

УДК 544.7, 678.5-405.8

Р. М. Джумагалиев¹, О. К. Кокушев¹, Т. Р. Джумагалиев¹, И. А. Васина²

¹ ТОО «Global Fire Protection», Алматы, Казахстан

² ТОО «RD-Fire Group», Алматы, Казахстан

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛЮДЕЙ ПРИ ГОРЕНИИ АВАРИЙНОГО ФОНТАНА УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

Аннотация: В статье обоснована необходимость разработки научно обоснованной методики определения падающего теплового потока от факела пожара аварийного фонтана углеводородного топлива для жидкого и газообразного продукта. При этом факел принимается конической формы, наклоненного под воздействием ветра от вертикальной оси по направлению ветра. Предлагаемая методика позволит определить падающий тепловой поток в любой точке пространства вокруг горящего факела с учетом направления и скорости ветра. Методика может использоваться так же при оценке теплового воздействия факела струи газа при аварии на магистральных газопроводах.

Практическое применение методики даст возможность определения безопасных расстояний для людей, участвующих в ликвидации аварии и тушении пожара, оценить безопасные расстояния для объектов, находящихся в зоне теплового воздействия, и дает исходные данные для разработки средств активной защиты людей и техники.

Ключевые слова: тепловой поток, факел пожара аварийного фонтана углеводородного топлива, методика оценки падающего теплового потока, безопасность при пожаре.

Введение. Современный Казахстан в своем социально-экономическом развитии большое значение уделяет состоянию и развитию нефтегазовой отрасли. При этом надо помнить, что нефте- и газодобыча были и остаются отраслями подверженными наиболее высокой опасности возникновения чрезвычайных ситуаций, наиболее частыми из которых являются пожары. Количественная оценка такой опасности становится возможной при применении теории пожарных рисков и все чаще используется специалистами, например, в работах [1-3]. В национальном стандарте СТ РК 30.19 – 2017 года «Метод определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [4] предлагаются общие положения осуществления таких расчетов. Однако большое многообразие объектов производственного назначения не дает возможности ограничиться применением только одного документа для оценки пожарного риска. В частности, в нем отсутствуют теоретические положения и практические рекомендации применительно к пожарам аварийных газонефтяных фонтанов. Разрешение данной проблемы возможно при проведении дальнейших научно-исследовательских работ в данной области.

Актуальность. Учитывая высокие пожаровзрывоопасные свойства углеводородного сырья, на объектах нефте- и газодобычи постоянно осуществляется комплекс профилактических мероприятий по предупреждению пожаров и минимизации их возможных последствий. Несмотря на принимаемые меры пожары на объектах нефте- и газодобычи происходят.

Примером пожара газового фонтана на территории Казахстана является чрезвычайная ситуация, возникшая 25 марта 2019 года на скважине № 8237

месторождения «Каламкас» в Мангистауской области Казахстана. После аварии с выбросом газо-водяной смеси произошло открытое горение газо-водяного проявления грифона на площади около 900 м², высота пламени достигала 10-15 метров. Ликвидация пожара продолжалась около пяти суток. Были задействованы специальные автомобили газо-водяного тушения и пожарные насосные станции (всего 21 единица пожарной и специальной техники и 84 человек личного состава). Однако наличие высокой температуры в зоне чрезвычайной ситуации и постоянные ветра, меняющие свое направление, не позволяли обеспечить оптимальную расстановку пожарной техники для эффективного ввода огнетушащих веществ непосредственно в очаг пожара [5].

По результатам анализа мероприятий по ликвидации и тушению данного пожара руководством нефтегазовой отрасли и противопожарной службы Республики Казахстан отмечено отсутствие обоснованных методик, позволяющих дать оценку реальной обстановке на пожаре, а также прогнозировать его развитие.

Пожары, возникающие на объектах нефтегазового комплекса, приводят не только к огромному социально-экономическому ущербу, наносят экологический вред и ведут к загрязнению окружающей среды, но могут привести к климатическим и биологическим катастрофам. При горении газовых и нефтяных фонтанов сгорают миллионы тонн углеводородов в день, а пожары могут продолжаться многие месяцы.

Тушение и ликвидация горящих фонтанов носит затяжной характер и требует привлечения большого количества сил и средств. Эти работы сопряжены с травматизмом, в отдельных случаях с гибелью людей, а также с выходом из строя пожарной техники и оборудования. Работники аварийно-спасательных служб и обслуживающий персонал объектов, участвующие в ликвидации аварий и тушении пожаров, подвергают свои жизни и здоровью большому риску, так как работы проводятся при воздействии экстремально высоких значений тепловых потоков и других опасных факторов пожара [6]. Необходимость разработки решений, позволяющих снизить риски на объектах газо- и нефтедобычи определяют актуальность рассматриваемой темы.

Теоретическая часть. Вопросы обеспечения безопасности людей при пожарах остаются достаточно актуальными, о чем свидетельствуют исследования отечественных и зарубежных ученых [7-10].

При пожаре на открытом пространстве наибольшую опасность представляет такой опасный фактор пожара, как тепловое излучение факела пламени.

В пределах безопасных расстояний между горящим углеводородным топливом и рядом расположенными зданиями и сооружениями необходимо использовать модель поверхностно-объемного излучателя,

$$q_n = q_s \varphi \tau \quad (1)$$

Формула (1) показывает, что падающий тепловой поток является функцией тепловых (q_s) и геометрических характеристик пламени (φ) и объекта, на который направлено тепловое воздействие, а также характеристики атмосферы между участвующими в теплообмене объектами (τ).

В модели поверхностно-объемного излучателя принимается, что источником энергообразования является весь объем реагирующих газов, в котором одновременно протекают процессы излучения и поглощения, а внешний радиационный теплообмен

происходит с поверхности определенного геометрического приближения. При этом ранее моделирование пожара осуществлялось при допущении, что горение происходит в условиях штиля. Позже зарубежными учеными были получены достаточно сложные формулы для определения коэффициента облученности при ветре, но и они имели ограниченную область применения, и, во всяком случае, не имели отношение к горящему фонтану.

Изучение пожаров углеводородного топлива показало, что форма факела и размеры очага пожара во многом будет определять разливающийся по поверхности земли нефтепродукт. Другими словами, такой пожар можно считать частным случаем разлива, и выделять его в отдельную группу не следует.

Моделирование пожаров розливов авторами исследовано в рамках научно-исследовательской работы [11].

В справочной литературе по теплообмену имеется большое количество формул для расчета коэффициентов облученности для наиболее часто встречающихся конфигураций [12, 13]. Однако применительно к газовым фонтанам ранее использовалась модель точечного источника излучения. Хотя при практическом применении в нормативных документах, например, в [14], ввиду отсутствия научно обоснованных данных по расчету коэффициента облученности для газового факела рекомендуется использовать формулы, полученные для пожаров розливов. Более того в том же документе отмечается, что факел имеет форму конуса с коэффициентом конусности равным 0,15 т.е.

$$H_{\Phi} = 0,15 D \quad (2)$$

С высотой факела:

$$H_{\Phi} = k G^{0,4} \quad (3)$$

где H_{Φ} - длина факела по оси, м;
 D - диаметр верхушки факела, м;
 k – эмпирический коэффициент;
 G – расход продукта кг/с.

Кроме того, в предшествующих исследованиях теплового воздействия от факела пламени горящего топлива не учитывались такие факторы, как направление и скорость ветра, а также изменение геометрических параметров факела под его воздействием. Поэтому таких соотношений может возникнуть так много, что получение аналитических формул для расчета коэффициентов облученности для всех возможных случаев будет невозможным.

Для обеспечения безопасности людей при тушении пожара газового фонтана весьма важным является оценка распределения падающих тепловых потоков в зоне боевых действий пожарных подразделений. Это рабочая зона, в которой кроме сотрудников специализированных аварийно-спасательных подразделений находится также персонал объекта и другие специалисты, принимающие участие в ликвидации аварийного фонтанирования. Под рабочей зоной будем понимать пространство высотой 2 метра над уровнем площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих людей.

В основу методики расчета коэффициента облученности положен закон Ламберта

$$\frac{1}{\pi} \int_{F_1} \frac{\cos \psi_1 \cos \psi_2}{S^2} dF_1 = \varphi \quad (4)$$

где, S – расстояние между центрами элементарных площадок на F_1 и F_2 ;
 ψ_1, ψ_2 - углы между S и нормалью к площадкам на F_1 и F_2 соответственно.

Чтобы произвести интегрирование, необходимо было, выразить величины, стоящие под знаком интеграла в уравнении (2) через известные параметры. Этот процесс подробно описан нами в работе [15]. В этой работе были решены следующие задачи: приведено подынтегральное выражение (4) применительно к рабочей зоне, совмещены координаты факела и объекта риска в единую систему, выполнено численное интегрирование, проведена проверка адекватности модели. Вся работа была проведена применительно к расчетной схеме, когда под воздействием ветра пламя наклонилось в сторону соседнего объекта. Расчетная схема показана на рисунке 1.

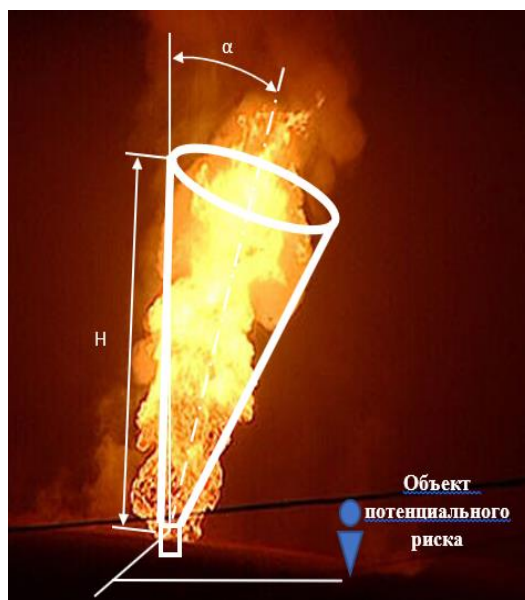


Рисунок 1 – Расчетная схема

Итак, получена математическая модель, позволяющая построить модель теплового воздействия при горении аварийного фонтана углеводородного топлива, а именно: осуществлять выбор локальных систем координат; получить математическое описание излучающего объекта и потенциального объекта риска; совмещать системы координат; рассчитать коэффициент облученности объекта, произвольно расположенного в зоне вокруг горящего газового факела численными методами, при любой конфигурации пламени открыто горящего продукта и с учетом ветрового воздействия.

Практическое применение. Определение плотности падающих тепловых потоков от факела горящего фонтана позволяет установить безопасное расстояние от фронта пожара (пассивная защита), вместе с тем данные являются исходными для разработки специальных средств активной защиты при расположении персонала в непосредственной близости от фонтана.

Проведенные исследования положены в основу разработки алгоритма и функциональной структуры программы моделирования обстановки при пожаре.

С помощью современных технологий компьютерного моделирования можно получить виртуальную картину пожара в разные периоды времени, прогнозировать его дальнейшее развитие, отслеживать динамику состояния и температурного режима облучаемого объекта, т. е. объекта, находящегося рядом с горящим, его живучести в условиях воздействия опасных факторов пожара. Применение современных компьютерных средств с использованием соответственного программного для моделирования сложных пожаров углеводородных фонтанов может стать важным инструментом практической части работы пожарных, в плане отработки возможных сценариев развития пожаров, что в свою очередь позволяет максимально эффективно, выполнять их локализацию и тушение.

Результаты исследования могут использоваться при разработке нормативных и методических документов по организации ликвидации и тушению пожаров газовых фонтанов, а также обеспечению безопасности сотрудников, участвующих в тушении.

Список литературы

1. Djumagaliev R. M., Kokushev O. K., Djumagaliev T. R., Beisengazinov R. A., Atalay Elchioglu, Vassina I. A. Investigation and management of fire risks at sites with application of translucent building structures // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences. 2020. No/6, pp 59-67. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.131>
2. Abdrakhmanov N. Kh., Fedosov A. V., Shaibakov R. A., Abdrakhmanova K. N., Sharipov (Aubakirov) G. A., Kozlowski Waldemar. Organization of safe management of fire operations on gas pipelines. Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019, No/6, pp. 272-280. <https://doi.org/10.32014/.2019.2518-1467.171>
3. Abdrakhmanov N.Kh., Sharipov (Aubakirov) G.A., Fedosov A.V., Abdrakhmanova K.N., Kozlowski Waldemar. Improving the functioning of the integrated system for managing labor and industrial safety in the oil and gas industry // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. N 5. P. 184-191. <https://doi.org/10.32014/.2019.2518-1467.138>
4. СТ РК 3019-2017 Безопасность пожарная. Оценка пожарного риска. Метод определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. – Введен 2019-01-01. – Астана: Приказ Председателя КТРМ МИР РК от 01.11.2017 года № 297-од.
5. Департамент по чрезвычайным ситуациям Мангистауской области. «Грифон совсем не миф» // Пожарный и спасатель. – 2019. – 4: 36.
6. Gavtunyak P. I., Gultsev V. E., Zhuravlev V. V., Kustyshev A. V., Chabaev L. U. SPECIAL ASPECTS OF OPEN GAS BLOWOUT LIQUIDATION ON A DEEP PROSPECTING AND APPRAISAL WELL // Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety. 2015, № 24(1), P. 65-72. (In Russ.)
7. Astopov P.E., Fedorov A.V., Chlenov A.N., Lomaev E.N., Ishchenko A.D. Technological and structural solutions for the creation of the monitoring system of explosive fire-proof objects of oil production and transport // Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety. 2017, № 26(10), P. 50-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/pvb.2017.26.10.50-60>.
8. Bykov A. I. method of estimating of the natural gas mass involved in the formation of a fiery torch at break of the main pipeline // Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety. 2015, № 24(9), P.48-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/PVB.2015.24.09.48-54>

9. Vykov A. I., Novak A. V. Technique of building models of the heat affected zones in the fire on the main gas pipeline // *Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety*. 2018; № 27(11), P.41-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/PVB.2018.27.11.41-50>
10. Ақжанов Т. К., Мендыбаев А. Ж. Өрт сөндіру кезіндегі авариялық барлау және өрт сөндірушіні құтқару // *Наука и образование в гражданской защите*. – 2022. – № 2 (46). – С.68-73.
11. Проведение исследований по оценке и управлению рисками пожароопасных технологических процессов в нефтегазовой отрасли Республики Казахстан: отчет о НИР / СНИЦ ПБ и ГО МЧС РК: рук. Джумагалиев Р. М. – Алматы, 2011. 306 с. – № ГР 0111РК00085.
12. Кутателадзе С. С. Справочник по теплопередаче. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 415 с. ISBN 978-5-458-36211-5.
13. Кошмаров Ю. А. Башкирцев М. П. Термодинамика и теплопередача в пожарном деле. – М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987. – 444 с.
14. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утверждена приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. N 404.
15. Dzhumagaliev R. M., Kokushev O. K., Dzhumagaliev T. R. The Numerical Implementation of the Method for Determining the Thermal Impact of Gas Blowout Fire, Considering the Wind Direction // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 720 (2021) 012008 doi:10.1088/1755-1315/720/1/012008

References

1. Djumagaliev R. M., Kokushev O. K., Djumagaliev T. R., Beisengazinov R. A., Atalay Elchioglu, Vassina I. A. Investigation and management of fire risks at sites with application of translucent building structures // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences*. 2020. No/6, pp 59-67. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.131>
2. Abdrakhmanov N. Kh., Fedosov A. V., Shaibakov R. A., Abdrakhmanova K. N., Sharipov (Aubakirov) G. A., Kozlowski Waldemar. Organization of safe management of fire operations on gas pipelines // *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 2019, No/6, pp. 272-280. <https://doi.org/10.32014/.2019.2518-1467.171>
3. Abdrakhmanov N. Kh., Sharipov (Aubakirov) G. A., Fedosov A. V., Abdrakhmanova K.N., Kozlowski Waldemar. Improving the functioning of the integrated system for managing labor and industrial safety in the oil and gas industry // *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019. N 5. P. 184-191. <https://doi.org/10.32014/.2019.2518-1467.138>
4. ST RK 3019-2017 Bezопасnost` pozharnaya. Ocenka pozharnogo riska. Metod opredeleniya raschetny`x velichin pozharnogo riska na proizvodstvenny`x ob`ektax. – Vveden 2019-01-01. – Astana: Prikaz Predsedatelya KTRM MIR RK ot 01.11.2017 goda № 297-od.
5. Departament po chrezvy`chajny`m situacijam Mangistauskoj oblasti. «Grifon sovsem ne mif» // *Pozharny`j i spasatel`*. – 2019. – 4: 36.
6. Gavtunyak P. I., Gultsev V. E., Zhuravlev V. V., Kustyshev A. V., Chabaev L. U. SPECIAL ASPECTS OF OPEN GAS BLOWOUT LIQUIDATION ON A DEEP PROSPECTING AND APPRAISAL WELL // *Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety*. 2015; № 24(1), P. 65-72. (In Russ.)
7. Astapov P. E., Fedorov A. V., Chlenov A. N., Lomaev E. N., Ishchenko A. D. Technological and structural solutions for the creation of the monitoring system of explosive fire-proof objects of oil production and transport // *Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety*. 2017; № 26(10), P. 50-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/pvb.2017.26.10.50-60>.

8. Bykov A. I. method of estimating of the natural gas mass involved in the formation of a fiery torch at break of the main pipeline //Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety. 2015; № 24(9), P.48-54. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/PVB.2015.24.09.48-54>
9. Bykov A. I., Novak A. V. Technique of building models of the heat affected zones in the fire on the main gas pipeline // Pozharovzryvobezопасnost/Fire and Explosion Safety. 2018; № 27(11). P. 41-50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18322/PVB.2018.27.11.41-50>
10. Akzhanov T., Mendybaev A. Civil Defence Academy named by Malik Gabdullin MES of the Republic of Kazakhstan // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite. – 2022. – № 2(46). – С.68-73.
11. Provedenie issledovaniy po ocenke i upravleniyu riskami pozharoopasnyh tekhnologicheskikh processov v neftegazovoj otrasli Respubliki Kazahstan: otchet o NIR / SNIC PB i GO MCHS RK: ruk. Dzhumagaliev R. M. – Almaty, 2011. 306 с. – № GR 0111RK00085.
12. Kutateladze S. S. Spravochnik po teploperedache. – M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. – 415 с. ISBN 978-5-458-36211-5
13. Koshmarov Yu. A. Bashkircev M. P. Termodinamika i teploperedacha v pozharnom dele. – M.: VIPTSh MVD SSSR, 1987. – 444 с.
14. Metodika opredeleniya raschetny`x velichin pozharnogo riska na proizvodstvenny`x ob`ektax, utverzhdena prikazom MChS Rossii ot 10 iyulya 2009 g. N 404
15. Dzhumagaliev R. M., Kokushev O. K., Dzhumagaliev T. R. The Numerical Implementation of the Method for Determining the Thermal Impact of Gas Blowout Fire, Considering the Wind Direction // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 720 (2021) 012008 doi:10.1088/1755-1315/720/1/012008

Р. М. Джумагалиев¹, О. К. Кокушев¹, Т. Р. Джумагалиев¹, И. А. Васина²

¹«Global Fire Protection» ЖШС, Алматы, Қазақстан

²«RD Fire Group» ЖШС, Алматы, Қазақстан

КӨМІРСУТЕК ОТЫН АПАТТЫҚ ФОНТАНЫНЫҢ ЖАНУ КЕЗІНДЕ АДАМДАРДЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Аңдатпа: Мақалада сұйық және газ тәрізді өнімге арналған көмірсутекті отынның авариялық фонтанының өрт алауынан түсетін жылу ағынын анықтаудың ғылыми негізделген әдісін әзірлеу қажеттілігі негізделген. Бұл ретте алау желдің әсерінен тік осьтен желдің бағыты бойынша еңкейтілген конустық нысанда қабылданады. Ұсынылған әдістеме желдің бағыты мен жылдамдығын ескере отырып, жанып жатқан алаудың айналасындағы кеңістіктің кез келген нүктесінде түсетін жылу ағынын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдісті магистральдық газ құбырларындағы апат кезінде газ ағынының алауының жылу әсерін бағалау кезінде де қолдануға болады.

Әдістемені практикалық қолдану аварияны жоюға және өртті сөндіруге қатысатын адамдар үшін қауіпсіз қашықтықты анықтауға, жылу әсер ету аймағындағы объектілер үшін қауіпсіз қашықтықты бағалауға мүмкіндік береді және адамдар мен техниканы белсенді қорғау құралдарын әзірлеу үшін бастапқы деректерді береді.

Түйінді сөздер: жылу ағыны, көмірсутекті отынның авариялық фонтанының өрт алауы, түсетін жылу ағынын бағалау әдістемесі, өрт кезіндегі қауіпсіздік.

R. M. Djumagaliev¹, O. K. Kokushev¹, T. R. Jumagaliyev¹, I. A. Vassina²

¹«Global Fire Protection» LLP, Almaty, Kazakhstan

²«RD Fire Group» LLP, Almaty, Kazakhstan

ENSURING THE SAFETY OF PEOPLE DURING THE COMBUSTION OF THE EMERGENCY FOUNTAIN OF HYDROCARBON FUEL

Abstract: The article substantiates the importance of developing a scientifically grounded method for determining the decreasing heat flux from the flame of an emergency fountain of hydrocarbon fuel for liquid and gaseous products. In this case, the torch takes a conical shape, inclined under the influence of the wind from the vertical axis in the direction of the wind. The proposed technique will make it possible to determine the falling heat flux at any point in space around the burning torch taking into account the direction and speed of the wind. The technique can also be used to assess the thermal effect of a gas jet flame in an accident on main gas pipelines.

The practical application of the technique will make it possible to determine the safe distances for people involved in the elimination of the accident and extinguish the fire, to estimate the safe distances for objects located in the heat-affected zone and provide initial data for the development of means of active protection of people and equipment.

Key words: heat flow, fire torch of an emergency fountain of hydrocarbon fuel, methods for assessing a decreasing heat flow, fire safety.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Руслан Маркленұлы Жұмағалиев – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, ғылыми жетекші «Global Fire Protection» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Егізбаев к-сі, 13. E-mail: ruslan_djum@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0724-9218>

Олжас Қуанышбайұлы Кокушев – инженер, жоба жетекшісі «Global Fire Protection» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Егізбаев к-сі, 13. E-mail: djafar2503@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0594-4268>

Тимур Русланұлы Жұмағалиев – инженер, жоба жетекшісі «Global Fire Protection» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Егізбаев к-сі, 13. E-mail: timohad87@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1092-7155>

Ирина Анатольевна Васина – инженер «RD fire Group» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Гагарин к-сі, 155, кеңсе 407. E-mail: virina19641024@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5573-4675>

Джумағалиев Руслан Маркленович – кандидат технических наук, профессор, научный руководитель ТОО «Global Fire Protection». Казахстан, Алматы, ул. Егизбаева 13. E-mail: ruslan_djum@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0724-9218>

Кокушев Олжас Қуанышбаевич – инженер, руководитель проектов ТОО «Global Fire Protection». Казахстан, Алматы, ул. Егизбаева 13. E-mail: djafar2503@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0594-4268>

Джумағалиев Тимур Русланович – инженер, руководитель проектов ТОО «Global Fire Protection». Казахстан, Алматы, ул. Егизбаева 13. E-mail: timohad87@mail.ru; gfp_office@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1092-7155>

Васина Ирина Анатольевна – инженер ТОО «RD fire group». Казахстан, Алматы, ул. Гагарина, 155, оф. 407. E-mail: virina19641024@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-5573-4675>

Djumagaliev Ruslan – Candidate of Technical Sciences, professor, scientific supervisor «Global Fire Protection» LLP. Kazakhstan, Almaty, Egizbayeva str. 13. E-mail: ruslan_djum@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0724-9218>

Kokushev Olzhas – engineer, project manager «Global Fire Protection» LLP. Kazakhstan, Almaty, Egizbayeva str. 13. E-mail: djafar2503@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0594-4268>

Djumagaliev Timur – engineer, project manager «Global Fire Protection» LLP. Kazakhstan, Almaty, Egizbayeva str. 13. E-mail: timohad87@mail.ru; gfp_office@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1092-7155>

Vassina Irina – engineer «RD fire Group» LLP. Kazakhstan, Almaty, Gagarina str. 155, office 407. E-mail: virina19641024@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5573-4675>