

---

---

## ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

---

---

Научная статья

УДК 614.838.1; DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-226-237

### **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ С ХРАНЕНИЕМ И ОБСЛУЖИВАНИЕМ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, РАБОТАЮЩИХ НА ГАЗОМОТОРНОМ ТОПЛИВЕ**

✉Простов Евгений Евгеньевич.

**Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт  
противопожарной обороны МЧС России, г. Балашиха, Россия**

✉[3.5.2@vniipo.ru](mailto:3.5.2@vniipo.ru)

*Аннотация.* Проведен анализ статистических данных по количеству транспортных средств в России по количеству автомобилей с установленным газобаллонным оборудованием, а также количеству пожаров на них. Выявлены и проанализированы основные причины пожаров на автомобилях без устройства газобаллонным оборудованием и с ним. Газобаллонное оборудование является составной частью конструкции газобаллонных автомобилей, поэтому при комплексной оценке частот возникновения пожаров на них целесообразно учитывать статистические данные о пожарах и авариях отдельно на газобаллонном оборудовании. С помощью предложенного метода определены статистические показатели для определения частоты возникновения пожаров на объектах по техническому обслуживанию и хранению газомоторных автомобилей. Получены расчетные значения частоты возникновения пожара, которые возможно использовать при расчете пожарного риска на объектах по хранению и обслуживанию автомобилей, в том числе с установленным газобаллонным оборудованием.

*Ключевые слова:* автомобиль, газобаллонное оборудование, частота возникновения пожара, расчет пожарного риска

**Для цитирования:** 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. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-226-237.

Scientific article

### **A METHOD FOR DETERMINING THE FREQUENCY OF FIRES AT FACILITIES WITH STORAGE AND MAINTENANCE OF VEHICLES RUNNING ON GAS FUEL**

✉Prostov Evgeny E.

**Russian order of the Badge of Honor scientific research institute of fire protection  
of EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia**

✉[3.5.2@vniipo.ru](mailto:3.5.2@vniipo.ru)

*Abstract.* The paper analyzes statistical data on the number of vehicles in Russia, on the number of cars with installed gas cylinder equipment, as well as the number of fires on them. The main causes of fires on cars without a gas cylinder equipment device and with it have been

© Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2023

identified and analyzed. Gas cylinder equipment is an integral part of the design, therefore, in a comprehensive assessment of the frequency of fires on the gas-powered cars, it is advisable to take into account statistical data on fires and accidents separately on gas cylinder equipment. Using the proposed method, statistical indicators were determined to determine the frequency of fires at facilities with the placement of gas-powered vehicles. Calculated values of the frequency of fire occurrence have been obtained, which can be used in calculating fire risk at facilities for the storage and maintenance of cars, including those with installed gas cylinder equipment.

*Keywords:* car, gas cylinder equipment, frequency of fire occurrence, fire risk calculation

**For citation:** Prostov E.E. A method for determining the frequency of fires at facilities with storage and maintenance of vehicles running on gas fuel // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 4 (68). P. 226–237. DOI: 10.61260/1998-8990-2023-4-226-237.

## Введение

Развиваемые в последние годы идеи по модернизации и обновлению парка автотранспортных средств (АТС) основаны на безопасности и надежности перевозок пассажиров и грузов. При решении поставленных задач особое внимание уделяется вопросам замещения традиционных видов моторных топлив (автомобильный бензин, дизельное топливо) альтернативным видом – газомоторным топливом (ГМТ), обладающим лучшими экономическими и экологическими свойствами [1].

Наиболее перспективные виды ГМТ – это сжатый природный газ (КПГ) и сжиженные углеводородные газы (СУГ), которые используются, в основном, в двигателях внутреннего сгорания и не требуют внесения серьезных технических изменений в конструкцию двигателя [2].

На объектах с обращением ГМТ периодически возникают аварийные ситуации, которые сопровождаются пожаром и взрывом и, как следствие, человеческими жертвами и материальным ущербом как непосредственно на этих объектах, так и в селективной зоне [3]. Для повышения уровня пожарной безопасности указанных объектов на стадии проектирования следует рассматривать возможные аварии и опасности, связанные с автомобилями, работающими на ГМТ [3].

В соответствии с ч. 1 ст. 6 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при выполнении в полном объеме требований пожарной безопасности, установленных указанным Федеральным законом, а также пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных данным законом. Расчет пожарного риска предполагает более широкий подход к вопросу обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты, в том числе с газобаллонными автомобилями (ГБА). Более чем на половине объектов капитального строительства для обоснования обеспечения пожарной безопасности используется расчет пожарного риска. Важным элементом для расчета пожарного риска является частота возникновения пожара в здании в течение года.

Благодаря совершенствованию нормативной базы в области обеспечения пожарной безопасности, а также повышению эффективности работы пожарной автоматики, количество пожаров на объектах ежегодно снижается, а количество новых зданий и сооружений в стране ежегодно увеличивается [4, 5], поэтому приведенные в Пособии по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов (Пособие) [6] данные для определения частот возникновения пожаров должны редактироваться в соответствии с обновленными статистическими данными. В связи с этим необходимо проанализировать современные статистические данные и провести внедрение обновленных данных в методику по оценке пожарных рисков для объектов по обслуживанию и хранению автомобилей, работающих на ГМТ [7].

Ключевая задача при этом заключается в разработке метода определения частоты возникновения пожаров на объектах с хранением и обслуживанием АТС, работающих на ГМТ, базирующегося на анализе полученных статистических данных.

### Основная часть

С 2015 г. Научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России (ВНИИПО МЧС России) проводит сбор статистических данных о пожарах в Российской Федерации, из которых можно выделить причины пожаров и виды газового оборудования, которое стало источником пожара.

В этих статистических данных по авариям на газобаллонном оборудовании (ГБО) приведенные частоты возникновения пожаров приняты на единицу оборудования, а в методологии расчета пожарного риска [8] в помещениях используется частота возникновения пожара на единицу площади помещения (здания), поэтому полученные данные для расчета пожарного риска неприменимы.

В настоящее время существуют методы определения частоты возникновения пожаров на объектах в зависимости от площади объектов [6, 9].

Частота возникновения пожара в соответствии с этими методами определяется по зависимости:

$$P_i = a \cdot F^b, \text{ год}^{-1},$$

где  $a$  – отношение числа пожаров в однотипных зданиях ( $N_{\text{пожаров}}$ ) к числу зданий в рассматриваемой группе по типу зданий ( $N_{\text{зданий}}$ ) за период  $T$  [часть 3.2.1, 10];  $b$  – общее количество пожаров, деленное на максимальную площадь здания,  $\text{ед}/\text{м}^2$  [часть 3.2.1, 10];  $F$  – площадь рассматриваемого здания,  $\text{м}^2$  [10].

Так как основной пожарной нагрузкой в помещениях хранения и обслуживания АТС являются именно АТС, в том числе и топливо, то величину «а» возможно определить по формуле:

$$a = \frac{N_{\text{пожаров\_оборуд}}}{T \cdot N_{\text{оборудования}}}, \text{ год}^{-1}, \quad (1)$$

где  $N_{\text{пожаров\_оборуд}}$  – количество аварий на типовом оборудовании, ед.;  $N_{\text{оборудования}}$  – количество видов оборудования в рассматриваемой группе за период, ед.;  $T$  – период, год.

ГБО является составной частью конструкции ГБА, поэтому при комплексной оценке частот возникновения пожаров на ГБА целесообразно учитывать статистические данные о пожарах и авариях отдельно на ГБО.

На рис. 1 представлены статистические данные за период с 2015 по 2020 г. о количестве пожаров на транспортных средствах, работающих на жидком моторном топливе (ЖМТ) и количества пожаров на транспортных средствах, на которых установлено ГБО, а также количество пожаров, причиной которых стало ГБО [11].

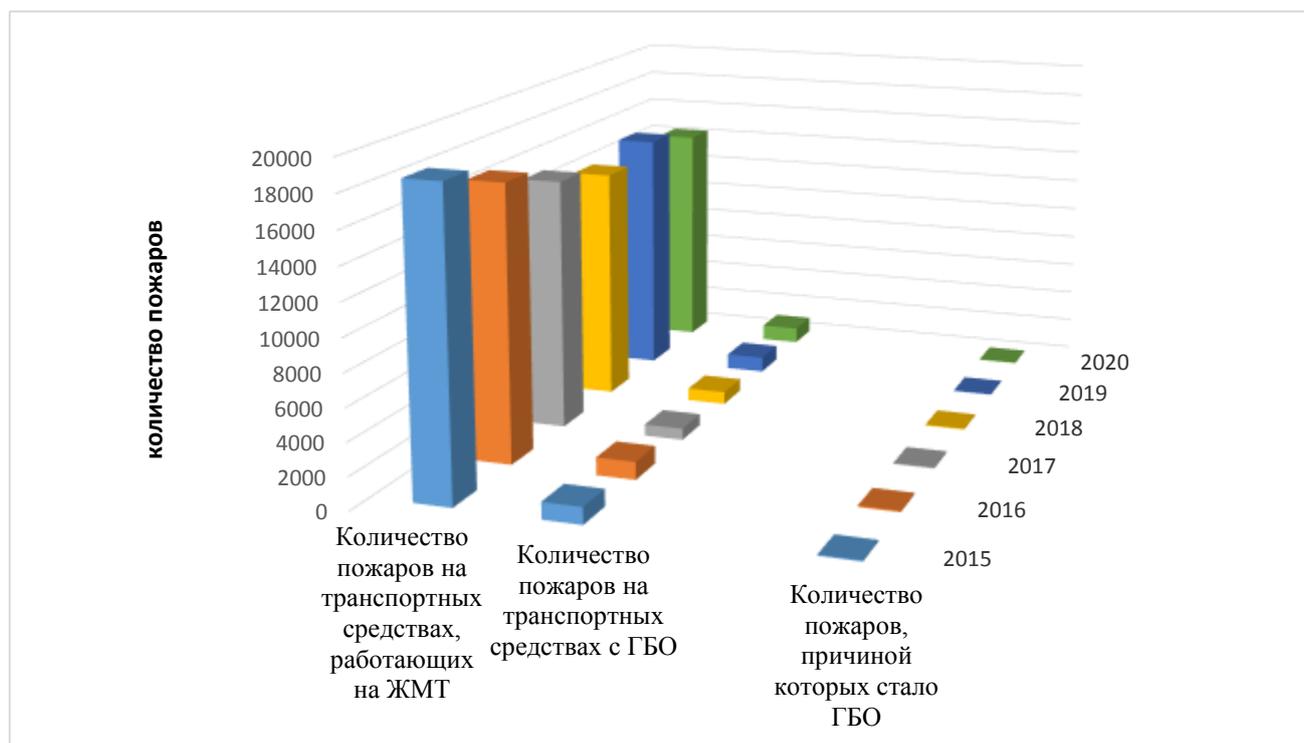


Рис. 1. Количество пожаров на транспортных средствах с ГБО и количество пожаров, причиной которых стала разгерметизация ГБО транспортных средств

Пожары на ГБА в России в период с 2015–2020 гг. произошли вследствие нарушения правил устройства и эксплуатации (НПУиЭ) газового оборудования (1 269 пожара) [12]. Указанные пожары произошли по четырем основным причинам:

- недостаток конструкции и изготовления газового оборудования (156 пожаров);
- нарушение правил пожарной безопасности при эксплуатации газового оборудования (662 пожара);
- нарушение правил монтажа газового оборудования (69 пожаров);
- прочие причины, связанные с НПУиЭ газового оборудования (382 пожара).

В 2020 г. по данным ГИБДД в России зарегистрировано 62 721 765 ( $N_{\text{тр}2}$ ) автомобилей, из них 1 437 565 ( $N_{\text{тр}1}$ ) – автомобили с установленным ГБО и имеющие возможность использовать природный газ в качестве моторного топлива [13].

Из полученных во ВНИИПО МЧС России данных можно выделить три важных показателя по количеству пожаров:

- количество пожаров автотранспортных средств с ГБО с 2015 по 2020 г., причиной которых стало именно ГБО ( $N_1$ );
- количество пожаров автотранспортных средств с ГБО с 2015 по 2020 г., причиной которых стало не ГБО ( $N_2$ );
- количество пожаров автотранспортных средств без установленного ГБО с 2015 по 2020 г. ( $N_3$ ).

Из анализа полученных статистических данных по формуле (1) определены коэффициенты «а» для автотранспортных средств, работающих на различном топливе, результаты сведены в табл. 1.

## Определение статистического показателя «а»

Значение коэффициента «а»			
для ГБА, причиной которых стало именно ГБО	для ГБА, причиной которых стало не ГБО	Для ЖМТ (ГБА не учитывались при расчете)	По пособию ВНИИПО МЧС России для объектов обслуживания транспортных средств
$\frac{N_1}{T \times N_{\text{тр1}}}$	$\frac{N_2}{T \times N_{\text{тр1}}}$	$\frac{N_3}{T \times N_{\text{тр2}}}$	
412/(6×1437565)= =0,0000475	5603/(6×1437565)= =0,00065	95341/(6×61284200)= =0,00026	0,00012

*Примечание:*  $T$  – рассматриваемый временной промежуток (год);  $N_n$  – количество пожаров автотранспортных средств;  $N_{\text{мп1}}$  – количество автомобилей на 2020 г. с установленным ГБО;  $N_{\text{мп2}}$  – количество автомобилей на 2020 г. без установленного ГБО

Полученные расчетные значения коэффициентов «а» отличаются от данных в Пособии [6], это связано с увеличением количества автомобилей в последнее время.

Причем коэффициент «а» для объектов обслуживания транспортных средств по Пособию [6] определен для автотранспортных средств, работающих на ЖМТ:

$$a_{\text{ЖМТ}} \sim a_{\text{ВНИИПО}}.$$

Из приведенного анализа следует, что при расчете пожарного риска для определения частоты возникновения пожара на объектах хранения и обслуживания АТС величину коэффициента «а» следует применять в зависимости от вида моторного топлива, которое используется при эксплуатации АТС, значения которых приведены в табл. 1.

В работах [14–16] для однотипных зданий был проведен анализ зависимости количества пожаров от площади этих зданий, где было подтверждено предположение, что количество пожаров в зданиях в зависимости от их площади возрастает не линейно, а по степенной функции.

Аналогичная ситуация справедлива и для объектов обслуживания транспортных средств. В Пособии [6] величина коэффициента  $b$  для этих объектов составляет 0,35 и характеризует скорость нарастания количества пожаров от площади зданий этих объектов.

С учетом того, что значения «а» и «b» в Пособии [6] были определены для двигателей на ЖМТ, можно проанализировать зависимость количества пожаров на автотранспорте, работающем на ЖМТ, исходя из величины коэффициента «b».

Количество пожаров, приходящееся на единицу площади защищаемого объекта, определяется по формуле, выведенной из уравнения (1):

$$N_i = F^b. \quad (2)$$

При подстановке в формулу (2) коэффициента «b», равного 0,35, для значения площадей объекта от 100 м<sup>2</sup> до 3 000 м<sup>2</sup> (значение принято, так как это максимальная площадь пожарного отсека автостоянок по СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-

планировочным и конструктивным решениям» [16, 17]) с шагом 100 м<sup>2</sup> получается графическая зависимость, приведенная на рис. 2.

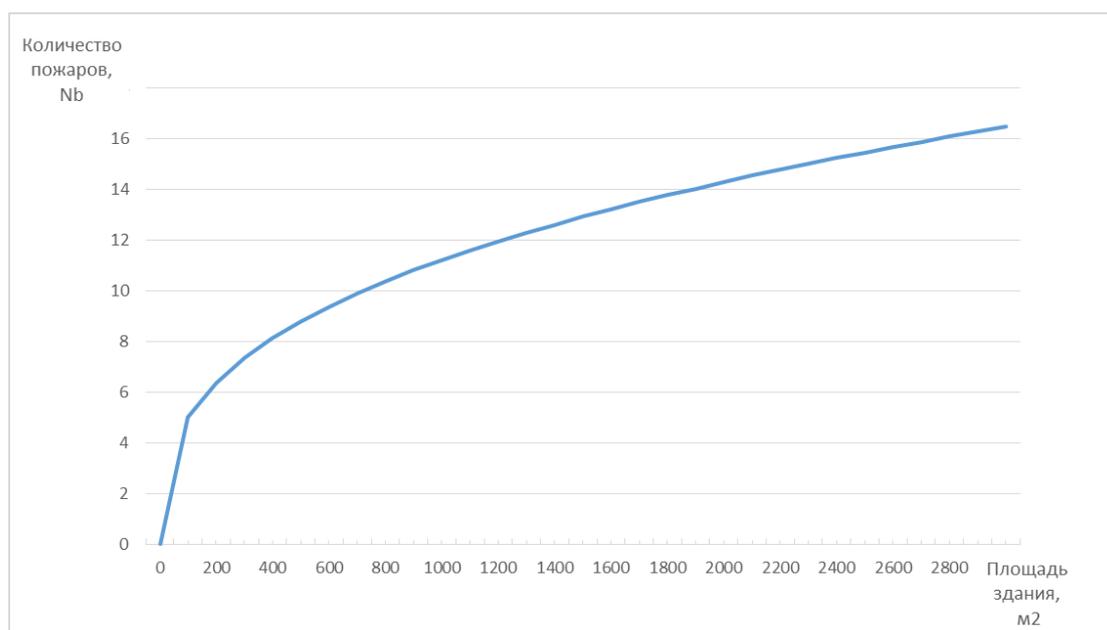


Рис. 2. Скорость нарастания количества пожаров на объектах обслуживания транспорта от площади этих объектов

Зависимость, приведенная на рис. 2, справедлива только для АТС, работающих на ЖМТ, но принципиальное отличие АТС, работающих на газовом топливе (АТСГ) и на ЖМТ (АТСЖ), заключается в виде топливной системы [18–21].

Количество пожаров на АТС равно сумме пожаров, возникших на каждом типе оборудования, из которого состоит автомобиль:

$$N_{АТС} = N_{НПУиЭ\ электр.} + N_{НПУиЭ\ ТС} + N_{НПУиЭ\ узлов\ и\ механизмов} + N_{НПУиЭ\ АТС} .$$

Нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств включает в себя [18, 19]:

$N_{НПУиЭ\ узлов\ и\ механизмов}$  – неисправность систем, механизмов и узлов транспортного средства;

$N_{НПУиЭ\ ТС}$  – неисправность топливной системы (для автомобилей, работающих на ГМТ, это значение соответствует  $N_{НПУиЭ\ газового\ оборудования}$ ), для ЖМТ принята в соответствии с работами [19–20];

$N_{НПУиЭ\ АТС}$  – прочие причины, связанные с нарушением правил устройства и эксплуатации транспортных средств;

$N_{НПУиЭ\ электр.}$  – неисправность электрооборудования транспортного средства.

Для сравнения причин возникновения пожаров на АТСГ и АТСЖ проведен анализ статистических данных, представленный на рис. 3 [11, 13, 20, 21].

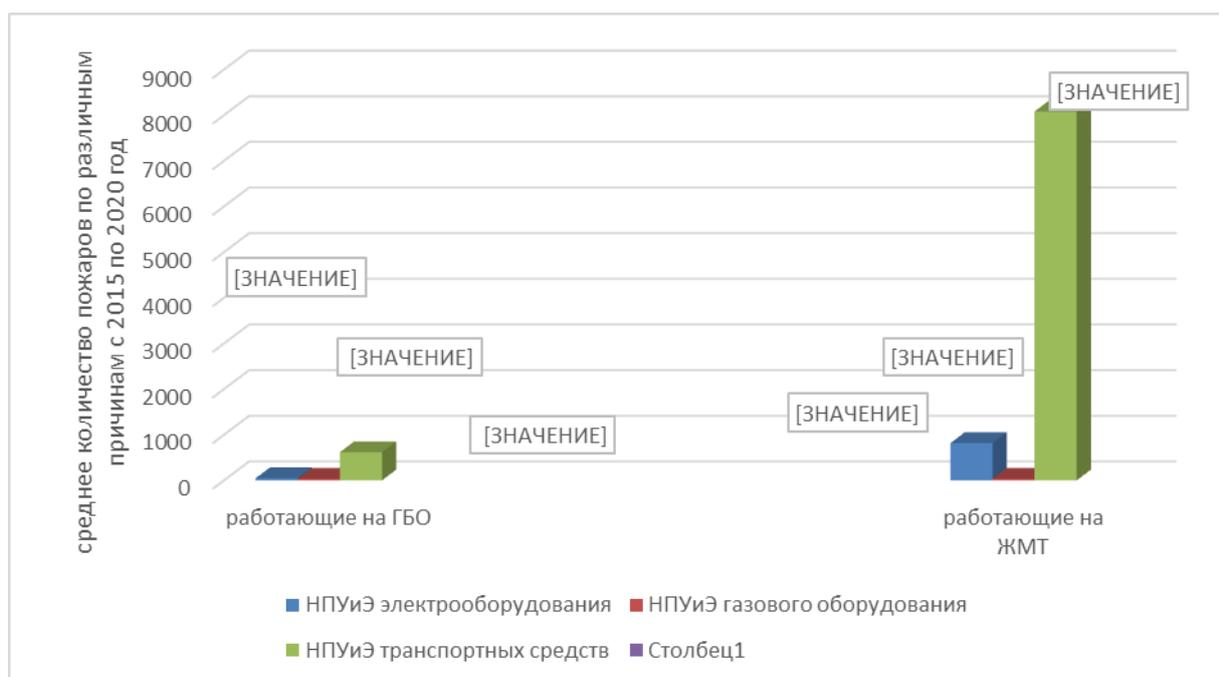


Рис. 3. Среднее количество пожаров на транспорте, работающем на ГБО и ЖМТ, в зависимости от причин в период с 2015 по 2020 г.

Из представленных на рис. 3 данных следует, что частота возникновения пожаров на АТС в различных системах (кроме топливной), что на АТСГ, что на АТСЖ одинаковая, следовательно, частота возникновения пожара будет отличаться только наличием или отсутствием ГБО в автомобиле.

$$\frac{N_{АТСГ}}{N_{АТСЖ}} = \frac{N_{НПУиЭ\ электр.}^{АТСГ} + N_{НПУиЭТС}^{АТСГ} + N_{НПУиЭАТС}^{АТСГ} + N_{НПУиЭ\ узлов\ и\ механизмов}^{АТСГ}}{N_{НПУиЭ\ электр.}^{АТСЖ} + N_{НПУиЭТС}^{АТСЖ} + N_{НПУиЭАТС}^{АТСЖ} + N_{НПУиЭ\ узлов\ и\ механизмов}^{АТСЖ}}$$

С учетом того, что отличие только в топливной системе, выражение принимает вид:

$$\frac{N_{АТСГ}}{N_{АТСЖ}} = \frac{N_{НПУиЭТС}^{АТСГ} - N_{НПУиЭТС}^{АТСЖ}}{N_{НПУиЭ\ электр.}^{АТСЖ} + N_{НПУиЭТС}^{АТСЖ} + N_{НПУиЭАТС}^{АТСЖ} + N_{НПУиЭ\ узлов\ и\ механизмов}^{АТСЖ}} + 1$$

Значение количества пожаров, приходящееся на единицу площади защищаемого объекта, и общее количество пожаров на таких объектах пропорциональны друг другу:

$$N_{АТСЖ} = \alpha \cdot N_b^{АТСЖ},$$

$$N_{АТСГ} = \alpha \cdot N_b^{АТСГ},$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности.

$$\frac{N_{АТСГ}}{N_b^{АТСГ}} = \frac{N_{АТСЖ}}{N_b^{АТСЖ}};$$

$$\frac{N_{ATCG}}{N_{ATCЖ}} = \frac{N_b^{ATCG}}{N_b^{ATCЖ}} ;$$

$$\frac{N_b^{ATCG}}{N_b^{ATCЖ}} = \frac{N_{НПУиЭ ТС.}^{ATCG} - N_{НПУиЭ ТС.}^{ATCЖ}}{N_{ATCЖ}} + 1 ;$$

$$N_b^{ATCG} = \left( \frac{N_{НПУиЭ ТС.}^{ATCG} - N_{НПУиЭ ТС.}^{ATCЖ}}{N_{ATCЖ}} + 1 \right) \cdot N_b^{ATCЖ}$$

Из приведенных формул видно, что значение количества пожаров, приходящееся на единицу площади защищаемого объекта с АТСГ зависит от количества пожаров топливной системы (ГБО и ЖМТ) и общего количества пожаров на АТСЖ. В табл. 2 сведены данные по количеству пожаров и определено количество пожаров, приходящееся на единицу площади защищаемого объекта с АТСГ.

Таблица 2

**Количество пожаров, приходящееся на единицу площади защищаемого объекта с АТСГ**

Площадь, м <sup>2</sup> (F)	$N_b^{ATCG}$ (из рисунка 2)	$N_{ATCЖ}$	$N_{ТОПЛ.С}^{ATCG}$	$N_{ТОПЛ.С}^{ATCЖ}$	$N_b^{ATCG}$
100	5,01	5603	34,5	241,5	1,999
200	6,39				2,548
300	7,36				2,936
400	8,14				3,247
500	8,80				3,511
600	9,38				3,742
700	9,90				3,950
800	10,38				4,138
900	10,81				4,313
1000	11,22				4,475
1100	11,60				4,626
1200	11,96				4,770
1300	12,30				4,905
1400	12,62				5,034
1500	12,93				5,157
1600	13,23				5,275
1700	13,51				5,388
1800	13,78				5,497
1900	14,05				5,602
2000	14,30				5,703
2100	14,55				5,801
2200	14,79	5,897			
2300	15,02	5,989			
2400	15,24	6,079			
2500	15,46	6,167			
2600	15,68	6,252			
2700	15,88	6,335			
2800	16,09	6,416			
2900	16,29	6,495			
3000	16,48	6,573			

По данным табл. 2 было определено значение коэффициента «*b*» для помещений с автомобилями на ГБО.

Коэффициент «*b*» для объектов с обращающимися АТС на ГБО составляет 0,345.

В табл. 3 представлены итоговые значения.

Таблица 3

### Значения статистических показателей

Статистический показатель	Значение показателя для АТС, работающих на ЖМТ		Значение показателя для АТС, работающих на ГМТ
	Расчетные данные	Справочные данные [6]	
a	0,00026	0,00012	0,0000475
b	0,350		0,345

### Выводы

С помощью предложенного метода определены статистические показатели для определения частоты возникновения пожаров для зданий и сооружений по техническому обслуживанию и хранению ГМА.

Кроме того, предложенным способом возможно определить частоты возникновения пожаров для объектов с различным соотношением автомобилей с ГБО и ЖМТ.

Для применения предлагаемого метода на практике необходимо в существующую систему статистического учета пожаров ввести площадь объекта защиты, на котором произошел пожар.

### Список источников

1. Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года: распоряжение Правительства Рос. Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. Сальков Б.Р., Мурзагалева М.М. Перспективы перевода автомобилей на газомоторное топливо // Устойчивое развитие науки и образования. 2018. № 3. С. 210–216.
3. Сравнительный анализ требований пожарной безопасности к предприятиям по обслуживанию и хранению автомобилей на газомоторном топливе / А.Ю. Шебеко [и др.] // Пожарная безопасность. 2019. № 4 (97). С. 78–86.
4. Определение частоты возникновения пожара в России на транспорте, работающем на КПП и СУГ/ Д.М. Гордиенко [и др.] // Пожарная безопасность. 2021. № 3 (104). С. 24–31.
5. Чешко И.Д., Плотников В.Г. Анализ экспертных версий возникновения пожара: в 2-х кн. СПб.: ВНИИПО МЧС России, 2012. Кн. 2. 364 с.
6. Пособие по определению расчетных величин пожарного риска для производственных объектов. М.: ВНИИПО МЧС России, 2019. 242 с.
7. Меркулов А.П., Кожевин Д.Ф. К вопросу определения частоты возникновения пожара в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2022. № 2 (62). С. 34–41.
8. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. приказом МЧС России от 10 июля 2009 г № 404). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
9. Взрывы газовых баллонов, причины и последствия. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzryvy-gazovyhballonov-prichiny-i-posledstviya> (дата обращения: 01.09.2020).

10. International fire engineering guidelines. Edition 2005 (Международное руководство по противопожарной защите. Издание 2005 года); PD 7974-7:2003 «Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment».

11. Пожары и пожарная безопасность в 2020 г.: стат. сб. // Статистика пожаров и их последствий. М.: ВНИИПО МЧС России, 2021. 27 с.

12. Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н. Обеспечение пожаровзрывобезопасности многопливных автозаправочных станций // АГЗС + альтернативное топливо. 2010. № 4 (52). С. 42–48.

13. Показатели состояния безопасности дорожного движения // Выгрузка показателей БДД/форма 1-БДД (раздел 3). URL: <http://www.гибдд.рф/> (дата обращения: 19.09.2023).

14. Бражников Д.С. Преимущества и недостатки газомоторного топлива // Студенческая наука – взгляд в будущее: материалы XV Всерос. студенческой науч. конф. Красноярск, 2020. С. 42–45.

15. Меркулов А.П., Кожевин Д.Ф. Определение частоты возникновения пожара в зданиях различных классов функциональной пожарной опасности в зависимости от площади здания // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2022. № 3. С. 34–41.

16. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. URL: [docs.cntd.ru/document/1200101593](https://docs.cntd.ru/document/1200101593) (дата обращения: 16.09.2023).

17. NFPA 30A. Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages. URL: [nfpa.org/codes-and-standards](https://nfpa.org/codes-and-standards) (дата обращения: 16.09.2023).

18. 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 № DOT HS 812 159). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, 2015.

19. Пожароопасность газобаллонных автомобилей / Е.Е. Простов [и др.] // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2022. № 1 (11). С. 11–22.

20. 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 (IIAИЕМ). 2013. № 2 (8). P. 340–343.

21. Пожары и пожарная безопасность в 2019 г.: стат. сб. // Статистика пожаров и их последствий. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2020. 27 с.

## References

1. Ob utverzhdenii Energeticheskoy strategii Rossijskoj Federacii na period do 2035 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva Ros. Federacii ot 9 iyunya 2020 g. № 1523-р. Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

2. Salykov B.R., Murzagaleeva M.M. Perspektivy perevoda avtomobilej na gazomotornoe toplivo // Ustojchivoe razvitie nauki i obrazovaniya. 2018. № 3. S. 210–216.

3. Sravnitel'nyj analiz trebovanij pozharnoj bezopasnosti k predpriyatijam po obsluzhivaniyu i hraneniyu avtomobilej na gazomotornom toplive / A.Yu. Shebeko [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost'. 2019. № 4 (97). S. 78–86.

4. Opredelenie chastoty vzniknoveniya pozhara v Rossii na transporte, rabotayushchem na KPG i SUG/D.M. Gordienko [i dr.] // Pozharnaya bezopasnost'. 2021. № 3 (104). S. 24–31.

5. Cheshko I.D., Plotnikov V.G. Analiz ekspertnyh versij vzniknoveniya pozhara: v 2-h kn. SPb.: VNIPO MCHS Rossii, 2012. Kn. 2. 364 s.

6. Posobie po opredeleniyu raschetnyh velichin pozhamogo riska dlya proizvodstvennyh ob"ektov. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2019. 242 s.

7. Merkulov A.P., Kozhevina D.F. K voprosu opredeleniya chastoty vzniknoveniya pozhara v zdaniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2022. № 2 (62). S. 34–41.

8. Metodika opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah (utv. prikazom MCHS Rossii ot 10 iyulya 2009 g № 404). Dostup iz inform.-pravovogo portala «Garant».

9. Vzryvy gazovyh ballonov, prichiny i posledstviya. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzryvy-gazovyhballonov-prichiny-i-posledstviya> (data obrashcheniya: 01.09.2020).

10. International fire engineering guidelines. Edition 2005 (Mezhdunarodnoe rukovodstvo po protivopozharnoj zashchite. Izdanie 2005 goda); PD 7974-7:2003 «Application of fire safety engineering principles to the design of buildings. Probabilistic risk assessment».

11. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2020 g.: stat. sb. // Statistika pozharov i ih posledstvij. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2021. 27 s.

12. Gordienko D.M., Shebeko Yu.N. Obespechenie pozharovzryvobezopasnosti mnogotoplivnyh avtozaprovodnyh stancij // AGZS + al'ternativnoe toplivo. 2010. № 4 (52). S. 42–48.

13. Pokazateli sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya // Vygruzka pokazatelej BDD/forma 1-BDD (razdel 3). URL: <http://www.gibdd.rf/> (data obrashcheniya: 19.09.2023).

14. Brazhnikov D.S. Preimushchestva i nedostatki gazomotorogo topliva // Studencheskaya nauka – vzglyad v budushchee: materialy XV Vseros. studencheskoj nauch. konf. Krasnoyarsk, 2020. S. 42–45.

15. Merkulov A.P., Kozhevnikov D.F. Opredelenie chastoty vozniknoveniya pozhara v zdaniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti v zavisimosti ot ploshchadi zdaniya // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. unta GPS MCHS Rossii». 2022. № 3. S. 34–41.

16. SP 4.13130.2013. Sistemy protivopozharnoj zashchity. Ogranichenie rasprostraneniya pozhara na ob"ektah zashchity. Trebovaniya k ob'emno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam. URL: [docs.cntd.ru/document/1200101593](https://docs.cntd.ru/document/1200101593) (data obrashcheniya: 16.09.2023).

17. NFPA 30A. Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages. URL: [nfpa.org/codes-and-standards](https://www.nfpa.org/codes-and-standards) (data obrashcheniya: 16.09.2023).

18. 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 № DOT HS 812 159). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration, 2015.

19. Pozharoopasnost' gazoballonnyh avtomobilej / E.E. Prostov [i dr.] // Aktual'nye voprosy pozharnoj bezopasnosti. 2022. № 1 (11). S. 11–22.

20. 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 (IJAIEM). 2013. № 2 (8). P. 340–343.

21. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2019 g.: stat. sb. // Statistika pozharov i ih posledstvij. M.: FGBU VNIPO MCHS Rossii, 2020. 27 s.

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 12.09.2023; одобрена после рецензирования: 21.11.2023;  
принята к публикации: 04.12.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 12.09.2023; approved after review: 21.11.2023;  
accepted for publication: 04.12.2023

*Информация об авторах:*

**Простов Евгений Евгеньевич**, старший научный сотрудник Всероссийского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России (143903, Московская обл., г. Балашиха, микрорайон ВНИИПО, д. 12), e-mail: 3.5.2@vniipo.ru, SPIN-код: 3075-9360

*Information about the authors:*

**Prostov Evgeny E.**, senior researcher of the Russian order of the Badge of Honor scientific research institute of fire protection of EMERCOM of Russia (143903, Moscow region, Balashikha, VNIPO micro district, 12), e-mail: 3.5.2@vniipo.ru, SPIN: 3075-9360