

Методика повышения уровня пожарной безопасности путем применения газоанализаторов на объектах хранения и обслуживания автомобилей, оснащенных газобаллонным оборудованием

Евгений Евгеньевич Простов¹✉, Денис Михайлович Гордиенко²,
Евгений Николаевич Простов¹, Дмитрий Вадимович Долгих¹

¹ Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Московская обл., г. Балашиха, Россия

² Автономная некоммерческая организация в сфере поддержки отечественных производителей «Консорциум «Производители охранных, пожарных, СКУД систем безопасности» (АНО «Консорциум ПОПСБ»), Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В рамках выполнения Распоряжения Правительства Российской Федерации от 29 августа 2025 г. № 2366-р идет активное развитие газомоторного транспорта. С целью повышения уровня пожарной безопасности на таких объектах предлагается применение систем непрерывного мониторинга газовой среды.

Цели и задачи. Целью исследования является комплексный анализ различных нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности, применяемых к зданиям с присутствием газобаллонного автомобильного оборудования, и обработка полученных статистических данных и дополнение метода, используемого в расчете пожарного риска для оценки частоты возникновения пожаров к объектам обслуживания автотранспортных средств, использующих газомоторное топливо. Разработать метод повышения уровня пожарной безопасности с учетом возможной расстановки приборов для определения горючих газов на различных объектах.

Методы исследования. Для решения поставленных задач были проведены натурные испытания на специализированном полигоне в Оренбурге с целью изучения полей концентрации истечения горючего газа в закрытом помещении. Полученные данные были систематизированы и позволили с помощью контроля состояния газовой среды сделать предложения по повышению уровня пожарной безопасности объектов с присутствием газобаллонного оборудования (ГБО).

Результаты и их обсуждение. Для оценки частоты возникновения пожаров был проведен анализ статистических данных. В основе расчета использованы показатели общего количества транспортных средств в России, доли автомобилей с ГБО и зарегистрированных случаев возгораний. Результаты были систематизированы и детально изучены. Используя полученные статистические данные и предложенный метод определения частоты, получены коэффициенты «а» и «б».

Заключение. На основании полученных данных, а также с учетом проведенной аналитики и экспериментальных исследований предложен способ повышения уровня пожарной безопасности на станции технического обслуживания (СТО) с наличием газобаллонных автомобилей (ГБА) с помощью учета наличия газоанализаторов на указанных объектах.

Предложенная методика на основании возможности учета устройств по обнаружению загазованности среды на различных объектах с присутствием газобаллонного оборудования поможет снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций и позволит совершенствовать существующие расчетные методики.

Ключевые слова: газомоторное топливо; расчет пожарного риска; газоанализаторы

Для цитирования: Простов Е.Е., Гордиенко Д.М., Простов Е.Н., Долгих Д.В. Методика повышения уровня пожарной безопасности путем применения газоанализаторов на объектах хранения и обслуживания автомобилей, оснащенных газобаллонным оборудованием // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2025. Т. 34. № 6. С. 23–32. DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.06.23-32

✉ Простов Евгений Евгеньевич, e-mail: prostov.vniipo@mail.ru

Methodology for improving fire safety through the use of gas analyzers at vehicle storage and service facilities equipped with gas cylinder equipment

Evgeny E. Prostov¹✉, Denis M. Gordienko², Evgeny N. Prostov¹, Dmitry V. Dolgikh¹

¹All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Moscow region, Russian Federation

²Autonomous non-profit organization in the field of support for domestic manufacturers "Consortium "Manufacturers of security, fire, ACS security systems" (ANO "Consortium of Security Services"), Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. As part of the implementation of the Order of the Government of the Russian Federation dated August 29, 2025, No. 2366-r, there is an active development of gas-powered transport. In order to improve the level of fire safety at such facilities, it is proposed to use continuous monitoring systems for the gas-air environment.

Aims and Purposes. The purpose of the study is to conduct a comprehensive analysis of various regulatory documents in the field of fire safety applied to buildings with the presence of gas-cylinder automotive equipment, to process the obtained statistical data, and to supplement the method used in calculating fire risk to assess the frequency of fires at facilities for servicing vehicles using gas-powered fuel. To develop a method for improving fire safety, taking into account the possible placement of devices for detecting combustible gases at various facilities.

Research methods. To solve the set tasks, field tests were conducted at a specialized test site in Orenburg to study the concentration fields of combustible gas in an enclosed space. The data obtained were systematized and allowed for the development of proposals to improve the fire safety of facilities with GCE systems by monitoring the state of the gas-air environment.

Results and Discussion. Statistical data was analyzed to assess the frequency of fires. The calculation was based on the total number of vehicles in Russia, the proportion of cars with GCE systems, and the number of registered fire incidents. The results were systematized and studied in detail. Using the statistical data obtained and the proposed method for determining frequency, coefficients "a" and "b" were obtained.

Conclusion. Based on the data obtained, as well as taking into account the conducted analytics and experimental studies, a method has been proposed to improve the level of fire safety at service stations with GPT by taking into account the presence of gas analyzers at these facilities.

The proposed methodology, based on the possibility of accounting for devices for detecting gas contamination in various facilities with the presence of gas-cylinder equipment, will help reduce the likelihood of emergencies and improve existing calculation methods.

Keywords: gas engine fuel; fire risk calculation; gas analyzers

For citation: Prostov E.E., Gordienko D.M., Prostov E.N., Dolgikh D.V. Methodology for improving fire safety through the use of gas analyzers at vehicle storage and service facilities equipped with gas cylinder equipment. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2025; 34(6):23-32. DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.06.23-32 (rus).

✉ Evgeny Evgenievich Prostov, e-mail: prostov.vniipo@mail.ru

Введение

Стратегические инициативы по модернизации транспортных систем в последние годы ориентированы на три ключевых критерия: повышение безопасности, снижение экологической нагрузки и обеспечение бесперебойности перевозок. Для достижения поставленной цели в рамках реализации Распоряжения Правительства Российской Федерации¹ идет активное развитие газомоторного транспорта, что, в свою очередь, приводит к росту предприятий по техническому обслуживанию таких автомобилей.

Следует отметить, что эксплуатация инфраструктуры по обслуживанию газомоторного транспорта

сопряжена с повышенными рисками возникновения чрезвычайных ситуаций, включая:

- утечки газа с последующим воспламенением;
- взрывы газоздушных смесей;
- пожары с распространением на прилегающие территории.

Проектирование инфраструктуры для газомоторного транспорта требует комплексного подхода, где пожарная безопасность выступает неотъемлемым элементом.

Цель и задачи

Целью исследования является комплексный анализ различных нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности, применяемых к зданиям с присутствием газобаллонного автомобильного оборудования, и обработка получен-

¹ Об утверждении Концепции развития рынка газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации : Распоряжение Правительства РФ от 29.08.2025 № 2366-р.

ных статистических данных и дополнение метода, используемого в расчете пожарного риска для оценки частоты возникновения пожаров к объектам обслуживания автотранспортных средств с установленным газобаллонным оборудованием (далее — ГБО) [1].

В настоящее время действующая Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах² не позволяет учитывать наличие газоанализаторов на указанных объектах. Для реализации поставленной задачи были рассмотрены требования различных документов в области пожарной безопасности для объектов с присутствием автотранспортных средств с ГБО.

Полученные статистические данные были обработаны, систематизированы и использовались при определении частоты возникновения пожаров на станции технического обслуживания (СТО) с ГБО.

Методы исследования

Для решения поставленных задач были проведены натурные испытания на специализированном полигоне в Оренбурге на базе ФГБУ ВНИИПО МЧС России с целью изучения полей концентрации истечения горючего газа в закрытом помещении, построения модели в программном комплексе ANSYS. Получены данные были систематизированы, обработаны и позволили с помощью использования контроля состояния газовой среды сделать предложения по повышению уровня пожарной безопасности объектов с наличием ГБО [1, 2].

На первом этапе исследованы конструктивные особенности газобаллонного оборудования, собрана и систематизирована статистика возгораний и взрывов на газобаллонных автомобилях (далее — ГБА), а также проанализированы реальные случаи аварий-

ных ситуаций с последствиями в виде пожаров и разрушений.

Параллельно проведен анализ нормативной базы, регулирующей противопожарные требования к объектам инфраструктуры, обслуживающим ГБА. Изучены как российские, так и зарубежные стандарты безопасности, применяемые при проектировании зданий для ремонта, технического обслуживания и хранения газомоторного транспорта, а также на этапе эксплуатации.

Результаты и их обсуждение

В работах [3, 4] после проведения анализа, систематизации и обработки полученных данных были выявлены основные причины пожаров на ГБА, представленные в табл. 1.

Проведя анализ, можно выявить закономерность, что количество аварий приведено на единицу оборудования (автотранспортного средства), а в существующей Методике² используется частота возникновения пожара на единицу площади помещения. Поэтому возникла необходимость преобразования полученных результатов, чтобы их можно было использовать [1].

Формула по расчету частоты пожара из Методики² используется, когда таблица П.3 Методики² не содержит необходимых данных, а площадь зданий (помещений) превышает 10 000 м². При отсутствии данных о частоте возникновения пожара на различных объектах (в том числе возникшего в результате ошибки работника) используются сведения по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий, а также частотам возникновения пожаров в зданиях, указанные в Приложении № 1 к Методике² [5].

В рассматриваемых объектах защиты целесообразно принять, что наибольшую пожарную нагрузку представляет автомобиль (а также топливо, которое находится внутри автомобиля). Исходя из этого, допускается предположить, что величину «а» можно выразить как отношение аварий на аналогичном оборудовании (транспортном средстве)

² Об утверждении Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : Приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533.

Таблица 1. Количество транспортных средств в России с установленным газобаллонным оборудованием с распределением по причинам аварий 2015–2022 гг.

Table 1. Number of vehicles in Russia with installed gas cylinder equipment, by cause of accident from 2015–2022

Причины аварий Causes of accidents	Нарушения правил устройства и эксплуатации транспортных средств Violations of vehicle design and operation rules	Нарушения правил устройства и эксплуатации газового оборудования Violations of the rules for the installation and operation of gas equipment	Поджог Arson	Другие причины Other reasons
Транспортные средства Vehicles				
Грузовые автомобили Trucks	1447	96	276	308
Автобусы Buses	690	31	103	105
Легковые автомобили Passenger cars	4688	261	1417	1193

Таблица 2. Коэффициенты для определения частоты возникновения пожара «а» и «б» для СТО с присутствием различных автомобилей «а» и «б» для СТО с присутствием различных автомобилей**Table 2.** Coefficients for determining the frequency of fire occurrence “a” and “b” for service stations with the presence of various vehicles

Статистический показатель Statistical indicator	Значение показателя для автотранспортных средств, работающих на ЖМТ The value of the indicator for vehicles powered by liquid fuel		Значение показателя для автотранспортных средств, работающих на ГМТ The value of the indicator for GMT-powered vehicles
	Расчетные данные Calculated data	Справочные данные Background information	
a	0,0002333	0,0001200	0,0000502
b	0,86		0,84

к количеству отличных видов такого оборудования в рассматриваемом сегменте за выбранный период времени.

В этом случае к главным отличиям рассматриваемых автомобилей относится конструкция топливной системы, а именно наличие ГБО, установленного на транспортном средстве. Таким образом возможно использовать полученные ранее статистические данные для оценки аварий и пожаров как на автотранспортных средствах с ГБО, так и без него.

Для оценки частоты возникновения пожаров на СТО с ГБО был проведен анализ статистических данных. В основе расчета использованы показатели общего количества транспортных средств в России, доли автомобилей, оснащенных газобаллонным обо-

рудованием, и зарегистрированных случаев возгораний. По итогам анализа были систематизированы и детально изучены основные причины пожаров [4].

Используя полученные статистические данные и предложенный метод определения частоты, аналогичный представленному в Методике² по расчету пожарного риска, получены коэффициенты «а» и «б» для ГБА (табл. 2) [6].

Был проведен натурный эксперимент с целью получения временных зависимостей изменения концентрации горючих газов в газовой среде. Полученные экспериментальные данные были использованы для валидации результатов математического моделирования процесса формирования газовой смеси в условиях замкнутого пространства [7–9].

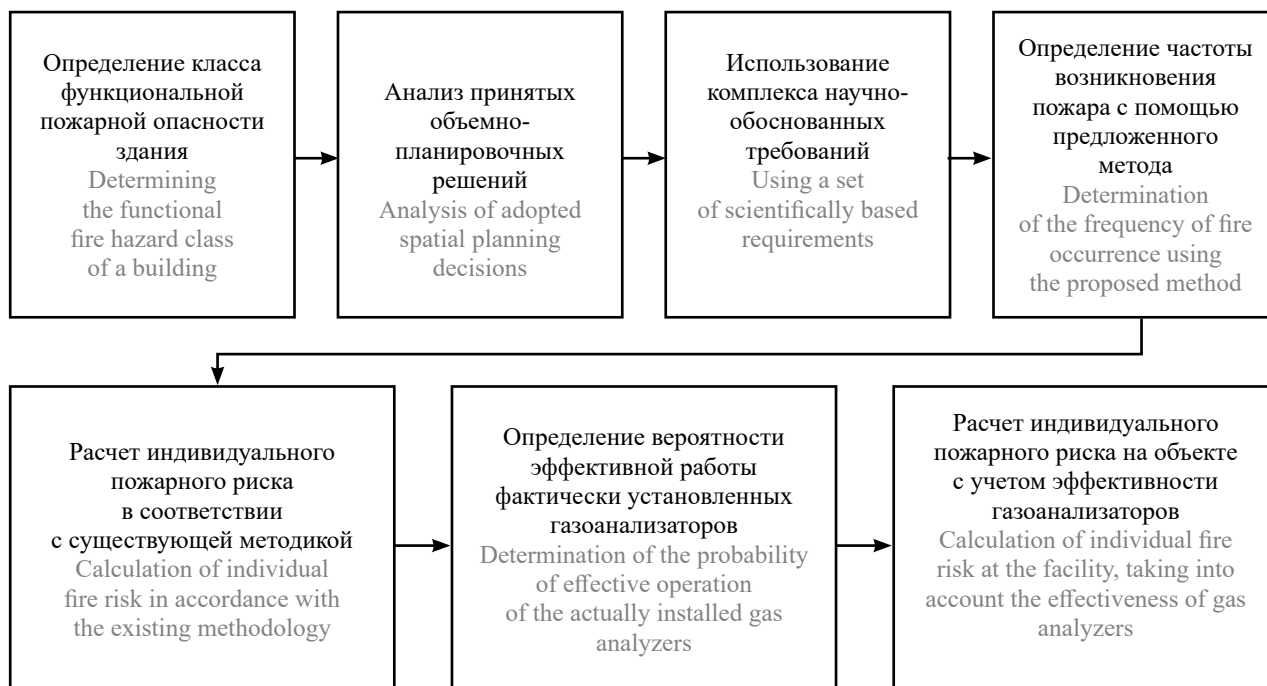
Таблица 3. Использование газоанализаторов совместно с системами обеспечения пожарной безопасности в виде инициатора данных систем**Table 3.** The use of gas analyzers in conjunction with fire safety systems in the form of initiators of these systems

Номер критерия (тип технического решения) Criterion number (type of technical solution)	Численное значение критерия Numerical value of the criterion	Формула для определения величины индивидуального пожарного риска при применении газоанализаторов The formula for determining the magnitude of individual fire risk when using gas analyzers	Техническое решение Technical solution
1	$\frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 24, \text{ при } P_r = 0,999;$ $\frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 17, \text{ при } P_r = 0,95;$ $\frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 12, \text{ при } P_r = 0,9;$ $\frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 7, \text{ при } P_r = 0,8$ $\frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 24, \text{ if } P_g = 0.999;$ $\frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 17, \text{ if } P_g = 0.95;$ $\frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 12, \text{ if } P_g = 0.9;$ $\frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 7, \text{ if } P_g = 0.8$	$R_r^{\text{сп}} = Q_{\text{п}} \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_r)))$ $R_g^{\text{кр}} = Q_p \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_g)))$	<p>При аварийной ситуации из автомобиля начал выходить газ, расставленные газоанализаторы фиксируют повышение концентрации газа и инициируют срабатывание системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (далее — СОУЭ) (при этом вероятность эффективного срабатывания газоанализаторов и СОУЭ должна учитываться совместно)</p> <p>In an emergency situation, gas began to leak from the vehicle, the gas analyzers detected an increase in gas concentration and initiated the fire alarm and evacuation control system (hereinafter referred to as the FACS) (the probability of effective operation of the gas analyzers and the FACS must be taken into account jointly)</p>

Номер критерия (тип технического решения) Criterion number (type of technical solution)	Численное значение критерия Numerical value of the criterion	Формула для определения величины индивидуального пожарного риска при применении газоанализаторов The formula for determining the magnitude of individual fire risk when using gas analyzers	Техническое решение Technical solution
2	$24 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 123, \text{ при } P_r = 0,999;$ $17 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 72, \text{ при } P_r = 0,95;$ $12 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 45, \text{ при } P_r = 0,9;$ $7 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 21, \text{ при } P_r = 0,8$ $24 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 123, \text{ if } P_g = 0,999;$ $17 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 72, \text{ if } P_g = 0,95;$ $12 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 45, \text{ if } P_g = 0,9;$ $7 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 21, \text{ if } P_g = 0,8$	$R_r^{\text{кр}_2} = Q_{\text{п}} \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{ПДЗ}} \cdot P_r)))$ $R_g^{\text{кр}_2} = Q_p \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{ПДЗ}} \cdot P_g)))$	<p>При аварийной ситуации из автомобиля начал выходить газ, расставленные газоанализаторы фиксируют повышение концентрации газа и инициируют срабатывание системы противодымной защиты (далее — ПДЗ) для удаления взрывоопасной смеси за пределы помещения (при этом вероятность эффективного срабатывания газоанализаторов и ПДЗ должна учитываться совместно)</p> <p>In an emergency situation, gas began to escape from the vehicle, the gas analyzers detected an increase in gas concentration and initiated the activation of the smoke protection system (hereinafter referred to as SPS) to remove the explosive mixture from the premises (the probability of effective activation of the gas analyzers and SPS must be taken into account jointly)</p>
3	$123 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 245, \text{ при } P_r = 0,999;$ $72 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 120, \text{ при } P_r = 0,95;$ $45 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 67, \text{ при } P_r = 0,9;$ $21 < \frac{R_{\Phi}}{R_{\text{без}}} \leq 27, \text{ при } P_r = 0,8$ $123 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 245, \text{ if } P_g = 0,999;$ $72 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 120, \text{ if } P_g = 0,95;$ $45 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 67, \text{ if } P_g = 0,9;$ $21 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 27, \text{ if } P_g = 0,8$	$R_r^{\text{кр}_3} = Q_{\text{п}} \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{АУПГ}} \cdot P_r)))$ $R_g^{\text{кр}_3} = Q_p \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{АУПГ}} \cdot P_g)))$	<p>При аварийной ситуации из автомобиля начал выходить газ, расставленные газоанализаторы фиксируют повышение концентрации газа и инициируют срабатывание автоматической установки пожаротушения (далее — АУПТ) для предупреждения возникновения горения (при этом вероятность эффективного срабатывания газоанализатора и АУПТ должна учитываться совместно)</p> <p>In an emergency situation, gas began to escape from the vehicle. The gas analyzers detected an increase in gas concentration and initiated the automatic fire extinguishing system (hereinafter referred to as AFES) to prevent combustion (the probability of effective operation of the gas analyzer and AFES must be taken into account jointly)</p>

Номер критерия (тип технического решения) Criterion number (type of technical solution)	Численное значение критерия Numerical value of the criterion	Формула для определения величины индивидуального пожарного риска при применении газоанализаторов The formula for determining the magnitude of individual fire risk when using gas analyzers	Техническое решение Technical solution
4	$246 < \frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 1224, \text{ при } P_r = 0,999;$ $120 < \frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 500, \text{ при } P_r = 0,95;$ $67 < \frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 240, \text{ при } P_r = 0,9;$ $27 < \frac{R_{\phi}}{R_{\text{без}}} \leq 76, \text{ при } P_r = 0,8$ $246 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 1,224, \text{ if } P_g = 0.999;$ $120 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 500, \text{ if } P_g = 0.95;$ $67 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 240, \text{ if } P_g = 0.9;$ $27 < \frac{R_f}{R_{\text{без}}} \leq 76, \text{ if } P_g = 0.8$	$R_r^{\text{кpa}} = Q_{\text{п}} \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_r) \times (1 - D_{\text{АВПГ}} \cdot P_r)))$ $R_g^{\text{кpa}} = Q_p \cdot q \times (1 - (1 - (1 - D_{\text{СПС}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{СОУЭ}} \cdot P_g) \times (1 - D_{\text{АВПГ}} \cdot P_g)))$	<p>Если при расчете требуемая эффективность выше фактической, то необходимо добавлять совместное участие ГА и дополнительных систем (АУПТ и ПДЗ)</p> <p>If the calculated required efficiency is higher than the actual efficiency, it is necessary to add the joint participation of GE and additional systems (AFES and SPS)</p>

Примечание: формула приведена без учета вероятности эвакуации людей (P_э) и вероятности эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности (D_т), применяемых без газоанализатора.
 Note: the formula is given without taking into account the probability of evacuation of people (P_e) and the probability of effective operation of safety equipment (D_t) used without a gas analyzer.



Алгоритм методики повышения уровня пожарной безопасности предприятий по обслуживанию ГБА
 Algorithm of the methodology for increasing the level of fire safety of gas turbine maintenance enterprises

На основании полученных данных проведена оценка технических параметров как самой системы, так и ее элементов [10–12]. Результаты полученных значений и параметров, которые необходимо учитывать при расстановке газоанализаторов, представлены в работе [1] и могут быть использованы при дальнейших исследованиях.

Полученные результаты позволяют применить полученные значения при расчете пожарного риска с учетом совместного использования различных технических средств обеспечения пожарной безопасности и приборов обнаружения загазованности среды [13, 14] в зависимости от вероятности эффективности их работы. Указанный подход используется также при определении требуемой вероятности эффективной работы газоанализаторов [15–17]. Результаты представлены в табл. 3.

По формулам табл. 3 были определены значения величины индивидуального пожарного риска в зависимости от частоты возникновения пожара для каждого типа технического решения, пересчитанной на площадь объекта защиты, в зависимости от выбранного технического решения и необходимого численного значения критерия [1].

Предложенная методика и комплекс научно-обоснованных требований [1, 18] позволили разработать алгоритм повышения уровня пожарной безопасности для СТО с наличием ГБА (рис.).

Заключение

На основании полученных данных, а также с учетом проведенной аналитики и экспериментальных

исследований предложен способ повышения уровня пожарной безопасности на СТО с наличием ГБА с помощью учета наличия газоанализаторов на указанных объектах [1].

Дальнейшее совершенствование нормативно-технических документов для рассматриваемых объектов является перспективным направлением. Дальнейшие исследования, в том числе в области модернизации расчета пожарного риска, позволят учитывать наличие приборов по определению загазованности среды, снижать риски возникновения аварийных ситуаций и тем самым уменьшать вероятность гибели людей, снижать материальные потери предприятий. Аналогичный подход по определению частоты возникновения пожаров уже используется при определении необходимых показателей [5].

В результате использования компьютерного моделирования и полученных экспериментальных данных определены поля концентрации газов, на основе которых обоснованы оптимальные места размещения газоанализаторов [7, 11]. Данный способ может быть использован при совершенствовании расчета пожарного риска с учетом размещения газоанализаторов в помещении [1, 19].

В совокупности предложенная методика повышения уровня пожарной безопасности путем применения приборов по определению загазованности среды на СТО с ГБА и поможет снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, уменьшить вероятность травматизма и гибели людей, а также позволит совершенствовать существующие расчетные методики [1, 20].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Простов Е.Е.* Обеспечение пожарной безопасности объектов обслуживания автомобилей на газомоторном топливе посредством контроля состава газовой среды : дис. ... канд. тех. наук. СПб. : Санкт-Петербургский гос. ун-т МЧС России, 2024. 129 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01013238481>
2. *Овчинникова Л.А., Назымов Е.В.* Пожарная безопасность помещений хранения и технического обслуживания газобаллонных автомобилей // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса : сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. Новосибирск : ИЦ НГАУ, 2018. Вып. 3. Т. 1. С. 172–176. EDN SIRPON.
3. *Простов Е.Е., Простов Е.Н., Гордиенко Д.М.* Определение частоты возникновения пожара в России на транспорте, работающем на КПП и СУГ // Пожарная безопасность. 2021. № 3 (104). С. 24–31. DOI: 10.37657/vniipro.pb.2021.54.13.002. EDN KXATQB.
4. *Brecher A., Epstein A.K., Breck A.* Review and analysis of potential safety impacts of and regulatory barriers to fuel efficiency technologies and alternative fuels in medium- and heavy-duty vehicles. Report No. DOT HS 812 159. Washington, DC : National Highway Traffic Safety Administration, 2015. 193 p. URL: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/12207>
5. *Полетаев А.Н., Гончаренко В.С., Журавлев Ю.Ю., Кирик Е.С., Нестеров М.Ю.* Статистические данные по частотам возникновения пожаров на различных производственных и складских объектах в РФ // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2025. № 34 (4). С. 42–61. DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.04.42-61. EDN YKETTS.

6. *Простов Е.Е.* Метод определения частоты возникновения пожаров на объектах с хранением и обслуживанием автотранспортных средств, работающих на газомоторном топливе // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 4 (68). С. 226–237. EDN AYQHLP.
7. *Простов Е.Е.* Экспериментальные исследования истечения пропана в закрытом производственном помещении // Пожарная безопасность. 2021. № 4 (105). С. 25–30. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.26.73.002. EDN TLCJTR.
8. *Jaimes D., McDonel V.G., Samuelsen G.S.* Lean flammability limits of syngas/air mixtures at elevated temperatures and pressures // *Energy&Fuels*. 2018. No. 32 (10). Pp. 10964–10973. DOI: 10.1021/ACS.ENERGYFUELS.8B02031
9. *Huang L., Pei S., Wang Y., Zhang L., Ren S., Zhang Z. et al.* Assessment of flammability and explosion risks of natural gas-air mixtures at high pressure and high temperature // *Fuel*. 2019. No. 247. Pp. 47–56. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.03.023. EDN IFOYMT.
10. *Manes M., Rush D.* Assessing fire frequency and structural fire behavior of England statistics according to BS PD 7974-7 // *Fire Safety Journal*. 2020. No. 120 (7). P. 103030. DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103030
11. *Hariti R., Fekih M., Saighi M.* Numerical simulation of heat transfer by natural convection in a storage tank // *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IAIEM)*. 2013. No. 2 (8). Pp. 340–343.
12. *Barnett A., Cheng Ch., Horasan M., He Ya., Park L.* Fire Load Density Distribution in School Buildings and Statistical Modelling // *Fire Technology*. 2022. No. 58 (1). Pp. 503–521. DOI: 10.1007/s10694-021-01150-w. EDN FAJDXQ.
13. *Простов Е.Е.* Метод оценки эффективности газоанализаторов при обеспечении пожарной безопасности объектов обслуживания автомобилей на газомоторном топливе // Пожарная безопасность. 2024. № 2 (115). С. 40–49. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.004. EDN CTDVPC.
14. *Кожевин Д.Ф., Матвеев А.В., Самигуллин Г.Х., Смирнов А.С.* Метод многокритериальной оценки эффективности технических средств в организационно-технических системах // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2023. № 4. С. 59–70. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-59-70. EDN NWHMER.
15. *Lin Y., Lange D., Seligmann B.J.* Causal Network Topology Analysis (CaNeTA) as a tool for risk assessment in fire safety engineering // *Fire Safety Journal*. 2023. No. 140. P. 103880. DOI: 10.1016/j.firesaf.2023.103880. EDN XELBMI.
16. *Таранцев А.А., Кожевин Д.Ф., Поташев Д.А.* Марковская модель каскадного развития пожаровзрывоопасной ситуации на автостоянке // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2023. № 4. С. 16–25. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-16-25. EDN LHASVS.
17. *Зыков П.И., Контарь Н.А., Субачев С.В., Субачева А.А.* О расчете вероятности эффективной работы технических средств по обеспечению пожарной безопасности при определении расчетных величин пожарного риска на производственных объектах // Техносферная безопасность. 2021. № 4 (33). С. 67–71. EDN DHYQJX.
18. *Шебеко А.Ю., Простов Е.Е., Гордиенко Д.М., Молчанов В.П.* Сравнительный анализ требований пожарной безопасности к предприятиям по обслуживанию и хранению автомобилей на газомоторном топливе // Пожарная безопасность. 2019. № 4 (97). С. 78–86. EDN GMRFHI.
19. *Бардин А.В.* Моделирование пожарной нагрузки на конструкции в программном комплексе ANSYS // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 55–67. EDN WEFRDN.
20. *Тимошенко А.Л., Самигуллин Г.Х.* Критериальная модель оценки уровня пожарной опасности технологического оборудования водородной энергетики // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 3 (67). С. 96–105. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-96-105. EDN OZHONT.

REFERENCES

1. Prostov E.E. Ensuring fire safety of facilities for servicing gas-powered vehicles by monitoring the composition of the gas-air environment : *dissertation of a candidate of technical sciences*. St. Petersburg, St. Petersburg State University of the Russian Ministry of Emergency Situations, 2024; 129. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01013238481> (rus).
2. Ovchinnikova L.A., Nazimov E.V. Fire safety of storage and maintenance facilities for gas-cylinder vehicles. Actual problems of the agro-industrial complex : *collection of scientific and practical conference of teachers, postgraduate students, master's students and students of the Novosibirsk State Agrarian University*. Novosibirsk, IC NGAU Information Center, 2018; 1(3):172-176. EDN SIRPOH. (rus).
3. Prostov E.E., Prostov E.N., Gordienko D.M. Determination of fire frequency on CNG and LPG transport in Russia. *Fire safety*. 2021; 3(104):24-31. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.54.13.002. EDN KXATQB. (rus).

4. Brecher A., Epstein A.K., Breck A. *Review and analysis of potential safety impacts of and regulatory barriers to fuel efficiency technologies and alternative fuels in medium- and heavy-duty vehicles*. Report No. DOT HS 812 159. Washington, DC, National Highway Traffic Safety Administration. 2015; 193. URL: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/12207>
5. Poletaev A.N., Goncharenko V.S., Zhuravlev Yu.Yu., Kirik E.S., Nesterov M.Yu. Fire frequency statistics for various production and warehouse facilities in the Russian Federation. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2025; 34(4):42-61. DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.04.42-61. EDN YKETT. (rus).
6. Prostov E.E. A method for determining the frequency of fires at facilities with storage and maintenance of vehicles running on gas fuel. *Problems of technosphere risk management*. 2023; 4(68):226-237. EDN AYQHLP. (rus).
7. Prostov E.E. Review of an experiment to study the propane discharge in a closed production area. *Fire safety*. 2021; 4(105):25-30. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2021.26.73.002. EDN TLCJTR. (rus).
8. Jaimes D., McDonel V. G., Samuelsen G.S. Lean flammability limits of syngas/air mixtures at elevated temperatures and pressures. *Energy&Fuels*. 2018; 32(10):10964-10973. DOI: 10.1021/ACS.ENERGYFUELS.8B02031
9. Huang L., Pei S., Wang Y., Zhang L., Ren S., Zhang Z. et al. Assessment of flammability and explosion risks of natural gas-air mixtures at high pressure and high temperature. *Fuel*. 2019; 247:47-56. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.03.023. EDN IFOYMT.
10. Manes M., Rush D. Assessing fire frequency and structural fire behavior of England statistics according to BS PD 7974-7. *Fire Safety Journal*. 2020; 120(7):103030. DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103030
11. Hariti R., Fekih M., Saighi M. Numerical simulation of heat transfer by natural convection in a storage tank. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM)*. 2013; 2(8):340-343.
12. Barnett A., Cheng Ch., Horasan M., He Ya., Park L. Fire Load Density Distribution in School Buildings and Statistical Modeling. *Fire Technology*. 2022; 58(1):503-521. DOI: 10.1007/s10694-021-01150-w. EDN FAJDXQ.
13. Prostov E.E. Method for evaluating the efficiency of gas analyzers when providing fire safety of gas-powered vehicle maintenance facilities. *Fire safety*. 2024; 2(115):40-49. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.004. EDN CTDVPC. (rus).
14. Kozhevnikov D.F., Matveev A.V., Samigullin G.H., Smirnov A.S. Method of multi-criteria evaluation of technical means efficiency in organizational and technical systems. *Vestnik Saint-Petersburg University of State fire service of EMERCOM of Russia*. 2023; 4:59-70. DOI: 10.61260/2218-13X-2023-4-59-70. EDN NWHMEP. (rus).
15. Lin Y., Lange D., Seligmann B.J. Causal Network Topology Analysis (CaNeTA) as a tool for risk assessment in fire safety engineering. *Fire Safety Journal*. 2023; 140:103880. DOI: 10.1016/j.firesaf.2023.103880. EDN XELBMI.
16. Tarantsev A.A., Kozhevnikov D.F., Potashev D.A. The Markov model of cascade development in the fire and explosive situation in a parking lot. *Vestnik Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia*. 2023; 4:16-25. DOI: 10.61260/2218-130X-2023-4-16-25. EDN LHASVS. (rus).
17. Zykov P.I., Kontar N.A., Subachev S.V., Subacheva A.A. About calculating of the probability of effective operation of technical equipment to ensure fire safety in determining fire risk values at production facilities. *Technosphere safety*. 2021; 4(33):67-71. EDN DHYQJX. (rus).
18. Shebeko A.Yu., Prostov E.E., Gordienko D.M., Molchanov V.P. Comparative analysis of Russian and foreign fire safety requirements to servicing and storage facilities operating gas fuel vehicles. *Fire safety*. 2019; 4(97):78-86. EDN GMRFHI. (rus).
19. Bardin A.V. Fire load modeling on the structures in ANSYS. *Construction of unique buildings and structures*. 2026; 6(45):55-67. EDN WEFDRN. (rus).
20. Timoshenko A.L., Samigullin G.Kh. Criteria model assessment of technological equipment fire hazard level in hydrogen power industry. *Problems of technosphere risk management*. 2023; 3(67):96-105. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-3-96-105. EDN OZHONT. (rus).

Поступила 12.06.2025, после доработки 24.10.2025;

принята к публикации 05.11.2025

Received June 12, 2025; Received in revised form October 24, 2025;

Accepted November 05, 2025

Информация об авторах

ПРОСТОВ Евгений Евгеньевич, к.т.н., ведущий научный сотрудник, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; SPIN-код: 3075-9360; AuthorID: 954217; ORCID: 0009-0004-2914-6588; e-mail: 3.5.2@vniipo.ru

Information about the authors

Evgeny E. PROSTOV, Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIIP, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; SPIN-code: 3075-9360; AuthorID: 954217; ORCID: 0009-0004-2914-6588; e-mail: 3.5.2@vniipo.ru

ГОРДИЕНКО Денис Михайлович, д.т.н., заместитель генерального директора по техническому регулированию, Автономная некоммерческая организация в сфере поддержки отечественных производителей «Консорциум «Производители охранных, пожарных, СКУД систем безопасности» (АНО «Консорциум ПОПСБ»), Россия, 121471, г. Москва, ул. Рябиновая, 45А, стр. 24, этаж 2, помещ. 4; AuthorID: 7003524798; ORCID: 0000-0002-5849-6956; e-mail: d_m_gordienko@mail.ru

ПРОСТОВ Евгений Николаевич, старший научный сотрудник, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ScopusID: 6506573345; SPIN-код: 1752-9236; AuthorID: 1288447; ORCID: 0009-0007-1145-0241; e-mail: 3.5.2@vniipo.ru

ДОЛГИХ Дмитрий Вадимович, начальник сектора, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; ScopusID: 6506573345; SPIN-код: 5000-9523; AuthorID: 1127069; ORCID: 0009-0002-1398-3037; e-mail: 3.5.2@vniipo.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Denis M. GORDIENKO, Dr. Sci. (Eng.), Deputy General Director for Technical Regulation, Autonomous non-profit organization in the field of support for domestic manufacturers “Consortium “Manufacturers of security, fire, ACS security systems” (ANO “Consortium of Security Services”), Ryabinovaya St., 45A, building 24, floor 2, placed. 4, Moscow, 121471, Russian Federation; AuthorID: 7003524798; ORCID: 0000-0002-5849-6956; e-mail: d_m_gordienko@mail.ru

Evgeny N. PROSTOV, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ScopusID: 6506573345; SPIN-code: 1752-9236; AuthorID: 1288447; ORCID: 0009-0007-1145-0241; e-mail: 3.5.2@vniipo.ru

Dmitry V. DOLGIH, Head of the sector, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ScopusID: 6506573345; SPIN-code: 5000-9523; AuthorID: 1127069; ORCID: 0009-0002-1398-3037; e-mail: 3.5.2@vniipo.ru

Contribution of the authors: *the authors contributed equally to this article.*
The authors declare no conflict of interest.