

Разработка математической модели для оценки качества внедрения системы телеметрии в организационную структуру управления газодымозащитной службы

А.Т. Алдабеков¹, В.В. Терехнев², А.С. Зюкова²

¹Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина

Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан,

¹020000, г. Кокшетау, ул. Акана-серэ, д. 136, Республика Казахстан,

²Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,

²129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, Россия

Резюме. Цель. Статья посвящена актуальным вопросам совершенствования газодымозащитной службы как в Республике Казахстан, так и за рубежом. Цель исследования состоит в разработке и внедрении инновационных подходов к совершенствованию газодымозащитной службы, направленных на повышение уровня защиты жизни спасателей и пострадавших в чрезвычайных ситуациях. Особое внимание уделяется интеграции современных технологических решений, позволяющих минимизировать риски, связанные с работой в непригодной для дыхания среде. Актуальность темы обусловлена ростом числа техногенных катастроф и необходимостью повышения эффективности действий аварийно-спасательных формирований. **Метод.** Исследование фокусируется на внедрении комплексной системы телеметрии, обеспечивающей удаленный мониторинг физиологического состояния спасателей, параметров окружающей среды и местоположения личного состава. Это позволяет корректировать действия подразделений, распределять ресурсы и оперативно реагировать на изменяющиеся условия. Система включает датчики, средства передачи данных и программное обеспечение для аналитики. **Результат.** Результаты внедрения телеметрии показали значительную оптимизацию управленческих процессов: сокращение количества руководящего персонала, возможность формирования дополнительных мобильных групп и повышение координации действий, что повлияло на оперативность реагирования и снижение времени на проведение поисково-спасательных работ. **Вывод.** Усовершенствованные механизмы мониторинга и управления на основе телеметрии являются ключевыми факторами повышения безопасности и эффективности работы газодымозащитных служб. Полученный опыт может быть успешно адаптирован и применен в других странах.

Ключевые слова: система телеметрий, функции управления газодымозащитной службы, модель управления, звено газодымозащитной службы, газодымозащитная служба, контрольно-пропускной пункт, структура управления

Для цитирования: А.Т. Алдабеков, В.В. Терехнев, А.С. Зюкова. Разработка математической модели для оценки качества внедрения системы телеметрии в организационную структуру управления газодымозащитной службы. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(4):16-22. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-16-22.

Development of a mathematical model for assessing the quality of implementation of a telemetry system into the organizational structure of gas and smoke protection service management

A.T. Aldabekov¹, V.V. Terebnev², A.S. Zyukova²

¹Malik Gabdullin Civil Defence Academy MES of the Republic of Kazakhstan,

¹136 Akana-sere Str., Kokshetau 020000, Republic of Kazakhstan,

²Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

²4 Boris Galushkin Str., Moscow 129366, Russia

Abstract. Objective. The article is devoted to topical issues and practical aspects of improving the gas and smoke protection service both in the Republic of Kazakhstan and abroad. The main purpose of the research is to develop and implement innovative approaches to improving the gas and smoke protection service, aimed at improving the level of protection for the lives of both rescuers and victims in emergency situations. Special attention is paid to the integration of modern technological solutions that minimize the risks associated with working in an inhospitable environment. The relevance of the topic is due to the growing number of man-made disasters and the need to increase the effectiveness of emergency rescue units. **Method.** The research focuses on the implementation of a comprehensive telemetry system that provides remote monitoring of the physiological state of rescuers, environmental parameters and the location of personnel. This allows you to adjust the actions of departments in real time, allocate resources and quickly respond to changing conditions. The system includes sensors, data transmission facilities, and analytics software. **Result.** As a result of the introduction of telemetry, significant optimization of management processes has been shown.: reducing the number of necessary management personnel, the possibility of forming additional mobile groups and improving overall coordination. This had a direct impact on the responsiveness and reduced time for search and rescue operations. **Conclusion.** The use of improved telemetry-based monitoring and management mechanisms is a key factor in improving the safety and efficiency of gas and smoke protection services, and the experience gained can be successfully adapted and applied in other countries.

Keywords: telemetry system, gas and smoke protection service control functions, control model, gas and smoke protection service unit, gas and smoke protection service, checkpoint, control structure

For citation: A.T. Aldabekov, V.V. Terebnev, A.S. Zyukova. Development of a mathematical model for assessing the quality of the implementation of a telemetry system into the organizational structure of the gas and smoke protection service. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025; 52(4):16-22. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-16-22.

Введение. Совершенствование системы управления газодымозащитной службы Республики Казахстан может быть достигнуто путем внедрения технических средств и программного обеспечения в практику контроля за работой звена газодымозащитной службы при ликвидации чрезвычайных ситуаций в условиях непригодной для дыхания среде. Для этих целей можно рассмотреть систему, включающую в себя датчики и устройство для передачи информации на персональный компьютер (программно-аппаратная часть). Эта мера позволит снизить количество уровней контроля за работой звена газодымозащитной службы, а также сократит число руководителей между руководителем тушения пожара и газодымозащитником [1]. Если рассматривать телеметрию как измерительную систему, можно предположить, что качество работы системы будет напрямую зависеть от вероятности отказа отдельных компонентов системы, то есть конкретных средств измерения.

Постановка задачи. В связи с этим возникают две задачи оценки вероятности отказа. Первая задача - заключается в определении вероятности выхода из строя конкретного измерительного устройства при его использовании в экстремальных условиях пожара (высокие температуры, воздействие средств для тушения и т.д.). Это означает, что оценка будет проводиться в процессе непосредственных действий по тушению пожара, выполняемых группой газодымозащитников. Вторая задача заключается в оценке вероятности сбоя механизмов обработки данных во время работы системы телеметрии. Интенсивность её применения в процессе ликвидации пожаров определяет уровень возможных отказов на момент активации средств индивидуальной защиты дыхательных путей и зрения, таких как дыхательные аппараты, используемые в подразделениях противопожарной службы Республики Казахстан.

Методы исследования. Для решения первой задачи необходимо выбрать математическую модель для оценки вероятности отказа системы телеметрии в эксплуатации.

Система телеметрии представляет собой совокупность технических средств измерения (датчиков давления), каналов связи (проводные магистрали, Groupe Spécial Mobile, Global Positioning System и т.д.) и персонального компьютера (включающего в себя как минимум процессор и графический интерфейс). Согласно первой задаче оцениваем вероятность отказа средств обработки данных, то есть персонального компьютера (программно-аппаратная часть). Сбой хотя бы одного из измерительных инструментов в системе мониторинга телеметрии приводит к неисправности всей системы. Это обусловлено тем, что система анализирует продолжительность работы группы, учитывая информацию от всех газодымозащитников, и отсутствие данных от даже одного дыхательного аппарата в этой группе не позволяет адекватно провести расчетный процесс [2-5]. Таким образом, если хотя бы одно измерительное устройство выйдет из строя, это будет означать сбой всей системы. Тем не менее, чтобы уточнить расчет, требуется определить необходимость отключения каждого отдельного элемента системы.

Для анализа вероятностей, применяемых в расчетах, воспользуемся системой уравнений Эрланга, представленную в следующем формате [6-11]

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{i,0}(t)}{dt} = -\lambda P_{i,0}(t) + \mu P_{i,1}(t); \\ \frac{dP_{i,1}(t)}{dt} = -\lambda P_{i,1}(t) - \mu P_{i,1}(t) + \lambda P_{i,0}(t) + \mu P_{i,2}(t); \\ \dots \\ \frac{dP_{i,k}(t)}{dt} = -\lambda P_{i,k}(t) - \mu P_{i,k}(t) + \lambda P_{i,k-1}(t) + \mu P_{i,k+1}(t); \\ \dots \\ \frac{dP_{i,m}(t)}{dt} = -\mu P_{i,m}(t) + \lambda P_{i,m-1}(t); \\ P_{i,0}(t) + \dots + P_{i,m}(t) = 1. \end{array} \right. \quad (1)$$

с начальными условиями $P_{i,0}(t=0) = 1$; $P_{i,k}(t=0) = 0$, $k_i = 1, 2, \dots, m$.

В (1) используются обозначения: $\mu_i = \sum_{k=1}^{m_i} \mu_{ik}$ - интенсивность восстановления

средств измерения, 1/(ед.вр.); $\lambda_i = \sum_{k=1}^{m_i} \lambda_{ik}$ - интенсивность отказа средств измерения,

1/(ед.вр.); $i=1, 2, 3, \dots, n$. Стационарное решение (1), базирующееся на известных теоремах Маркова и записывается следующим образом:

$$P_{i,k} = P_{i,0} (\lambda / \mu)^k; P_0 = 1 - \lambda / \mu; \sum_{k=1}^m P_{i,k} = 1, k_i = 1, 2, \dots, m.$$

Обсуждение результатов. Учитывая, что рабочее время звеньев газодымозащитной службы варьируется и колеблется от 15 до 40 минут в зависимости от модели используемых дыхательных приборов, необходимо при разработке решений учитывать эту нестабильность. Таким образом, при решении поставленных задач важно применять подходы, которые учитывают нестационарные условия [12-15].

Исследуем, как будет сформулирована система уравнений Эрланга для заданных проблем. В процессе детального рассмотрения для решения второй задачи уравнения Эрланга может остаться без изменений, поскольку при возникновении отказа обработки данных имеется возможность его восстановления в ходе технического обслуживания.

В ходе решения первой задачи отсутствует интенсивность восстановления, поскольку в условиях воздействия опасных факторов пожара в неправильной для дыхания

среде, в случае сбоя измерительного прибора у газодымозащитников нет возможности провести их починку или техническое обслуживание. В результате этого система уравнений Эрланга будет формулироваться следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{i,0}(t)}{dt} = -\lambda(t)P_{i,0}(t); \\ \frac{dP_{i,1}(t)}{dt} = \lambda(t)P_{i,0}(t) - \lambda(t)P_{i,1}(t); \\ \dots \\ \frac{dP_{i,k}(t)}{dt} = \lambda(t)P_{i,k-1}(t) - \lambda(t)P_{i,k}(t); \\ \dots \\ \frac{dP_{i,m}(t)}{dt} = \lambda(t)P_{i,m-1}(t); \\ P_{i,0}(t) + \dots + P_{i,m}(t) = 1. \end{array} \right. \quad (2)$$

с начальными условиями: $P_{i,0}(t=0) = 1$; $P_{i,k}(t=0) = 0$, $k=0,1,2,\dots,m$.

P_0 – вероятность состояния системы телеметрии при котором в исправном состоянии находятся все средства измерения;

P_1 – вероятность состояния системы телеметрии при котором отказало хотя бы одно средство измерения;

P_i – вероятность состояния системы телеметрии при котором отказало i средств измерения.

Аналитические решения для системы уравнений (2) известны при фиксированных значениях λ (1/мин). Однако в данном контексте мы рассматриваем применение измерительных приборов в условиях агрессивной среды, из-за чего уровень отказов будет зависеть от времени, в течение которого измерительное устройство находится в непригодной для дыхания среде. Запишем данную зависимость следующим образом:

$$\lambda(t) = a \cdot t + b,$$

где a и b константы определяемые опытным путем.

В этом случае, аналитическое решение системы уравнений записывается методом Ньютона (3) и (4).

$$P_{i,k}(t) = \frac{\left(\int_0^t \lambda(t) dt \right)^k}{k!} \exp\left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right), \quad k=0,1,2,\dots,m-1; \quad (3)$$

$$P_{i,m}(t) = 1 - \left(\sum_{k=0}^{m-1} \frac{1}{k!} \left(\int_0^t \lambda(t) dt \right)^k \right) \exp\left(- \int_0^t \lambda(t) dt \right), \quad k=0,1,2,\dots,m-1. \quad (4)$$

Используя выведенную математическую модель начинаем решать первую задачу, для этого моделируем следующее, что звено ГДЗС состоит из трех газодымозащитников при этом технические характеристики средств измерения используемых в системе телеметрии определяет следующие значения параметров отказа ($a=5 \cdot 10^{-4}$ (1/мин³) $b=0,1$ (1/мин)) определить показатели вероятностей отказа средств измерения в системе на моменты времени 20 минут работы и 30 минут работы. Определим значения вероятностей отказа для момента времени 20 минут:

$$\Lambda(20) = \frac{at^2}{2} + bt = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 20^2}{2} + 7 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,34 \text{ 1/мин}$$

- определим вероятность безотказной работы системы телеметрии

$$P_0(20) = \exp(-(\Lambda(20))) = \exp(-0,34) = 0,712;$$

- определим вероятность отказа одного средства измерения

$$P_1(20) = (\Lambda(20)) \exp(-(\Lambda(20))) = 0,34 \exp(-0,34) = 0,242;$$

- определим вероятность отказа двух средств измерения

$$P_2(20) = \frac{1}{2} (\Lambda(t))^2 \exp(-(\Lambda(t))) = \frac{1}{2} (0,34)^2 \exp(-0,34) = 0,041;$$

- определим вероятность отказа всех средств измерения

$$P_3(20) = 1 - 0,712 - 0,242 - 0,041 = 0,005.$$

Определим значения вероятностей отказа для момента времени 30 минут:

$$\Lambda(30) = \frac{at^2}{2} + bt = \frac{5 \cdot 10^{-4} \cdot 30^2}{2} + 7 \cdot 10^{-3} \cdot 30 = 0,66 \text{ 1/мин}$$

- определим вероятность безотказной работы системы телеметрии

$$P_0(30) = \exp(-(\Lambda(30))) = \exp(-0,66) = 0,517;$$

- определим вероятность отказа одного средства измерения

$$P_1(30) = (\Lambda(30)) \exp(-(\Lambda(30))) = 0,66 \exp(-0,66) = 0,341$$

- определим вероятность отказа двух средств измерения

$$P_2(30) = \frac{1}{2} (\Lambda(30))^2 \exp(-(\Lambda(30))) = \frac{1}{2} (0,66)^2 \exp(-0,66) = 0,113;$$

- определим вероятность отказа всех средств измерения

$$P_3(30) = 1 - 0,517 - 0,341 - 0,113 = 0,029$$

Рассмотренная система уравнений и ее аналитические решения позволяют расчетным методом определять условия использования и технические средства в системе телеметрии при различном количественном составе звена ГДЗС и различной продолжительности работы в непригодной для дыхания среде.

Решение второй задачи оценки качества работы системы телеметрии заключается в определении вероятности отказа средств обработки данных, получаемых от средств измерения. При этом возможны два варианта работы системы телеметрии, когда к одному персональному компьютеру подключено одно звено ГДЗС и два звена.

Рассчитаем параметры безотказной работы по первому варианту: персональных компьютер – одно звено ГДЗС, для чего будем использовать формулу:

$$P_{1,0}(t) = \frac{\alpha}{1 + \alpha} + \frac{1}{1 + \alpha} \exp(-\lambda \alpha \cdot t) = \frac{0,5}{1 + 0,5} + \frac{1}{1 + 0,5} \exp(-0,01 \cdot 0,5 \cdot 30) = 0,91$$

Рассчитаем параметры безотказной работы по второму варианту: персональных компьютер – два звена ГДЗС, будем использовать формулу:

$$P_{2,0}(t) = \frac{\alpha^2}{\gamma} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\exp(-\lambda \beta \cdot t)}{\beta} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\exp(-\lambda \xi \cdot t)}{\xi} = \\ = \frac{0,5^2}{1,75} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\exp(-0,01 \cdot 0,79 \cdot 30)}{0,79} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\exp(-0,01 \cdot 2,21 \cdot 30)}{2,21} = 0,79$$

где $\gamma = 1 + \alpha + \alpha^2 = 1 + 0,5 + 0,5^2 = 1,75$;

$\beta = 1 + \alpha - \sqrt{\alpha} = 1 + 0,5 - \sqrt{0,5} = 0,79$; $\xi = 1 + \alpha + \sqrt{\alpha} = 1 + 0,5 + \sqrt{0,5} = 2,21$.

Вывод. При работе по второму варианту вероятность безотказной работы ниже на 10%. Это говорит о том, что техническая составляющая программно-аппаратного комплекса системы телеметрии не является определяющей при увеличении количества подключенных к ней звеньев газодымозащитной службы.

Следующей задачей исследования является разработка алгоритмов передачи данных и критерии оценки состояния газодымозащитника для подачи команды на «ВЫХОД из опасной зоны».

Библиографический список:

1. Об утверждении Наставления по организации газодымозащитной службы органов государственной противопожарной службы Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан <https://www.gov.kz/memleket/entities/kps/documents/details/381668?lang=ru&ysclid=mer1f0bzbi190061444>.
2. Брушлинский Н.Н. Математические методы и модели управления в противопожарной службе / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. - 2-е изд. Испр. и доп. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. 200 с. <https://morozofkk.ru/library/id4279>
3. <https://studfile.net/preview/6849483>. Средства индивидуальной защиты органов дыхания пожарных (СИЗОД): учебное пособие. 2-е изд.; перераб./В.А. Грачев, С.В. Собурь, И.В. Коршунов и др. М.:Пож. книга, 2012. 190с.

4. https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_021959395/?ysclid=mer1sq3mw755673379. Терехнев В.В. Газодымозащитная служба Часть 1. учебник - М.: КУРС, 2023. 240 с.
5. Организация газодымозащитной службы учебник для студентов среднего профессионального образования по специальности "20.02.04 Пожарная безопасность" /И.В. Коршунов, В.В. Терехнев, В.А. Грачев, Д.В. Андреев. — Москва: КУРС, ИНФРА-М, 2017, [т.е. 2016]. — 292, [2] с. ил.; 22. — (Среднее профессиональное образование); ISBN 978-5-906818-81-2, 978-5-16-012265-6.
6. Подготовка газодымозащитника : организация и обеспечение газодымозащитной службы: учебное пособие /В.Н. Масаев, В.Л. Марченко, И.В. Думаревский, А.Н. Минкин; Сибирский федеральный университет. – Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2017. – 212 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497451>
7. Газодымозащитная служба. Основы. Терехнев В.В. Учебник, для высшего образования по направлению подготовки: 2.20.00.00 "Техносферная безопасность и природообустройство" (квалификация "бакалавр"), в двух частях. Ч. 2. - 2023. - 255, ISBN 978-5-907535-69-5.
8. Мусайбеков А.Г. Использование дискриминантного анализа при определении условного признака сложности пожара // Наука и образование в гражданской защите – 2022. - № 3 – С. 49-55. - URL: https://agz.edu.kz/2022g_nayka_i_obrazovanie_v_grazhdanskoj_zashite_3_47(дата обращения 10.04.2023).
9. https://agz.edu.kz/nayka_i_obrazovanie_v_grazhdanskoj_zashite_3_42.html (дата обращения 22.04.2023). Мусайбеков А.Г. Модель и результаты определения ранга пожара на основе дискриминантного анализа//Наука и образование в гражданской защите. -2021. - № 3 - С. 27-32.
10. Захаров И.А. Анализ временных характеристик функционирования пожарно-спасательных подразделений // Наука и образование в гражданской защите – 2021. - № 4 – С. 74-80. - URL: https://agz.edu.kz/vestnik_4_44.html (дата обращения 02.05.2023).
11. Алдабеков А.Т., Аскараров Р.С. Совершенствование учебно-тренировочного комплекса для подготовки газодымозащитников // Наука и образование в гражданской защите – 2021. - № 4 – С. 94-100. - URL: https://agz.edu.kz/vestnik_4_44.html (дата обращения 02.05.2023).
12. Алдабеков А.Т. Совершенствование газодымозащитной службы в Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан.// Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Сборник тезисов и докладов XIII-ой Международной научно-практической конференции. 07 октября 2022 г. – Кокшетау: АГЗ им. М. Габдуллина МЧС РК, 2022. – 275 с.
13. Алдабеков, А.Т. Математическое моделирование применения звеньев газодымозащитной службы в Республики Казахстан / А.Т. Алдабеков // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2024. – № 4(35). – С. 44-49. – DOI 10.34987/Vestnik.sibpsa.2024.45.94.005. – EDN IBXTGM.
14. Dohare, R.K., Mainuddin, Singhal, G. (2023). Wireless Interface-Based Acquisition, Analysis, and Control System Using Master–Slave Approach for Chemical Laser. In: Bindhu, V., Tavares, J.M.R.S., Chen, J.IZ. (eds) Proceedings of Fifth International Conference on Inventive Material Science Applications. Advances in Sustainability Science and Technology. Springer, Singapore. //doi.org/10.1007/978-981-19-4304-1-14
15. Qin, Y., Bai, Y. and Wen, M. (2017) Data Processing of Fault Recorder in Power System. Energy and Power Engineering, 9, 46-52. doi: 10.4236/epe.2017.94B006.

References:

1. On approval of the Manual on the organization of gas and smoke protection service of the state fire service bodies of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan <https://www.gov.kz/memleket/entities/kps/documents/details/381668?lang=ru&ysclid=mer1f0bzbi190061444>
2. Brushlinsky N.N. Mathematical methods and management models in the fire service / N.N. Brushlinsky, S.V. Sokolov. - 2nd ed. Corr. And add. Moscow: Academy of the GPS EMERCOM of Russia, 2020. 200 p. <https://morozoffk.ru/library/id4279> (In Russ)
3. <https://studfile.net/preview/6849483>. Personal respiratory protective equipment for firefighters (PPE): study guide.2nd ed.; revised V.A. Grachev, S.V. Sobur, I.V. Korshunov, et al. Moscow: Fire Book, 2012;190(In Russ)
4. https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_021959395/?ysclid=mer1sq3mw755673379. Terехnev V.V. Gas and Smoke Protection Service Part1. Textbook. Moscow:KURS, 2023;240.
5. Organization of Gas and Smoke Protection Service textbook for students of secondary vocational education in the specialty "20.02.04 Fire Safety" / I.V. Korshunov, V.V. Terехnev, V.A. Grachev, D.V. Andreev. — Moscow: KURS, INFRA-M, 2017, [i.e. 2016]. 292, [2] p. ill.; 22. (Secondary vocational education); ISBN 978-5-906818-81-2, 978-5-16-012265-6. (In Russ)
6. Training of gas and smoke protection personnel: organization and provision of gas and smoke protection service: study guide / V.N. Mасаev, V.L. Marchenko, I.V. Dumarevsky, A.N. Minkin; Siberian Federal University. – Krasnoyarsk: Siberian Federal University (SFU), 2017; 212. Access mode: by subscription. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497451> (In Russ)
7. Gas and Smoke Protection Service. Basics., Terехnev V.V. Textbook, for higher education in the field of training: 2.20.00.00 "Technosphere Safety and Environmental Management" (qualification "bachelor"), in two parts. Part 2. - 2023. - 255, ISBN 978-5-907535-69-5. (In Russ)

8. Musaibekov A.G. Use of Discriminant Analysis in Determining the Conditional Sign of Fire Complexity // Science and Education in Civil Defense - 2022. - No. 3 - pp. 49-55. - URL: https://agz.edu.kz/2022g_nayka_i_obrazovanie_v_grazhdanskoj_zashite_3_47 (date of access 10.04.2023).
9. URL: https://agz.edu.kz/nayka_i_obrazovanie_v_grazhdanskoj_zashite_3_42.html (date of access 22.04.2023). Musaibekov A.G. Model and results of determining the fire rank based on discriminant analysis. *Science and education in civil defense*. 2021;3:27-32.
10. Zakharov I.A. Analysis of temporal characteristics of the functioning of fire and rescue units. *Science and education in civil defense*. 2021;4:74-80. https://agz.edu.kz/vestnik_4_44.html (date of access 02.05.2023).
11. Aldabekov A.T., Askarov R.S. Improvement of the educational and training complex for training gas and smoke protection personnel // Science and education in civil defense - 2021. - No. 4 - pp. 94-100. - URL: https://agz.edu.kz/vestnik_4_44.html (date of access 02.05.2023).
12. Aldabekov A.T. Improvement of the gas and smoke protection service at the Malik Gabdullin Civil Defense Academy of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan. Actual problems of fire safety, prevention and elimination of emergency situations. Collection of abstracts and reports of the XIII International scientific and practical conference. October 7, 2022 – Kokshetau: M. Gabdullin State Fire Protection Agency, Ministry of Emergency Situations of the Republic of Kazakhstan, 2022; 275.
13. Aldabekov, A.T. Mathematical modeling of the use of gas and smoke protection service units in the Republic of Kazakhstan. *Siberian Fire and Rescue Bulletin*. 2024;4(35):44-49. DOI 10.34987/Vestnik.sibpsa.2024.45.94.005. – EDN IBXTGM.
14. Dohare, R.K., Mainuddin, Singhal, G. (2023). Wireless Interface-Based Acquisition, Analysis, and Control System Using Master–Slave Approach for Chemical Laser. In: Bindhu, V., Tavares, J.M.R.S., Chen, J.I.Z. (eds) Proceedings of the Fifth International Conference on Inventive Material Science Applications. *Advances in Sustainability Science and Technology*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-4304-1-14>
15. Qin, Y., Bai, Y. and Wen, M. Data Processing of Fault Recorder in Power System. *Energy and Power Engineering*. 2017; 9:46-52. doi: 10.4236/epe.2017.94B006.

Сведения об авторах:

Алдабеков Аслан Такенович, доцент кафедры пожарно-спасательной и физической подготовки; mail:tushila_010@mail.ru

Теребнев Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры пожарно-спасательной и газодымозащитной подготовки; terebnev_v@mail.ru

Зюкова Анна Станиславовна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных и русского языков; zyuкова.anna@mail.ru

Information about the authors:

Aslan T.Aldabekov, Assoc. Prof., Department of Fire and Rescue and Physical Training; tushila_010@mail.ru

Vladimir V. Terebnev, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Prof., Department of Fire and Rescue and Smoke Protection Training; terebnev_v@mail.ru

Anna S. Zyukova, Cand. Sci. (Pedag.), Assoc. Prof., Department of Foreign and Russian Languages; zyuкова.anna@mail.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/Received 03.09.2025.

Одобрена после рецензирования/Revised 30.09.2025.

Принята в печать/Accepted for publication 01.10.2025.