

УДК 622.629.4.053

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ  
НЕФТЕПРОВОДОВ**

**MODERN METHODS AND MEANS OF ENSURING SAFE  
EXPLOITATION OF OIL TRUNK PIPELINES**

**Абдрахманов Н. Х., Азметов Х. А., Павлова А. Д.,  
Закирова З. А., Басырова А. Р.**

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

**N. Kh. Abdrakhmanov, Kh. A. Azmetov, A. D. Pavlova,  
Z. A. Zakirova, A. R. Basyrova**

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

**e-mail: anailx@mail.ru**

**Аннотация.** К безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов предъявляются высокие требования. Безопасная эксплуатация магистральных нефтепроводов существенно затрагивает не только систему нефтепроводного транспорта нефти, но и другие смежные системы. Так, например, снижение безопасности действующего магистрального нефтепровода вследствие его повреждения может вызвать остановку перекачки нефти от мест ее добычи до мест переработки с нарушением нормальных режимов работы добывающих и перерабатывающих нефть производственных предприятий. Принятие научно обоснованных технических и технологических решений в стадии проектирования, качественное строительство и строгое соблюдение правил

технической эксплуатации обеспечивают безопасность эксплуатации на производственном объекте. Свойства металла труб и оборудования магистральных нефтепроводов, их напряженно-деформированное состояние, окружающая среда и свойства перекачиваемой нефти формируют параметры безопасной эксплуатации объектов. Повышение уровня механических напряжений в стенке труб и оборудования, изменения напряжений по величине и знаку, увеличение частоты этих изменений отрицательно влияют на безопасность эксплуатации нефтепровода. Коррозионное воздействие перекачиваемого продукта и окружающей среды на металл труб и оборудования, а также силовое воздействие окружающей среды на них снижают безопасность при эксплуатации сооружения. В течение длительной эксплуатации трубопроводов происходит постепенное ухудшение металлических свойств труб и оборудования, а также накопление дефектов, приводящих к снижению их безопасности. Обеспечение безопасности трубопроводов в процессе их эксплуатации может быть достигнуто реновацией, реконструкцией, периодическим определением фактического технического состояния и своевременным проведением ремонта. Проведение ремонтных работ является наиболее широко используемым способом обеспечения безопасности в период эксплуатации магистральных нефтепроводов. Ремонт магистрального нефтепровода вследствие его конструктивных особенностей и жесткого режима эксплуатации является достаточно сложным процессом, требующим значительных затрат. Существует ряд методов и средств ремонта магистральных нефтепроводов, повышающих промышленную производственную безопасность. В то же время анализ методов и средств ремонта показывает необходимость их дальнейшего совершенствования. Приведены основные направления совершенствования ремонта труб с применением муфт.

**Abstract.** High requirements apply to safe exploitation of oil trunk pipelines. Safe exploitation of oil trunk pipelines significantly mentions not only system of oil transportation, but also others adjacent systems. So, for example, safety inhibition active oil trunk pipelines owing to his damage may cause the stop of oil pumping from oil extraction spot to oil refining spot with violation of normal operating modes manufacturing plants of recovering and refining oil. Acceptance of evidence-based technical and technology solutions in design stages, high-quality building and strict observance of rules of technical operation ensure safety of operation on a production object. Properties of metal of pipes and the equipment of the main oil pipelines, their intense deformed state, the environment and properties of the pumped-over oil form parameters of safe operation of objects. Increase in level of mechanical tension in a wall of pipes and the equipment, change of tension in size and the sign, increase in frequency of these changes negatively influence safety of operation of the oil pipeline. Corrosive attack of the pumped-over product and the environment to metal of pipes and the equipment and also power impact of the environment on them reduce safety at operation of a construction. During long operation of pipelines there is a gradual deterioration in metal properties of pipes and the equipment and also accumulation of the defects leading to decrease in their safety. Safety of pipelines in the course of their operation can be reached by renovation, reconstruction, periodic determination of the actual technical condition and timely carrying out repair. Carrying out repair work is the most widely used way of safety during operation of the main oil pipelines. Repair of the main oil pipeline, owing to its design features and the rigid mode of operation, is rather difficult process demanding considerable expenses. There is a number of methods and means of repair of the main oil pipelines increasing industrial production safety. At the same time, the analysis of methods and means of repair shows need of their further improvement. The main directions of improvement of repair of pipes with use of couplings are given.

**Ключевые слова:** магистральный нефтепровод, безопасность эксплуатации, внутреннее давление, коррозия, прочность, повреждение, муфта.

**Key words:** oil trunk pipelines, safe exploitation, internal pressure, corrosion, strength, damage, coupling.

На современном этапе развития сети магистральных нефтепроводов (МН) проблема обеспечения безопасности их эксплуатации приобретает все большую значимость. Значимость безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов, прежде всего, вызвана тем, что перекачка нефти происходит при высоком давлении, для некоторых нефтепроводов до 10 МПа; нефть (перекачиваемый продукт) и её пары вредны для здоровья людей, химически агрессивны и взрывоопасны.

Трубопроводы магистрального нефтепровода являются протяженным сооружением. В этом протяженном сооружении имеются отдельные участки трубопровода, которые подвержены действиям высоких нагрузок, вызванных режимом эксплуатации нефтепровода и условиями прокладки трубопровода по трассе и воздействиями окружающей среды. Нарушения научно обоснованной технологии строительства и эксплуатации приводят к преждевременному износу, а иногда к повреждениям. К нагрузкам, вызванным режимом эксплуатации, относятся рабочее давление в полости трубопровода и температурный перепад в металле труб, т.е. разность температур при эксплуатации (принимается равной температуре перекачиваемого продукта) и температуры сооружения (принимается равной температуре воздуха). Повышение давления в условиях нарушения нормального режима перекачки способно привести к разгерметизации МН с выбросом сырья, его испарением и образованием газовой смеси, что, в свою очередь, может привести к взрывам, отравлениям персонала, привлеченного к производству, и загрязнению окружающей среды.

К условиям прокладки относятся изгибы трубопровода по рельефу местности и изгибы на участках изменения направления трассы. К воздействиям окружающей среды относятся возможные перемещения грунта, окружающего трубопровод, и действие потока воды при размыве грунта с оголением трубопровода на подводных переходах. В процессе многолетней эксплуатации происходит постепенная коррозия металла, и возникают другие дефекты, повышающие уровень механических напряжений в стенке труб при неизменных нагрузках.

Высокие нагрузки и возникновение дефектов в стенке труб приводят к снижению запаса прочности, который определяется как отношение значений параметров прочности (предела прочности и предела текучести) к наибольшему механическому напряжению в стенке трубы. Снижение запасов прочности сокращает ресурс трубопровода и отрицательно влияет на безопасность при эксплуатации магистрального нефтепровода. В связи с этим анализ и разработка методов обеспечения безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов, имеющих участки с пониженным запасом прочности, являются достаточно актуальными.

Конструктивные основы безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов закладываются на стадии проектирования. Проектные решения, принятые с учетом реальных условий строительства и эксплуатации, обеспечивают, в основном, надежную и безопасную эксплуатацию сооружения [1-5]. А проектные решения, принятые с отклонениями, даже незначительными, от реальных условий строительства и эксплуатации, снижают надежность и безопасность сооружения [6-9].

Весьма значительную роль в обеспечении безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов имеет качество их сооружения. В условиях качественного сооружения строго соблюдаются все требования проекта. При этом в процессе сооружения должны быть исключены какие-либо повреждения труб, их антикоррозионной изоляции и оборудования. Для этого необходимо использовать обоснованные современными методами

расчета технологические параметры сооружения, которые обеспечат сохранность труб и оборудования при строительстве и их безопасность в процессе эксплуатации [2, 10].

Поддержание безопасности магистральных нефтепроводов достигается грамотно организованной и проведенной технической эксплуатацией. С целью успешной организации и проведения работ по обеспечению безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов разработан ряд нормативных документов [11-14]. Они разработаны на основе анализа многолетней эксплуатации мощных трубопроводных систем и использования современных достижений науки, методов и средств обеспечения безопасности. Использование современных достижений науки и техника в процессе проектирования, строительства и эксплуатации магистральных нефтепроводов позволило в последние годы существенно снизить риск аварий на МН и повысить безопасность их эксплуатации. По данным Ростехнадзора, интенсивность аварий на отечественных магистральных нефтепроводах составила  $0.06$  (тыс. км·год)<sup>-1</sup> [15]. Однако, несмотря на такие низкие показатели интенсивности аварий на МН, комплексный параметр безопасности как риск от возможных аварий, определяемый с учетом интенсивности аварий и ущерба от них, для некоторых нефтепроводов превышает приемлемое значение, указанное в соответствующих нормативных документах. В статье [16] отмечается, что в РФ 91 % добываемой в стране нефти транспортируется по трубопроводам ОАО «АК «Транснефть». На трубопроводах этой компании на период 2014-2020 г. прогнозируется снижение рисков аварийности и инцидентов на 25 %, валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух должен сократиться на 50 % [17]. Вместе с тем, изменения условий строительства и эксплуатации вновь сооружаемых магистральных нефтепроводов, увеличение в общей трубопроводной системе доли длительно эксплуатируемых трубопроводов, повышение требований к их безопасности вызывают необходимость дальнейшего

совершенствования методов обеспечения безопасности МН. Такие показатели надежности и безопасности, как интенсивность аварии и риск аварии длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводов, в течение более 25 лет в среднем ниже, чем на МН, срок службы которых менее указанного срока. Основными причинами такого снижения надежности и безопасности являются постепенные по времени появления и рост дефектов до опасных значений в стенке труб и оборудования под действием эксплуатационных нагрузок, коррозионно-активной внешней среды и усилий подвижек грунта, окружающего подземный трубопровод или оборудования [7, 18]. Кроме того, в связи с повышением доли добываемой нефти в районах Севера и Сибири современные трубопроводы сооружаются в сложных условиях, отрицательно влияющих на их надежность и безопасность. По данным [1], в районах Сибири и Севера показатели надежности и безопасности технических сооружений, в том числе МН, снижаются в 2-3,5 раза, затраты на восстановление растут в 5-8 раз.

Сооружение трубопроводных систем в условиях Сибири и Севера, увеличение доли длительно эксплуатируемых трубопроводов еще больше повышают значимость методов обеспечения безопасности МН в процессе их эксплуатации. Основными направлениями обеспечения безопасности МН в процессе эксплуатации, кроме строгого соблюдения проектного режима приема и перекачки нефти, являются своевременный и качественный ремонт дефектного участка трубопровода. Своевременность ремонтных работ обеспечивается грамотно организованным техническим диагностированием. Техническое диагностирование позволяет заблаговременно обнаружить опасные дефекты, которые могут привести к авариям и выполнить ремонт по техническому состоянию с осуществлением специальных плановых мероприятий.

В зависимости от характера предстоящих работ по ремонту проводятся капитальный ремонт трубопровода и выборочный ремонт [19].

Для обеспечения безопасности и эффективности выполнения этих ремонтов созданы специальные правила, которые достаточно отработаны. Имеется ряд методов и способов ремонта дефектного участка МН [9, 14]. Основные из них следующие: шлифовка, заварка дефектов, установка муфт и вырезка дефекта. Выбор метода и средств ремонта, в основном, зависит от типа и геометрических характеристик дефекта и трубопровода. Вопросы выбора метода и средств ремонта трубопроводов МН рассмотрены в работах [13, 14, 19]. В то же время анализ показывает необходимость дальнейшего совершенствования методов ремонта трубопровода. Рассмотрим отдельно ремонт локальных дефектных участков со значительным снижением несущей способности труб. Этот вид ремонта используется широко и требует особого изучения и совершенствования. Качественный ремонт таких участков достигается созданием и применением методов и средств ремонта, разработанных на основе современного научного подхода к повышению несущей способности дефектного участка действующего МН до проектного уровня. В первую очередь необходимо вести ремонт в сроки, не превышающие установленные соответствующими нормативами с соблюдением правил пожарной безопасности и техники безопасности. При этом необходимо соблюдать условие, чтобы повышение несущей способности дефектного участка не привело к существенному снижению запасов прочности прилегающих к месту ремонта участков. Для этого следует минимизировать отличие геометрических характеристик отремонтированного участка и бездефектного участка трубопровода. Снижение радиальной деформации стенки трубы путем увеличения ее толщины и повышения несущей способности дефектного участка больше прилегающих приводит к появлению локальных мест повышенного напряжения и снижению запаса прочности трубопровода и безопасности МН. Так, например, ремонт с применением толстостенных муфт приводит к снижению запаса прочности участков, прилегающих к



отремонтированному месту. Создание методов и средств ремонта трубопроводов, отвечающих вышеуказанным требованиям, является достаточно сложным. На основе анализа известных методов обеспечения безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов, можно отметить что, для условия наличия различного ряда дефектов в трубопроводе разработаны методы их восстановления и обеспечения безопасности эксплуатации. Однако при этом недостаточно научное обоснование используемых методов. Требуется создание специальных расчетных обоснований эффективности ремонта труб и обеспечения безопасности МН с применением ремонтных муфт, при котором имеется существенное отличие геометрических характеристик мест ремонта и прилегающих к этому месту участков трубопровода.

### **Выводы**

Изложены современные методы обеспечения безопасности эксплуатации магистральных нефтепроводов. Приведены основные требования к методам и средствам ремонта участков трубопровода, имеющих локальное снижение несущей способности. Указано, что при ремонте следует обеспечивать минимальное отличие геометрических характеристик отремонтированного участка и прилегающих к нему участков трубопровода. Отмечена необходимость расчетной оценки эффективности метода ремонта с применением муфт по обеспечению безопасности магистрального нефтепровода.

### **Список используемых источников**

- 1 Махутов Н. А., Пермяков В. Н. Ресурс безопасной эксплуатации сосудов и трубопроводов. Новосибирск: Наука, 2005. 516 с.
- 2 Магистральные трубопроводы: СП 36.13320.2012 (взамен СНиП 2.05.06-85\*). М., 2012. 78 с.

3 Павлова З. Х., Азметов Х. Х., Павлова А. Д., Гляшев Р. Р. Оценка напряженно-деформированного состояния и безопасности подземных трубопроводов, эксплуатирующихся в условиях действия высоких продольных сжимающих усилий // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. Вып. 4 (106). С. 175-182.

4 Павлова З. Х., Павлова А. Д., Азметов Х. Х. Управление промышленной и экологической безопасностью магистральных нефте- и нефтепродуктов оптимальным размещением линейной запорной арматуры // Инновации и наукоемкие технологии в образовании и экономике: матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Уфа, 27 апреля 2017 г.). Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. С. 70-74.

5 Павлова З. Х., Азметов Х. А., Павлова А. Д. Обеспечение безопасности эксплуатации трубопроводов нефтегазовой отрасли в условиях изменения режима перекачки продукта // Управление инновационным развитием Арктической зоны Российской Федерации. Архангельск: Искра, 2017. С. 376-379.

6 Старение труб нефтепроводов / А. Г. Гумеров, Р. С. Зайнуллин, К. М. Ямалеев, А. В. Росляков. М.: Недра, 1995. 222 с.

7 Ясин Э. М. Надежность магистральных трубопроводов / Э. М. Ясин, В. Л. Березин, К. Е. Ращепкин. М.: Недра, 1972. 184 с.

8 Зайнуллин Р.С., Гумеров А.Г. Повышение ресурса нефтепроводов. М.: Недра, 2000. 494 с.

9 Дефектность труб нефтепроводов и методы их ремонта / А. Г. Гумеров, К. М. Ямалеев, Р. С. Гумеров, Х. А. Азметов. М.: Недра, 1998. 240 с.

10 СП 86.13330.2014. Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП III-42-80\* / Введен 01.06.2014. М.: Минстрой России, 2014. 223 с.

11 Gaisina L. M., Belonozhko M. L., Tkacheva N. A., Abdrakhmanov N. Kh., Grogulenko N. V. Principles and methods of synergy modeling of management system at oil and gas sector's enterprises // Revista ESPACIOS. 2017. Vol. 38. No. 33. <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.

12 Kunelbayev M. M., Gaysin 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. 455. P. 305-319. doi: 10.12732/ijpam.v115i455.10. Available at: <http://www.ijpam.eu/contents/2017-115-3/index.html>.

13 Gaisina L. M., Belonozhko M. L., Maier V. V., Abdrakhmanov N. Kh., Sultanova E. A. 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. Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.

14 Правила капитального ремонта магистральных нефтепроводов. РД 39-00147105-015-98 / Гумеров А. Г, Гумеров Р. С., Азметов Х. А., Хамматов Р. Г. и др. Уфа, 1998. 194 с.

15 Гражданкин А. И. Методическое обеспечение анализа опасностей и оценка риска промышленной аварии // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 6. С. 82-84.

16 Лисин Ю. В. Обеспечение надежности трубопроводов // Трубопроводный транспорт нефти. 2007. № 7. С. 15-18.

17 Лисанов М.В., Сумской С.И. Анализ риска магистральный нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 3. С. 58-66.

18 Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов / А. Г. Гумеров, Х. А. Азметов, Р. С. Гумеров, М. Г. Векштейн. М.: Недра, 1998. 272 с.

19 Капитальный ремонт подземных нефтепроводов / А. Г. Гумеров, А. Г. Зубаиров, М. Г. Векштейн, Р. С. Гумеров, Х. А. Азметов. М.: Недра, 1999. 526 с.

## References

1 Makhutov N. A., Permyakov V. N. Resurs bezopasnoi ekspluatatsii sosudov i truboprovodov. Novosibirsk: Nauka, 2005. 516 s. [in Russian].

2 Magistral'nye truboprovody: SP 36.13320.2012 (vzamen SNIp 2.05.06-85\*). M., 2012. 78 s. [in Russian].

3 Pavlova Z. Kh., Azmetov Kh. Kh., Pavlova A. D., Tlyashev R. R. Otsenka napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya i bezopasnosti podzemnykh truboprovodov, ekspluatiruyushchikhsya v usloviyakh deistviya vysokikh prodol'nykh szhimayushchikh usilii // Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2016. Vyp. 4 (106). S. 175-182. [in Russian].

4 Pavlova Z. Kh., Pavlova A. D., Azmetov Kh. Kh. Upravlenie promyshlennoi i ekologicheskoi bezopasnost'yu magistral'nykh nefte- i nefteproduktov optimal'nyim razmeshcheniem lineinoi zapornoj armatury // Innovatsii i naukoemkie tekhnologii v obrazovanii i ekonomike: mater. VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Ufa, 27 aprelya 2017 g.). Ufa: RITs BashGU, 201. S. 70-74. [in Russian].

5 Pavlova Z. Kh., Azmetov Kh. A., Pavlova A. D. Obespechenie bezopasnosti ekspluatatsii truboprovodov neftegazovoi otrasli v usloviyakh izmeneniya rezhima perekachki produkta // Upravlenie innovatsionnym razvitiem Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii. Arkhangel'sk: Iskra, 2017. S. 376-379. [in Russian].

6 Starenie trub nefteprovodov / A. G. Gumerov, R. S. Zainullin, K. M. Yamaleev, A. V. Roslyakov. M.: Nedra, 1995. 222 s. [in Russian].

7 Yasin E. M. Nadezhnost' magistral'nykh truboprovodov / E. M. Yasin, V. L. Berezin, K. E. Rashchepkin. M.: Nedra, 1972. 184 s. [in Russian].

8 Zainullin R.S., Gumerov A.G. Povyshenie resursa nefteprovodov. M.: Nedra, 2000. 494 s. [in Russian].

9 Defektnost' trub nefteprovodov i metody ikh remonta / A. G. Gumerov, K. M. Yamalev, R. S. Gumerov, Kh. A. Azmetov. M.: Nedra, 1998. 240 s. [in Russian].

10 SP 86.13330.2014. Magistral'nye truboprovody. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIp III-42-80\* / Vveden 01.06.2014. M.: Ministroi Rossii, 2014. 223 s. [in Russian].

11 Gaisina L. M., Belonozhko M. L., Tkacheva N. A., Abdrakhmanov N. Kh., Grogulenko N. V. Principles and methods of synergy modeling of management system at oil and gas sector's enterprises // Revista ESPACIOS. 2017. Vol. 38. No. 33. <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>. [in Russian].

12 Kunelbayev M. M., Gaysin 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. 455. P. 305-319. doi: 10.12732/ijpam.v115i455.10. Available at: <http://www.ijpam.eu/contents/2017-115-3/index.html>. [in Russian].

13 Gaisina L. M., Belonozhko M. L., Maier V. V., Abdrakhmanov N. Kh., Sultanova E. A. 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. Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>. [in Russian].

14 Pravila kapital'nogo remonta magistral'nykh nefteprovodov. RD 39-00147105-015-98 / Gumerov A. G, Gumerov R. S., Azmetov Kh. A., Khammatov R. G. i dr. Ufa, 1998. 194 s. [in Russian].

15 Grazhdankin A. I. Metodicheskoe obespechenie analiza opasnostei i otsenka riska promyshlennoi avarii // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2014. № 6. S. 82-84. [in Russian].

16 Lisin Yu. V. Obespechenie nadezhnosti truboprovodov // Truboprovodnyi transport nefti. 2007. № 7. S. 15-18. [in Russian].

17 Lisanov M.V., Sumskoi S.I. Analiz riska magistral'nyi nefteprovodov pri obosnovanii proektnykh reshenii, kompensiruyushchikh otstupleniya ot deistvuyushchikh trebovaniy bezopasnosti // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2010. № 3. S. 58-66. [in Russian].

18 Avariino-vostranovitel'nyi remont magistral'nykh nefteprovodov / A. G. Gumerov, Kh. A. Azmetov, R. S. Gumerov, M. G. Vekshtein. M.: Nedra, 1998. 272 s. [in Russian].

19 Kapital'nyi remont podzemnykh nefteprovodov / A. G. Gumerov, A. G. Zubairov, M. G. Vekshtein, R. S. Gumerov, Kh. A. Azmetov. M.: Nedra, 1999. 526 s. [in Russian].

### **Сведения об авторах**

#### **About the authors**

Абдрахманов Н. Х., д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Промышленная безопасность и охрана труда», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация.

N. Kh. Abdrakhmanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Industrial Safety and Labor Protection Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.

e-mail: anailx@mail.ru

Азметов Х. А., д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Сооружение и ремонт газонефтепроводов и газонефтехранилищ», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация.

Kh. A. Azmetov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Construction and Repair of Gas-Oil Pipelines and Gas-Oil Storages Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.

e-mail: azmetov1939@yandex.ru

Павлова А. Д., магистрант кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация.

A. D. Pavlova, Undergraduate Student of Industrial Safety and Labor Protection Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.

e-mail: pavlovaad7@mail.ru

Закирова З. А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация.

Z. A. Zakirova, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Industrial Safety and Labor Protection Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.

e-mail: pbot@mail.ru

Басырова А. Р., студент гр. БАР-15-01, кафедра «Архитектура», ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация.

A. R. Basyrova, Student of BAR-15-01 Group, Architecture Department, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation.

e-mail: aida\_basyrova@mail.ru