. Povyshenie effektivnosti reagirovaniya na gazoneftevodoproyavleniya i otkrytye fontany putem sozdaniya sistemy videonablyudeniya za protsessom kapital'nogo remonta gazovykh skvazhin [Improving the Efficiency of Response to Gas, Oil and Water Shows and Open Fountains by Creating a Video Surveillance System for Gas Well Workover]. *Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo» – Network Journal «Oil and Gas Business»*, 2023, No. 2, pp. 36–49 [in Russian]. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-36-49>.

Введение

Развитие технологий и систем связи оказывает существенное влияние на все сферы жизнедеятельности. Обеспечение безопасности промышленных объектов не является исключением. Так возникают современные государственные и корпоративные требования по системам наблюдения и

видеофиксации при выполнении работ на опасных производственных объектах.

Исследования по созданию эффективных систем видеонаблюдения с элементами конференцсвязи [1, 2] проводились автором (Д.Ю. Захаров, В.П. Перхуткин) начиная с 2010 г. В ходе практических наблюдений при службе в аварийно-спасательных формированиях авторами (Д.Ю. Захаров, А.В. Пискунов) был проведен анализ организации и управления локализацией и ликвидацией аварийных ситуаций, в том числе на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса «изнутри». В 2013–2014 гг. проведены исследования на площадных опасных производственных объектах, а в настоящий период проводятся исследования на точечных удаленных объектах.

Проблематика и разработанные решения

Практическим путем были выявлены недостатки в технологическом обеспечении средствами связи по локализации и ликвидации аварийных ситуаций. Так, при наличии множества технических средств, они не были увязаны в единую технологическую сеть, отсутствовала организационная схема привлечения сторонних сил и средств по локализации и ликвидации аварийных ситуаций и централизованного управления ими, а также управления при межтерриториальных аварийных ситуациях, имеющих предпосылки для развития к статусу муниципальных чрезвычайных ситуаций и выше.

Учитывая, что время свободного развития аварийной ситуации (1):

$$t_{св} = t_{обн} + t_{сообщ} + t_{сл} + t_{б/р}, \quad (1)$$

где $t_{обн}$ – время обнаружения;

$t_{сообщ}$ – время сообщения;

$t_{сл}$ – время следования;

$t_{б/р}$ – время боевого развёртывания;

а также принимая во внимание, что, исходя из расчётов и согласно планам тренировочных занятий [3]: $t_{\text{обн}} \approx 43 \%$; $t_{\text{сообщ}} \approx 14 \%$; $t_{\text{сл}} \approx 29 \%$; $t_{\text{б/р}} \approx 14 \%$, то минимальная задержка, равная времени сообщения, составит 14 % от общего, а максимальная, включающая сложности в указании места дислокации привлекаемых сторонних сил и средств, сложности боевого развертывания незнакомой локации, без надежных технологий связи, – свыше 50 %, что является сверхкритичной задержкой.

В период с 2012 г. авторами была разработана мобильная система реагирования на нештатные и аварийные ситуации (СРНАС). При поступлении тревожного сигнала, помимо срабатывания сигнализации, автоматически производится вызов на все устройства членов оперативной группы комиссии по чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности, а также в диспетчерскую службу с соединением их между собой в режиме видео-конференц-связи и выводом изображения с видеокамер, направленных на объект, подверженный аварийной ситуации [4].

СРНАС изначально была рассчитана для использования на площадных объектах, а позже и на значительное количество опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли – скважины, являющиеся точечными удаленными объектами.

Стоит отметить, что, исходя из практических наблюдений, даже эксплуатационные скважины, при существующем режиме постоянного контроля, не несут значительных рисков возникновения аварийных ситуаций при повседневной эксплуатации. Основные риски по данным объектам связаны с проведением спуско-подъемных и иных операций в процессе их капитального ремонта (КРС) или реконструкции [5, 6]. Основной вид нештатных ситуаций – газонефтеводопроявления (ГНВП). Вид аварийной ситуации – переход ГНВП в открытый фонтан.

Согласно Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой

промышленности», раздел III «Требования к организациям, эксплуатирующим ОПО», ст. 26–28:

«26. Организации, эксплуатирующие ОПО, обязаны иметь в наличии и обеспечивать функционирование приборов, систем контроля, автоматического и дистанционного управления и регулирования технологическими процессами, сигнализации и противоаварийной автоматической защиты, системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий в случае аварии или инцидента.

27. При производстве буровых работ, подземном и капитальном ремонте скважин организации, производящие такие работы, обязаны обеспечить видеорегистрацию роторной площадки с формированием видеоархива с использованием электронных носителей информации.

28. Обновление видеоархива производится не чаще чем через 30 календарных дней. При видеорегистрации аварий и инцидентов видеоархив обновляется по окончании расследований их причин» [7].

Исходя из данных положений, организация, эксплуатирующая скважину, обязана организовать и обеспечить функционирование систем оповещения и видеонаблюдения, связи и поддержки действий в случаях нештатных и аварийных ситуациях. Вместе с тем, фактически отсутствуют четко установленные требования к исполнению и характеристикам данных систем в части:

- 1) качества передачи изображения;
- 2) скорости передачи данных;
- 3) информационной безопасности систем передачи данных;
- 4) мест установки дополнительных камер видеонаблюдения;
- 5) средств и видов связи.

ООО «Газпром ПХГ» является крупнейшей в России эксплуатирующей организацией фонда скважин, насчитывающего более 4200 единиц. Для обеспечения и поддержания безопасной и эффективной эксплуатации

системы подземного хранения газа их своевременного ремонта и реконструкции в структуре ООО «Газпром ПХГ» функционируют четыре производственных филиала – Управления аварийно-восстановительных работ и капитального ремонта скважин (УАВР и КРС), осуществляющих ремонт скважин подземных хранилищ газа (ПХГ) собственными силами (хозспособ). Так, в 2021 г. капитальным ремонтом были охвачены все ПХГ, участвующие в технологическом процессе закачки и отбора газа. Среднее транспортное плечо от УАВР и КРС до ПХГ, без учета участков УАВР и КРС, не располагающих системами диспетчеризации, в 2021 г. составило 575 км (максимально 2200 км, при работе бригады Ставропольского УАВР и КРС на Гатчинском ПХГ).

В таких условиях необходимость постоянного мониторинга и диспетчеризации процессов капитального ремонта приобретает приоритетный характер. Все установки капитального ремонта скважин ООО «Газпром ПХГ» обеспечены системами контроля параметров, видеонаблюдения и архивации в соответствии с законодательством. Кроме того, перечнем мероприятий по повышению уровня противофонтанной безопасности на объектах подземного хранения газа ООО «Газпром ПХГ» на 2023 г. предусмотрено обеспечение наличия не менее двух видеокамер для видеофиксации работ на устье скважины и общего плана производства работ. В Саратовском УАВР и КРС реализовано решение, при котором в диспетчерскую службу в режиме реального времени транслируются видеосигнал и данные систем контроля параметров работы установок, работающих в данный момент бригад.

Отдельно отметим, что в 2013–2015 гг. авторами проводились исследования эффективности действий при нештатных и аварийных ситуациях на площадных опасных производственных объектах, которые показали эффективность принятия коллективных решений с выделением роли лидера, относительно единоличных, на 12 % [4, 8]. В период с 2021 г.

по настоящее время подобные исследования авторы проводят на скважинах ООО «Газпром ПХГ» [9], и предварительные результаты показывают эффективность более 80 %. Подобные результаты также свидетельствуют о необходимости развития современных технологий и средств связи в области обеспечения безопасности.

Выводы

Развитие систем и постоянное повышение уровня безопасности в свете развития новых технологий и средств связи неминуемо ведут к процессам цифровизации, в том числе и развития законодательства в данном направлении. Для нефтяных и газовых скважин, в части их строительства (бурения), текущего и капитального ремонта, реконструкции, основной упор сделан на постоянный мониторинг и архивацию данных контроля: параметров работы установок и видеосигнала. Имеется положительный опыт ООО «Газпром ПХГ» по диспетчеризации данных процессов. Видится необходимым расширение его применения на других филиалах, необходима работа по улучшению каналов связи и качества передаваемого изображения.

Процессы реагирования на нештатные и аварийные ситуации требуют разработки и применения систем, аналогичных СРНАС и способных обеспечить не только трансляцию и архивацию, но и видео-конференц-связь с возможностью давать команды на удаленный объект, вести оповещение и координацию всех задействованных сил и средств. Отдельно стоит выделить возможность не только стационарного, диспетчерского, контроля, но и удаленного мониторинга с реализацией системы принятия коллективных решений с выделением роли лидера (программными средствами) [10–12].

Существенным триггером подобного развития может стать развитие законодательной базы в части требований по использованию систем видеомониторинга для реагирования на нештатные и аварийные ситуации.

Важно закрепить данные законодательные нормы не декларативно, а максимально конкретно описать технические требования и коридор возможностей для их реализации эксплуатирующими организациями.

Список источников

1. Захаров Д.Ю., Перхуткин В.П. Информационная система сбора оперативной информации для расследования несчастных случаев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2013. № 3 (25). С. 178-180. EDN: SBOZAL.
2. Захаров Д.Ю., Филиппова И.Ю. Мобильная система мониторинга и реагирования // Ухтинский государственный технический университет. URL: http://www.ugtu.net/sites/default/files/users/user_212/_60._zaharov_filipova.pdf (дата обращения: 21.02.2023).
3. Курашев К.Н. Изучение оперативно-тактических особенностей складов хранения ЛВЖ и ГЖ: план-конспект для проведения пожарно-тактического занятия по тушению условного пожара на складе ГСМ. 2003. 7 с.
4. Захаров Д.Ю. Совершенствование системы реагирования на аварийные ситуации с учетом психологических аспектов управления деятельностью персонала: дис. ... канд. тех. наук. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. 203 с.
5. Захаров Д.Ю., Климова И.В., Ремишевская К.В., Токарева С.А. Расчет вероятности эскалации как решение обратной задачи прогнозирования надежности человеко-машинных систем // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 11. С. 54-59. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-11-54-59. EDN: DUZVZV.
6. Гупаленко Д.Д., Токарева С.А., Захаров Д.Ю. Разработка ключевых показателей эффективности деятельности управлений аварийно-восстановительных работ и капитального ремонта скважин // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2021. Т. 17, № 1. С. 74-80. DOI: 10.17122/1999-5458-2021-17-1-74-80. EDN: SWFFWT.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности. М.: Норматика, 2022. 275 с.
8. Galeev I.I., Filippov A.V., Zamyatin R.V. Improving Technologies and Ways of Repair and Insulation Works Efficiency Enhancement in Oil and Gas Production Department Bystrinskneft of Surgutneftegas OJSC (Russian) // OIJ. 2017. P. 47-50. DOI: 10.24887/0028-2448-2017-9-47-50.

9. Al Hinai, Faisal Saud, Al Lawati, Ahmed Mahmood, Yahya Badar Al Amri Application of Practical Problem-Solving Techniques to Reduce Wells Process Safety Incidents in Workover Operations // ADIPEC. Abu Dhabi, UAE. 2022. Paper No. SPE-210948-MS. DOI: 10.2118/210948-MS.

10. Wang Peixian, Li Zunzhao, Wang Xiaolin, Wang Gang, Li Mingyi, Shizhe Yao Assisting Production Decision Technology in Gas Storage Operation Based on Digital Twin Technologies // Materials of SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Houston, Texas, USA. 2022. Paper No. SPE-210056-MS. DOI: 10.2118/210056-MS.

11. Salikhov R.M., Kostyuk I.I. Development and Implementation of Measures Focused on Increasing the Time Between Repairs for the Artificial Lift Equipment in Irkutsk Oil Company (Russian) // OIJ. 2020. P. 55-58. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-9-55-58.

12. Kalhoro, Muhammad Uddin, Al-Saedi, Khaled Abdulla, Al-Awadhi, Hesham Khalid, Muhammed Nadeem. Remote Monitoring of Equipment Performance Through a Customized Real-Time Performance Solution // ADIPEC. Abu Dhabi, UAE. 2022. Paper No. SPE-211853-MS. DOI: 10.2118/211853-MS.

References

1. Zakharov D.Yu., Perkhutkin V.P. Informatsionnaya sistema sbora operativnoi informatsii dlya rassledovaniya neschastnykh sluchaev [Information System Gathering of Information for Investigating Accidents]. *Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta – Science Vector of Togliatti State University*, 2013, No. 3 (25), pp. 178-180. EDN: SBOZAL. [in Russian].

2. Zakharov D.Yu., Filippova I.Yu. Mobil'naya sistema monitoringa i reagirovaniya [Mobile Monitoring and Response System]. *Ukhtinskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet*. URL: http://www.ugtu.net/sites/default/files/users/user_212/_60._zaharov_filippova.pdf (accessed 21.02.2023). [in Russian].

3. Kurashev K.N. *Izuchenie operativno-takticheskikh osobennostei skladov khraneniya LVZh i GZh: plan-konspekt dlya provedeniya pozharno-takticheskogo zanyatiya po tusheniyu uslovnogo pozhara na sklade GSM* [The Study of the Operational and Tactical Features of Warehouses for Storing Flammable Liquids and Combustible Liquids: a Plan-Outline for Conducting a Fire-Tactical Exercise to Extinguish a Simulated Fire in a Fuel and Lubricants Warehouse]. 2003. 7 p. [in Russian].

4. Zakharov D.Yu. *Sovershenstvovanie sistemy reagirovaniya na avariinye situatsii s uchetom psikhologicheskikh aspektov upravleniya deyatel'nost'yu personala: dis. kand. tekhn. nauk* [Improving the Emergency Response System, Taking into Account the Psychological Aspects of Personnel Management: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU Publ., 2017. 203 p. [in Russian].

5. Zakharov D.Yu., Klimova I.V., Remishevskaya K.V., Tokareva S.A. Raschet veroyatnosti eskalatsii kak reshenie obratnoi zadachi prognozirovaniya nadezhnosti cheloveko-mashinnykh sistem [Calculation of the Escalation Probability as a Solution to the Inverse Problem of Predicting The Reliability of the Man-Machine Systems]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti – Occupational Safety in Industry*, 2019, No. 11, pp. 54-59. DOI: 10.24000/0409-2961-2019-11-54-59. EDN: DUZVZV. [in Russian].

6. Gupalenko D.D., Tokareva S.A., Zakharov D.Yu. Razrabotka klyuchevykh pokazatelei effektivnosti deyatel'nosti upravlenii avariino-vosstanovitel'nykh rabot i kapital'nogo remonta skvazhin [The Drafting of Key Performance Indicators of Activity of Branches of Emergency and Recovery Operations and Workover]. *Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy – Electrical and Data Processing Facilities and Systems*, 2021, Vol. 17, No. 1, pp. 74-80. DOI: 10.17122/1999-5458-2021-17-1-74-80. EDN: SWFFWT. [in Russian].

7. *Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoi bezopasnosti. Pravila bezopasnosti v neftyanoi i gazovoi promyshlennosti* [Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety. Safety Regulations in the Oil and Gas Industry]. Moscow, Normatika Publ., 2022. 275 p. [in Russian].

8. Galeev I.I., Filippov A.V., Zamyatin R.V. Improving Technologies and Ways of Repair and Insulation Works Efficiency Enhancement in Oil and Gas Production Department Bystrinskneft of Surgutneftegas OJSC (Russian). *OIJ*, 2017, pp. 47-50. DOI: 10.24887/0028-2448-2017-9-47-50.

9. Al Hinai, Faisal Saud, Al Lawati, Ahmed Mahmood, Yahya Badar Al Amri Application of Practical Problem-Solving Techniques to Reduce Wells Process Safety Incidents in Workover Operations. *ADIPEC*. Abu Dhabi, UAE, 2022, Paper No. SPE-210948-MS. DOI: 10.2118/210948-MS.

10. Wang Peixian, Li Zunzhao, Wang Xiaolin, Wang Gang, Li Mingyi, Shizhe Yao Assisting Production Decision Technology in Gas Storage Operation Based on Digital Twin Technologies. *Materials of SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Houston, Texas, USA, 2022, Paper No. SPE-210056-MS. DOI: 10.2118/210056-MS.

11. Salikhov R.M., Kostyuk I.I. Development and Implementation of Measures Focused on Increasing the Time Between Repairs for the Artificial Lift Equipment in Irkutsk Oil Company (Russian). *OIJ*, 2020, pp. 55-58. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-9-55-58.

12. Kalhoro, Muhammad Uddin, Al-Saedi, Khaled Abdulla, Al-Awadhi, Hesham Khalid, Muhammed Nadeem. Remote Monitoring of Equipment Performance Through a Customized Real-Time Performance Solution. *ADIPEC*. Abu Dhabi, UAE, 2022, Paper No. SPE-211853-MS. DOI: 10.2118/211853-MS.

Информация об авторах

Information about the authors

Захаров Денис Юрьевич, кандидат технических наук, главный специалист отдела организации контроля строительства скважин, ООО «Газпром ПХГ», Санкт-Петербург, Россия

Denis Yu. Zakharov, Candidate of Engineering Sciences, Chief Specialist of Well Construction Control Department, Gazprom UGS LLC, St. Petersburg, Russia
nashnex@bk.ru

Пискунов Александр Валентинович, заместитель начальника отдела организации контроля строительства скважин, ООО «Газпром ПХГ», Санкт-Петербург, Россия

Aleksandr V. Piskunov, Deputy Head of Well Construction Control Department, Gazprom UGS LLC, St. Petersburg, Russia

Токарева Светлана Андреевна, аспирант Высшей школы техносферной безопасности, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Svetlana A. Tokareva, Postgraduate Student of Higher School of Technosphere Safety, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Lana_Tokareva212@mail.ru

Климова Ирина Викторовна, кандидат технических наук, доцент
Высшей школы техносферной безопасности, Санкт-Петербургский
политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Irina V. Klimova, Candidate of Engineering Sciences, Associated Professor
of Higher School of Technosphere Safety, Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

bgd4@mail.ru

Статья поступила в редакцию 09.02.2023; одобрена после рецензирования 28.02.2023; принята к публикации 15.03.2023.

The article was submitted 09.02.2023; approved after reviewing 28.02.2023; accepted for publication 15.03.2023.