

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2020.79.55.007

Структурные особенности безопасности труда при выполнении работ по модернизации системы пожаротушения

Фадеева Виктория Сергеевна

Студент,
Дальневосточный федеральный университет,
690922, Российская Федерация, Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10;
e-mail: fadeeva@mail.ru

Сыпко Виктория Викторовна

Студент,
Дальневосточный федеральный университет,
690922, Российская Федерация, Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10;
e-mail: fadeeva@mail.ru

Алексеева Екатерина Олеговна

Студент,
Дальневосточный федеральный университет,
690922, Российская Федерация, Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10;
e-mail: fadeeva@mail.ru

Аннотация

Статистические данные свидетельствуют, что наиболее распространенным видом чрезвычайных ситуаций являются пожары, соответственно, травмы спасателей преимущественно связаны с негативно действующими факторами пожара (НДФП). К числу основных таких факторов относятся тепловое воздействие в виде инфракрасного излучения и конвекционных потоков газов; ударная волна от взрывов газовых смесей или других веществ; механическое воздействие нарушенных пожаром падающих обломков; травмирование острыми или тяжелыми предметами; образование токсичной и душной среды; поражения электрическим током; радиационные излучения и тому подобное. Актуальной проблемой для Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) является обеспечение мер защиты спасателей от НДФП путем обеспечения профилактических мер, использования защитных средств, применения безопасных тактических схем и приемов и тому подобное. Теоретическим основанием для разработки мер обеспечения безопасности сотрудников спасательных подразделений в условиях ведения аварийно-спасательных работ (АСР) при действии НДФП в первую очередь может быть предварительная оценка специфических наиболее масштабных и достоверных, так называемых экстремальных опасностей и рисков.

Для цитирования в научных исследованиях

Фадеева В.С., Сыпко В.В., Алексеева Е.О. Структурные особенности безопасности труда при выполнении работ по модернизации системы пожаротушения // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Том 10. № 7А. С. 56-63. DOI: 10.34670/AR.2020.79.55.007

Ключевые слова

Управление, пожар, безопасность, структура, динамика, труд, пожаротушение.

Введение

В современной технической литературе широко распространено оценивать угрозы человеку в производственной среде с помощью понятия риск. Википедия дает понятие риска как сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий. При ведении АСР минимальное следствие негативного события ТС для спасателя – это невозможность выполнения спасателем оперативных действий, максимальное – тяжелое травмирование. Общепринято оценивать величину риска R как результат умножения вероятности события P на ее масштаб (следствие) M_c : $R = PM_c$.

Экстремальный риск R_e для спасателя, в контексте данной работы, – такой риск, что может привести к поражению спасателя, который находится вблизи источника пламени.

Известны несколько методических подходов к оценке производственных рисков. Одним из наиболее распространенных методов их оценки является учет коэффициента частоты травмирования относительного показателя числа травмированных спасателей за отрезок времени, например за год, к их общему количеству с приведением до тысячи работающих N . Но вследствие нестабильного характера возникновения пожаров, большого разнообразия чрезвычайных ситуаций и условий их развития этот метод может определять большую ошибку, поэтому не является адекватным к аварийным работам.

Методы оценки риска

Некоторые методы оценки риска основаны на результатах экономических затрат из-за пребывания пострадавших на больничных, инвалидности. Недостатком такого метода является возможность сокрытия травм, искажения медицинской статистики, ее несовершенство и тому подобное. Недостаточно исследованной в настоящее время является также возможность применения стохастических и имитационных моделей, что аргументированно отражено в [Huang, Feng, Li, 2014; 6].

Для оценки надежности и безопасности эксплуатации оборудования и производственных процессов используют метод «дерева отказов», основной характеристикой надежности является доля отказов, величина которой вмещает в себе данные о случайном явлении – время безотказной работы [7]. «Дерево отказов» является топологической моделью надежности и безопасности, поскольку оно учитывает логико-вероятностные взаимосвязи между различными отдельными случайными исходными событиями в виде эксплуатационных первичных или результирующих отказов, совокупность которых приводит к главному событию – опасной, критической или аварийной ситуации и в общем к несчастному случаю [Kruzhilin, Varanova, Baghdasaryan, 2020]. Однако такие методы малопригодны для оперативной оценки рисков в реальных условиях ликвидации чрезвычайных ситуаций вследствие их громоздкости и

сложности.

Фундаментальные исследования в направлении оценки экстремальных рисков при ведении АСР выполнены в [Li, Shan, 2010; Liu, Meng, 2010] где заложены методические подходы к определению риска при проведении аварийно-спасательных работ, в которых необходимо учитывать не только наработки на отказ технических систем, используемых спасателями, но и вероятность безошибочного выполнения последними производственных функциональных действий. В качестве примера приведены полученные с помощью метода «дерева отказов» данные о вероятности событий, которые могут привести к вреду здоровью спасателей (табл. 1) [Li, Shan, 2010]. Большое количество приведенных в таблице вероятности событий одного порядка ($n10^{-4}$) могут привести к травмированию спасателя, затрудняющему выработку и принятие решений по обеспечению его безопасности в процессе работы.

Важной является психофизиологическая сторона труда спасателей, а именно эмоциональная нагрузка при соприкосновении с травмами людей и действием экстремальных факторов пожара или другой чрезвычайной ситуации, что требует особого внимания. Физическое состояние человека в течение рабочего времени меняется в сторону ухудшения качественного выполнения умственных и физических нагрузок. Таким образом, установлено, что величина риска травмы вследствие действия человеческого фактора не является постоянной, а увеличивается в течение выполнения операций спасателем. Например, согласно [Ruting, 1996], вероятность безошибочного выполнения человеком операций по приему информации, ее оценки и принятию решения меняется от $P(t) = 0.783$ до $0,447$, а задержка во времени – от 15 до 40 с, что свидетельствует о значительной угрозе неадекватного действия спасателя, особенно при быстрой смене обстановки. На это указывают и результаты исследования [Savoshinsky, Zakharov, Pak, 2018], которые акцентируют внимание на проблемах, связанных с несоответствием психофизиологической подготовки работников требованиям определенной трудовой деятельности.

Таблица 1 - Вероятность событий, приводящих к причинению вреда здоровью спасателя

Событие	Вероятность
Прикосновение к токопроводящим элементам объекта	$5 \cdot 10^{-4}$
Выход из строя электротехнических средств	$2 \cdot 10^{-4}$
Травмирование при использовании ручного электроинструмента	$2 \cdot 10^{-4}$
Травмирование при использовании ручного гидравлического инструмента	$2 \cdot 10^{-4}$
Травмирование при использовании ручного пневматического инструмента	$7,2 \cdot 10^{-4}$
Травмирование в результате падения при перемещении на объекте	$3 \cdot 10^{-4}$
Травмирование вследствие падения (обвала) строительных конструкций, элементов оборудования	$3 \cdot 10^{-4}$
Ушиб верхних конечностей при ведении АСР	$3 \cdot 10^{-4}$
Ушиб нижних конечностей при ведении АСР	$3 \cdot 10^{-4}$
Травмирование при освобождении из-под элементов объекта и оборудования пострадавших	$2 \cdot 10^{-4}$
Травмирование в процессе подготовки пострадавших к транспортировке	$2 \cdot 10^{-4}$
Травмирование в процессе транспортировки пострадавших	$3 \cdot 10^{-4}$
Прикосновение к острым и разбитым элементам конструкций и оборудования	$3 \cdot 10^{-4}$
Наличие условий для возникновения пожара	$5 \cdot 10^{-4}$
Наличие условий и источников взрыва	$5 \cdot 10^{-4}$
Попадание горячих обломков строительных конструкций на средства индивидуальной защиты	$3 \cdot 10^{-4}$

Событие	Вероятность
Превышение ПДК вредных веществ в воздухе зоны проведения АСР	$5 \cdot 10^{-4}$
Нарушение нормативных показателей параметров микроклимата (высокие: скорость, влажность и температура воздуха)	$4 \cdot 10^{-4}$
Наличие источников теплового облучения	$4 \cdot 10^{-4}$
Локализация превышенного теплового облучения (эффект костра)	$4 \cdot 10^{-4}$
Наличие повышенного уровня шума	$4 \cdot 10^{-4}$
Нарушение характеристик освещения	$3 \cdot 10^{-4}$
Чрезмерное физическое напряжение с его последствиями	$2 \cdot 10^{-4}$
Наличие психофизиологических ШНВЧ (неудобная рабочая поза, монотонность, стрессогенные ситуации, недостаточная информация для выполнения АСР и др.)	$4 \cdot 10^{-4}$
Выход из строя защитного шлема	$3 \cdot 10^{-4}$
Выход из строя защитного прозрачного щитка для глаз защитного шлема	$2 \cdot 10^{-4}$
Нарушение целостности спецодежды	$4 \cdot 10^{-4}$
Нарушение целостности спецобуви	$2 \cdot 10^{-4}$
Нарушение целостности защитных устройств	$2 \cdot 10^{-4}$
Отказ защитных устройств	$4 \cdot 10^{-4}$

Известен аналитический подход к понятию «производственная система» [Semenyutina, Choi, Bugreev, 2020], который позволяет регулировать взаимодействие между человеком, рабочими материалами, средствами производства и окружающей средой. Такое определение риска часто усложняется из-за отсутствия данных относительно элементов такой системы на аварийном объекте, при возникновении чрезвычайной ситуации, оценку состояния объекта в таком состоянии можно осуществить только путем разведки, например, уточняя вероятность утечки легковоспламеняющихся газов и жидкостей или других осложнений.

Как показывают результаты анализа литературных источников, существующие методы определения производственных рисков при выполнении АСР не дают ответа на вопрос относительно того, каким образом опасные параметры чрезвычайной ситуации определяют их экстремальные величины. Этому мешает множество вариантов опасного воздействия на спасателя, которые могут сложиться на конкретном объекте при возникновении чрезвычайных ситуаций. В реальной аварийной обстановке, при дефиците времени и информации, приходится руководствоваться доступными, но ограниченными данными, которые отражают конкретную ситуацию. Поэтому целью работы является совершенствование направленной на повышение безопасности и эффективности труда спасателей методологии качественной оценки экстремальных условий ведения аварийно-спасательных работ, что будет способствовать совершенствованию тактики ликвидации пожаров и модернизации средств защиты.

Основой для создания основ методики оценки экстремальных условий ведения АСР является ситуационный анализ как новый вариант изучения производственной системы. Он предусматривает анализ опасностей в рамках специфической системы «состояние окружающей среды – факторы НДФП – индивидуальные средства защиты – организм спасателя», возникающей при ликвидации пожара.

В общем представлении опасностью считают возможность возникновения обстоятельств, при которых материя, поле, информация или их сочетание влияют на сложную систему и приводят к ухудшению или невозможности ее функционирования. В случае ведения АСР по тушению пожара предлагается отдельно анализировать опасности как объективные реальности, образующиеся в элементах системы «состояние окружающей среды – негативно действующие факторы пожара (НДФП) – индивидуальные средства защиты – организм спасателя». Это

объясняется тем, что выход из строя одного из элементов приводит к фатальным последствиям во всей системе.

Раскрытие механизма действия основных негативных факторов в каждом элементе этой системы позволит определить пути минимизации их негативного влияния на ход АСР, предложить способы и средства снижения экстремальных рисков.

Результаты исследований

Приведем итоги поэлементного анализа системы «состояние окружающей среды – НДСП – индивидуальные средства защиты – организм спасателя».

Элемент указанной системы «состояние окружающей среды на аварийном объекте» следует оценивать исходя с того, что в нем опасности можно условно разделить на три основные группы, а именно: климатические условия, топология пространства и состояние противопожарной защиты аварийного объекта.

Основные климатические факторы – это погодные условия: температура воздуха, направление и сила ветра, осадки (дождь, снег, град), видимость (туман, пыль), солнечная радиация, время суток (день, ночь). Они могут привести к усложнению организации и ведению аварийно-спасательных работ, это определяет те или иные виды рисков. Большинство из перечисленных факторов учтено в нормативных документах, используемых руководителями спасательных подразделений или исследованных в научной литературе [Su, Yang, Yuan, Sun, 2009]. Например, действие отрицательных температур в широком диапазоне от 0 до 40°C [Wang, Zhu, Yang, Tang, 2015]. Следует обратить внимание на то, что в нормативных документах и научной литературе отсутствуют рекомендации по обеспечению защиты от солнечной радиации при ведении работ на открытом пространстве, таких как тушение торфяников, лесных пожаров и тому подобное. Опыт показывает, что воздействие солнца бывает опасным для работающих даже при отсутствии теплового воздействия источника горения. Такой вид риска можно учесть как экстремальный, непостоянно действующий, он требует отдельного подробного изучения.

Заключение

Топология пространства, рельеф местности, наличие или отсутствие на аварийном объекте дорог с твердым покрытием, сложные маршруты выдвижения и развертывания подразделений МЧС, особенно на промышленных предприятиях, захламленность территории – все это обуславливает определенные риски, которые, как правило, являются практически неизменными в течение ликвидации пожара. Иногда при катастрофических пожарах, осложненных взрывами, когда меняется ситуация на предприятии, уровень такого вида риска скачкообразно меняется. Меры снижения такого рода опасностей заключаются в выборе безопасных, незащищенных маршрутов с достаточной видимостью рабочих мест.

Опасность во время использования средств защиты от тепла и средств защиты органов дыхания также не является величиной постоянной, она растет пропорционально уровню теплового состояния среды, окружающей спасателя, и продолжительности работы в нем. Снижение опасности такого рода возможно, в первую очередь, путем совершенствования систем охлаждения средств защиты и организма спасателя.

Защиту спасателя в условиях быстрой динамики изменения внешней обстановки, которая превышает физиологические возможности реакции организма, целесообразно обеспечивать автоматическими средствами, которые имеют большее быстродействие.

Библиография

1. Fan Y., Li X. A Nine-Small Place Fire Safety Management System // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. No. 929. P. 364-372.
2. Fang X., Di Z., Jun W. Fire safety management information system design for key social organizations // *Proceedings – 2014 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications*. ISDEA. 2014. P. 493-496.
3. Gan F. et al. Design and application of building fire safety monitor system. In *Progress in Safety Science and Technology Volume 4 // Proceedings of the 2004 International Symposium on Safety Science and Technology*. 2004. P. 1499-1502.
4. Hirschler M.M. Fire safety requirements for wires and cables // *15th International Conference and Exhibition on Fire and Materials*. 2017. Vol. 1. P. 2-16.
5. Huang M., Feng J.L., Li P. Design and implementation of three dimensional fire safety household registration management system // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. No. 556–562. P. 6775-6778.
6. Jun W. et al. Discussion of society fire-fighting safety management internet of things technology system // *Proceedings - 2014 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications*. ISDEA. 2014. P. 422-425.
7. Kim D., Kim S. Design of real-time fire evacuees' state information verification system for fire rescue // *Lecture Notes in Electrical Engineering*. LNEE. 2013. No. 236. P. 863-870.
8. Kruzhilin S., Baranova T., Baghdasaryan A. Current state and longevity forecast of oak trees in the Gornensky State Nature Reserve // *World Ecology Journal*. 2020. No. 10(1). P. 3-21.
9. Li Y.-X., Shan G.-R. Application and research of Web GIS in fire command information system // *2nd International Conference on Information Science and Engineering, ICISE2010 – Proceedings*. 2010. P. 3547-3549.
10. Liu X., Meng Y. The research on forest fire prevention information system based on GIS // *Proceedings – 2010 International Forum on Information Technology and Applications, IFITA*. 2010. Vol. 2. P. 168-171.
11. Ruting W. Fire safety through computers: emergency response along the information superhighway // *Journal of Applied Fire Science*. 1996. No. 5(1). P. 33-44.
12. Savoshinsky O.P., Zakharov A.A., Pak A.V. Fire Safety Management in Transportation of Municipal Wastes with the Use of Geographic Information Systems // *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference; Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development, WASTE*. 2018. P. 55-57.
13. Semenyutina A., Choi M., Bugreev N. Evaluation of woody plants of *Juniperus L.* for urban greening in sparsely wooded regions // *World Ecology Journal*. 2020. No. 10(1). P. 97-120.
14. Su G.F., Yang L., Yuan H.Y., Sun Z.H. Fire emergency response information system -Digitized emergency plan for fire safety of Beijing olympic venues // *Proceedings of the IADIS International Conference Information Systems*. IS. 2009. P. 128-134.
15. Wang H.-L., Zhu J., Yang Z., Tang J. Study on administrative system and enforcement mechanism of China urban public fire safety education // *Proceedings – 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA*. 2015. P. 667-673.
16. Wang H., Zhu J., Yang Z., Tang J. Study on administrative and educational measures of China urban public fire safety education // *Procedia Engineering*. 2014. Vol. 84. P. 151-165.
17. Yang C., Chen X. Fire safety awareness dynamic propagation model on campus with fuzzy information under Lotka-Volterra system // *Proceedings of the 2015 27th Chinese Control and Decision Conference, CCDC*. 2015. P. 343-347.

**Structural features of labor safety when performing work on modernization
of fire extinguishing system****Viktoriya S. Fadeeva**

Student,
Far Eastern Federal University,
690922, 10 Ayaks Bay, Russkii Island, Vladivostok, Russian Federation;
e-mail: fadeeva@mail.ru

Viktoriya V. Sypko

Student,
Far Eastern Federal University,
690922, 10 Ayaks Bay, Russkii Island, Vladivostok, Russian Federation;
e-mail: fadeeva@mail.ru

Ekaterina O. Alekseeva

Student,
Far Eastern Federal University,
690922, 10 Ayaks Bay, Russkii Island, Vladivostok, Russian Federation;
e-mail: fadeeva@mail.ru

Abstract

Statistics show that fires are the most common type of emergencies; accordingly, the injuries of rescuers are mainly associated with negative fire factors. The main such factors include thermal effects in the form of infrared radiation and convection gas flows; shock wave from explosions of gas mixtures or other substances; mechanical impact of falling debris disturbed by fire; injury from sharp or heavy objects; the formation of a toxic and stuffy environment; electric shock; radiation and the like. An urgent problem for the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of the Consequences of Natural Disasters is the provision of measures to protect rescuers from negative fire factors by providing preventive measures, the use of protective equipment, the use of safe tactical schemes and techniques, and others. The theoretical basis for the development of measures to ensure the safety of employees of rescue units in the conditions of emergency rescue operations under the action of negative fire factors, in the first place, can be a preliminary assessment of the specific most large-scale and reliable, so-called extreme hazards and risks. The protection of the rescuer in conditions of rapid dynamics of changes in the external environment, which exceeds the physiological capabilities of the body's reaction, it is advisable to provide automatic means that have a faster response.

For citation

Fadeeva V.S., Sypko V.V., Alekseeva E.O. (2020) Strukturnye osobennosti bezopasnosti truda pri vypolnenii rabot po modernizatsii sistemy pozharotusheniya [Structural features of labor safety when performing work on modernization of fire extinguishing system]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 10 (7A), pp. 56-63. DOI: 10.34670/AR.2020.79.55.007

Keywords

Management, fire, safety, structure, dynamics, labor, firefighting.

References

1. Fan Y., Li X. (2019) A Nine-Small Place Fire Safety Management System. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 929, pp. 364-372.
2. Fang X., Di Z., Jun W. (2014) Fire safety management information system design for key social organizations. *Proceedings – 2014 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications. ISDEA*,

-
- pp. 493-496.
3. Gan F. et al. (2004) Design and application of building fire safety monitor system. In Progress in Safety Science and Technology Volume 4. *Proceedings of the 2004 International Symposium on Safety Science and Technology*, pp. 1499-1502.
 4. Hirschler M.M. (2017) Fire safety requirements for wires and cables. *15th International Conference and Exhibition on Fire and Materials*, 1, pp. 2-16.
 5. Huang M., Feng J.L., Li P. (2014) Design and implementation of three dimensional fire safety household registration management system. *Applied Mechanics and Materials*, 556–562, pp. 6775-6778.
 6. Jun W. et al. (2014) Discussion of society fire-fighting safety management internet of things technology system. *Proceedings - 2014 5th International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications. ISDEA*, pp. 422-425.
 7. Kim D., Kim S. (2013) Design of real-time fire evacuees' state information verification system for fire rescue. *Lecture Notes in Electrical Engineering. LNEE*, 236, pp. 863-870.
 8. Kruzhilin S., Baranova T., Baghdasaryan A. (2020) Current state and longevity forecast of oak trees in the Gornensky State Nature Reserve. *World Ecology Journal*, 10(1), pp. 3-21.
 9. Li Y.-X., Shan G.-R. (2010) Application and research of Web GIS in fire command information system. *2nd International Conference on Information Science and Engineering, ICISE2010 – Proceedings*, pp. 3547-3549.
 10. Liu X., Meng Y. (2010) The research on forest fire prevention information system based on GIS. *Proceedings – 2010 International Forum on Information Technology and Applications, IFITA*, 2, pp. 168-171.
 11. Ruting W. (1996) Fire safety through computers: emergency response along the information superhighway. *Journal of Applied Fire Science*, 5(1), pp. 33-44.
 12. Savoshinsky O.P., Zakharov A.A., Pak A.V. (2018) Fire Safety Management in Transportation of Municipal Wastes with the Use of Geographic Information Systems. *Proceedings of the 2018 IEEE International Conference; Management of Municipal Waste as an Important Factor of Sustainable Urban Development, WASTE*, pp. 55-57.
 13. Semenyutina A., Choi M., Bugreev N. (2020) Evaluation of woody plants of Juniperus L. for urban greening in sparsely wooded regions. *World Ecology Journal*, 10(1), pp. 97-120.
 14. Su G.F., Yang L., Yuan H.Y., Sun Z.H. (2009) Fire emergency response information system -Digitized emergency plan for fire safety of Beijing olympic venues. *Proceedings of the IADIS International Conference Information Systems. IS*, pp. 128-134.
 15. Wang H.-L., Zhu J., Yang Z., Tang J. (2015) Study on administrative system and enforcement mechanism of China urban public fire safety education. *Proceedings – 7th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, ICICTA*, pp. 667-673.
 16. Wang H., Zhu J., Yang Z., Tang J. (2014) Study on administrative and educational measures of China urban public fire safety education. *Procedia Engineering*, 84, pp. 151-165.
 17. Yang C., Chen X. (2015) Fire safety awareness dynamic propagation model on campus with fuzzy information under Lotka-Volterra system. *Proceedings of the 2015 27th Chinese Control and Decision Conference, CCDC*, pp. 343-347.
-