

Научная статья

УДК 614.838:699.841; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-49-57

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАЩИЩЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ДОМАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЗРЫВОВ БЫТОВОГО ГАЗА

✉ Григорьян Альмита Артуровна;

Стрелков Илья Константинович;

Рыбаков Анатолий Валерьевич.

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки, Россия

✉ a.grigoryan@agz.50.mchs.gov.ru

Аннотация. Рассматривается проблема обеспечения безопасности населения в условиях техногенных чрезвычайных ситуаций, связанных с взрывами бытового газа в жилых зданиях. На основе анализа реального события (обрушение подъезда в г. Магнитогорске, 2018 г.) и методологии численного моделирования динамики разрушения конструкций предложен комплексный подход к оценке защищенности жильцов. Подход интегрирует расчет параметров ударно-волновой нагрузки, моделирование разрушения здания методом конечных элементов в среде SolidWorks Simulation и вероятностную оценку поражения людей в зависимости от их расположения и степени повреждения помещений. Приводится расчетный пример для типового десятиэтажного дома блочного типа, на котором демонстрируется пошаговое определение зон повышенного риска и расчет условной вероятности спасения. Результаты работы позволяют ранжировать подъезды и этажи по уровню опасности, что является научной основой для планирования превентивных инженерно-технических мероприятий, оптимизации систем оповещения и разработки эффективных планов эвакуации.

Ключевые слова: защита населения, взрыв бытового газа, оценка риска, метод конечных элементов, моделирование чрезвычайных ситуаций, устойчивость зданий, ударно-волновая нагрузка

Для цитирования: Григорьян А.А., Стрелков И.К., Рыбаков А.В. Оценка уровня защищенности населения в многоквартирных жилых домах при воздействии взрывов бытового газа // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 1 (77). С. 49–57. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-49-57

Scientific article

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF PROTECTION OF THE POPULATION IN MULTI-APARTMENT RESIDENTIAL BUILDINGS UNDER THE IMPACT OF DOMESTIC GAS EXPLOSIONS

✉ Grigoryan Almita A.;

Strelkov Ilya K.;

Rybakov Anatoly V.

Civil defence academy of EMERCOM of Russia, Khimki, Russia

✉ a.grigoryan@agz.50.mchs.gov.ru

Abstract. This article examines the problem of ensuring public safety in man-made emergencies involving domestic gas explosions in residential buildings. Based on the analysis of a real event (the collapse of a building entrance in Magnitogorsk, 2018) and the methodology of numerical modeling of structural failure dynamics, a comprehensive approach to assessing

occupant safety is proposed. The approach integrates the calculation of shock wave load parameters, finite element modeling of building failure in SolidWorks Simulation, and a probabilistic assessment of occupant injury depending on their location and the extent of damage to the premises. A calculation example for a typical ten-story block-type building is provided, demonstrating the step-by-step identification of high-risk zones and the calculation of the conditional probability of rescue. The results of the study enable the ranking of entrances and floors by hazard level, which provides a scientific basis for planning preventive engineering measures, optimizing warning systems, and developing effective evacuation plans.

Keywords: population protection, domestic gas explosion, risk assessment, finite element method, emergency modeling, building stability, shock wave loading

For citation: Grigoryan A.A., Strelkov I.K., Rybakov A.V. Assessment of the level of protection of the population in multi-apartment residential buildings under the impact of domestic gas explosions // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 1 (77). P. 49–57. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-1-49-57

Введение

Статистика аварий, связанных со взрывами бытового газа в жилых помещениях России, остается тревожной, что подтверждается как данными государственных докладов МЧС России [1], так и масштабными трагическими событиями, подобными обрушению подъезда десятиэтажного дома в г. Магнитогорске в декабре 2018 г. [2, 3]. Подобные чрезвычайные ситуации приводят к значительным человеческим жертвам, тяжелым травмам и масштабным разрушениям имущества.

Существующие исследования, такие как работа [4], в основном фокусируются на оценке физического состояния и остаточной несущей способности строительных конструкций после взрывного воздействия [5, 6]. Однако для комплексного управления рисками и повышения безопасности населения этого недостаточно. Необходим переход от оценки повреждений здания к оценке уровня угрозы для людей, находящихся внутри него.

Актуальность данной работы заключается в разработке методического подхода, позволяющего количественно оценить уровень защищенности жильцов многоквартирного дома в условиях взрыва газа. Такой подход должен интегрировать инженерные расчеты последствий взрыва с критериями уязвимости человека, позволяя прогнозировать не только масштабы разрушений, но и потенциальные медико-санитарные потери [8–11]. Это создает научную базу для:

1. Разработки и корректировки паспортов безопасности зданий.
2. Планирования целевых профилактических мероприятий (замена газового оборудования, установка газоанализаторов).
3. Оптимизации систем оповещения и организации эвакуации.
4. Обоснования объемов и приоритетов аварийно-спасательных работ.

Теоретические основы и методы расчета

Задача оценки защищенности населения I формулируется как функция, зависящая от параметров взрыва, реакции здания и уязвимости людей (1):

$$I = f(P_{вз}, S_{зд}, U_{чел}) , \quad (1)$$

где $P_{вз}$ – вектор параметров взрывного воздействия (избыточное давление ΔP , импульс, длительность фазы сжатия); $S_{зд}$ – вектор состояния здания, описывающий повреждения

несущих и ограждающих конструкций (степени разрушения, зоны обрушения, остаточные перемещения); $U_{\text{чел}}$ – вектор параметров уязвимости населения (распределение людей по помещениям, время суток, возрастные группы, возможность самостоятельной эвакуации).

Математическая модель (1) является результирующей оценкой уровня защищенности, которая может быть выражена через вероятность сохранения жизни $P_{\text{жиз}}$ или ожидаемое количество пострадавших $N_{\text{постр}}$.

Для определения параметров взрыва используется методика, основанная на [4, 10, 11], для расчета избыточного давления ΔP в помещении-источнике (например, кухне):

$$\Delta P = \frac{M_g \cdot H_T \cdot P_0 \cdot Z}{V_{\text{п}} \cdot \rho_g \cdot C_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{K_h} , \quad (2)$$

где M_g – масса газа (кг); H_T – теплота сгорания (Дж/кг); Z – коэффициент участия в горении; P_0 , T_0 – начальные давление (кПа) и температура (К); $V_{\text{п}}$, ρ_g – объем (м^3) и плотность воздуха ($\text{кг}/\text{м}^3$) в помещении; C_p – теплоемкость (Дж/(кг·К)); K_h – коэффициент негерметичности.

Состояние здания $S_{\text{зд}}$ определяется путем численного решения системы уравнений динамики метода конечных элементов (МКЭ) [4, 11, 10]:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\} ,$$

где $[M]$, $[C]$, $[K]$ – глобальные матрицы масс, демпфирования и жесткости; $\{\ddot{u}\}$, $\{\dot{u}\}$, $\{u\}$ – векторы узловых ускорений, скоростей и перемещений; $\{F(t)\}$ – вектор узловых сил от взрывной нагрузки ΔP . Решение позволяет получить поля перемещений, деформаций и напряжений во всех элементах модели (стены, перекрытия), на основе которых классифицируется степень повреждения j -го помещения d_j (от «нет» до «полное разрушение») согласно критериям, например, из работы [4].

Уровень поражения человека связывается с уровнем повреждения помещения и его местоположением. Поэтому вводится матрица условных вероятностей травмирования $P_{\text{трав}}$ в зависимости от степени разрушения помещения d и зоны нахождения (например, в эпицентре, в смежной комнате, на лестничной клетке). Тогда для N жильцов в доме ожидаемое количество пострадавших определяется по формуле:

$$N_{\text{постр}} = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{n_j} P_{\text{трав}_{ji}}(d_j, r_i) , \quad (3)$$

где M – количество помещений; n_j – количество людей в j -м помещении; $P_{\text{трав}_{ji}}$ – вероятность травмирования человека, значение которой зависит от d_j – степени его разрушения и r_i – расположения i -го человека внутри помещения.

Для получения аналитической зависимости показателя (1), то есть для определения значения показателя защищенности, необходимо последовательно реализовать следующие этапы.

Во-первых, выполнить сценарное моделирование, в частности, определить наиболее вероятный или наихудший сценарий утечки газа (как в табл. 1 [2]), место взрыва (кухня на конкретном этаже) и расчетное время (например, ночь/день, влияющее на $U_{\text{чел}}$).

Таблица 1

Количество природного газа при различных сценариях истечения [4]

№ п/п	Сценарий	Объем газа V_g (м ³) за 1 ч	Масса газа M_g (кг) за 1 ч	Время достижения нижнего концентрационного предела *, мин	Время достижения верхнего концентрационного предела *, мин
1	1 конфорка	0,19	0,14	180	500
2	2 конфорки	0,38	0,28	90	245
3	3 конфорки	0,57	0,42	60	160
4	4 конфорки	0,76	0,56	45	120
5	4 конфорки и духовой шкаф	1,12	0,82	30	84
6	Разрушение трубопровода	5	3,25	6	18

Примечание: *значение концентрационных пределов указаны для метана как основной составляющей природного газа

Во-вторых, произвести расчет нагрузки и моделирование по МКЭ. В соответствии с формулой (2) определяется ΔP . В системе SolidWorks Simulation строится детализированная модель типового здания [7]. На модель прикладывается нагрузка и проводится нелинейный динамический анализ по МКЭ для получения $S_{\text{зд}}$.

В-третьих, провести картографирование риска. На поэтажных планах здания на основе результатов МКЭ (d_j) и статистических данных о травматизме при взрывах [4] строятся зоны с различным уровнем опасности: красная (зона полного разрушения и практически 100 % вероятность гибели), оранжевая (зона сильных повреждений, высокий риск тяжелых травм), желтая (зона умеренных повреждений), зеленая (безопасные зоны или пути эвакуации).

В-четвертых, количественно оценить защищенность населения. Для заданного сценария распределения людей ($U_{\text{чел}}$) рассчитывается интегральный показатель защищенности по формуле:

$$I = 1 - \frac{N_{\text{постр}}^{\text{прогноз}}}{N_{\Sigma}} \quad (4)$$

где $N_{\text{постр}}^{\text{прогноз}}$ – прогнозируемое количество пострадавших; N_{Σ} – общее количество людей в здании. I изменяется от 0 (полная незащищенность) до 1 (абсолютная защищенность).

На заключительном этапе требуется проведение анализа чувствительности модели и разработка практических рекомендаций. Оценивается влияние различных факторов (масса газа, проемность помещения, прочность внутренних перегородок) на значение показателя защищенности. Формулируются рекомендации по повышению защищенности: усиление ключевых конструкций, обязательная установка автоматических клапанов-отсекателей газа, изменение планировки для создания безопасных зон.

Рассмотрим применение предлагаемого подхода на примере, аналогичном описанному в работе [4]: десятиэтажный жилой дом блочного типа серии 1-439А (рис.), взрыв бытового газа на кухне третьего этажа в результате утечки из четырех конфорок и духового шкафа [5–9].



Исходные данные:

Объем кухни $v_n=11,2 \text{ м}^3$; масса газа $M_g=0,82 \text{ кг}$ (из табл. 1, сценарий 5).

Остальные параметры для формулы (2) принимаем как в работе [1]:

$$H_T = 4,151 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}, Z = 0,5, P_0 = 101 \text{ кПа}, T_0 = 293 \text{ К}, C_p = 1010 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}, \\ \rho_g = 1,225 \text{ кг/м}^3, K_h = 3.$$

Распределение жильцов: ночной сценарий, 2 чел. в каждой однокомнатной квартире, 3 чел. – в двух-трехкомнатных. Всего в 12-подъездном доме ~400 чел.

По формуле (2) получаем $\Delta P = 196,2 \text{ кПа}$, что соответствует критерию полного разрушения помещения-источника [3]. Далее воспользуемся готовыми результатами моделирования по МКЭ из работы [6]. На их основе каждому подъезду присваивается степень разрушения: 5, 6, 7-й – сильная; 3, 4, 8, 9-й – средняя; остальные – слабая/нет.

Для оценки последствий воздействия взрыва необходимо проведение дополнительных исследований. Здесь для изложения общего подхода воспользуемся данными табл. 2, полученной на основе анализа источников [4, 6, 8–11].

Таблица 2

Сводная таблица по степеням разрушения здания

Зона риска	Степень разрушения, (d)	Поражающие факторы	Значения вероятностей поражения
Эпицентр	Полное, прямая ударная волна, >100 кПа	Тотальное обрушение, осколки	Выживание практически исключено: $P_{\text{гибели}} \approx 0,95 \div 0,99.$
Квартира в эпицентре	Сильное, ослабленная ударная волна (десятки кПа)	Обрушение перегородок, завал мебелью	Высокий риск гибели под завалом или от травм: $P_{\text{гибели}} \approx 0,3 \div 0,6.$
Подъезды (сильные разрушения)	Сильное	Вероятностные локальные обрушения, падение элементов фасада, динамический удар	Риск распределен неравномерно: $P_{\text{гибели}} \approx 0,25$ $P_{\text{травм}} \approx 0,5 .$

Зона риска	Степень разрушения, (<i>d</i>)	Поражающие факторы	Значения вероятностей поражения
Подъезды (средние разрушения)	Среднее	Колебания, выбивание стекол, падение мебели и отделки	Массовые легкие травмы, летальные случаи редки: $P_{\text{гибели}} \approx 0,05$ $P_{\text{трав}} \approx 0,3$.
Остальные подъезды	Слабое/Нет	Легкие колебания, психологический стресс	Риск травм близок к нулю: $P_{\text{трав}} \approx 0$.

Тогда в соответствии с данными, приведенными в табл. 2, получим следующие значения для оценки воздействия поражающих факторов:

– кухня 3-го этажа, 6-й подъезд (эпицентр): $d = \{\text{полное разрушение}\}$. Вероятность гибели для находящихся здесь людей $P_{\text{гибели}} = 0,95$;

– жилые комнаты квартиры в эпицентре: $d = \{\text{сильное разрушение}\}$. $P_{\text{гибели}} = 0,6$, вероятность тяжелых травм $P_{\text{трав}} = 0,3$;

– квартиры в подъездах с сильным разрушением (5, 6, 7-й): $d = \{\text{сильное/среднее}\}$. Учитываются вторичные обрушения, завалы. Усредненная $P_{\text{гибели}} = 0,25$, $P_{\text{трав}} = 0,5$;

– квартиры в подъездах со средним повреждением (3, 4, 8, 9-й): $d = \{\text{среднее}\}$. Основная опасность – травмы от разлетающихся осколков, падения мебели. $P_{\text{гибели}} = 0,05$, $P_{\text{трав}} = 0,3$;

для остальных подъездов риск минимален, в основном психологический стресс.

Для расчета показателя защищенности населения принимаем, что в момент взрыва в наиболее опасных 5, 6, 7-м подъездах находилось около 100 чел. Прогнозируемое количество погибших (оценка), тогда прогнозируемое значение поражения людей будет равно $N_{\text{постр}}^{\text{прогноз}} \approx 2 + (100 - 2) \cdot 0,2 \cdot 5 \approx 27$ чел. Общее количество людей в здании $N_{\Sigma} = 400$.

Тогда показатель защищенности населения принимает следующее значение:

$$I = 1 - \frac{N_{\text{постр}}^{\text{прогноз}}}{N_{\Sigma}} = 1 - \frac{27}{400} = 0,93 \text{ .}$$

Несмотря на катастрофические разрушения трех подъездов, общее значение показателя защищенности относительно высокое (0,93), так как большая часть жильцов находилась в неповрежденных секциях. Однако для жильцов зоны поражения (5, 6, 7-й подъезды) индивидуальный риск был крайне высок.

Подъезды, непосредственно примыкающие к эпицентру, являются критически опасными зонами, защищенность в них близка к нулю. Основной резерв повышения общей защищенности – не допустить развитие событий по данному сценарию. Наиболее эффективны превентивные меры: оснащение каждой кухни автоматическим газоанализатором с клапаном-отсекателем, что исключает накопление взрывоопасной концентрации. В проектах новых домов для квартир, расположенных в смежных с кухней-источником блоках, следует рассмотреть возможность применения легкосбрасываемых ограждающих конструкций для сброса давления. Планы эвакуации и действия спасателей должны в первую очередь фокусироваться на подъездах, классифицированных как «сильно поврежденные».

Заключение

Таким образом, в статье предложен и проиллюстрирован расчетным примером методологический подход к количественной оценке защищенности населения многоквартирных жилых домов при взрывах бытового газа. Подход синтезирует современные методы инженерного анализа (МКЭ) и критерии оценки последствий для человека, что позволяет перейти от констатации повреждений здания к прогнозированию социального ущерба.

Ключевым преимуществом подхода является его наглядность и применимость для сравнительного анализа различных технических и организационных решений по повышению безопасности. Полученные карты риска и интегральный показатель (I) могут быть использованы органами власти, жилищного надзора и управляющими компаниями для обоснованного принятия решений в области предупреждения чрезвычайных ситуаций и минимизации их последствий.

Дальнейшее развитие работы будет направлено на уточнение вероятностных матриц поражения людей на основе ретроспективного анализа реальных чрезвычайных ситуаций, а также на учет более сложных факторов, таких как распространение ударной волны по вентиляционным каналам и пожарная нагрузка после взрыва.

Список литературы

1. Оценка состояния объектов жилой застройки в условиях взрыва бытового газа / А.В. Рыбаков [и др.] // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2019. № 1 (40). С. 46–56.
2. Гимранов Ф.М. Оценка последствий взрыва бытового газа // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 5. С. 150–151.
3. Карибьянц В.Р., Надеждин А.В. К вопросу о методике оценки степени разрушения многоэтажного жилого дома при взрыве природного газа в одном из помещений // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2004. № 1 (20). С. 35–39.
4. Кочетков К.Е. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий: учеб. пособие / под ред. К.Е. Кочеткова, В.А. Котляревского, А.В. Забегаева. М.: Ассоциация строительных вузов, 1996. 383 с.
5. Поражающее действие взрыва на людей и здания: справ. пособие / под общ. ред. Ю.Н. Шестопалова. М.: ВНИИПО МЧС России, 2008. 112 с.
6. Baker W.E., Cox P.A., Westine P.S. Explosion hazards and evaluation. Amsterdam: Elsevier, 2012. 807 p.
7. Алямовский, А.А. SolidWorks / COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. М.: ДМК-Пресс, 2004. 432 с.
8. Фокин В.Г. Метод конечных элементов в механике деформируемого твердого тела: учеб. пособие. Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. 131 с.
9. Качанов С.А., Нигметов Г.М., Прошляков М.Ю. Программно-технический комплекс автоматизированного, дистанционного, в режиме реального времени мониторинга жесткостных и геометрических параметров системы грунт-здание // Технологии гражданской безопасности. 2006. № 3 (11). С. 105–108.
10. Радченко А.В., Радченко П.А. Ударно-волновые процессы и разрушение в анизотропных материалах и конструкциях: монография. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2015. 204 с.
11. Тимохин В.В. Обеспечение безопасности газифицированных многоквартирных жилых домов: дис. ... канд. техн. наук. М., 2025. 124 с.
12. Мартынюк В.Ф., Бугаев П.Н. Анализ риска взрыва в газифицированных жилых домах // Горение и взрыв. 2022. Т. 15. № 2. С. 13–21.
13. Харламенков А.С. Пути решения проблемы взрывов бытового газа в жилых домах // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29. № 4. С. 70–74.

References

1. Ocenka sostoyaniya ob"ektov zhihoj zastrojki v usloviyah vzryva bytovogo gaza / A.V. Rybakov [i dr.] // Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. 2019. № 1 (40). S. 46–56.
2. Gimranov F.M. Ocenka posledstvij vzryva bytovogo gaza // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2010. № 5. S. 150–151.
3. Karib'yanc V.R., Nadezhdin A.V. K voprosu o metodike ocenki stepeni razrusheniya mnogoetazhnogo zhilogo doma pri vzryve prirodnoho gaza v odnom iz pomeshchenij // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2004. № 1 (20). S. 35–39.
4. Kochetkov K.E. Avarii i katastrofy. Preduprezhdenie i likvidaciya posledstvij: ucheb. posobie / pod red. K.E. Kochetkova, V.A. Kotlyarevskogo, A.V. Zabegaeva. M.: Associaciya stroitel'nyh vuzov, 1996. 383 s.
5. Porazhayushchee dejstvie vzryva na lyudej i zdaniya: sprav. posobie / pod obshch. red. Yu.N. Shestopalova. M.: VNIPO MCHS Rossii, 2008. 112 s.
6. Baker W.E., Cox P.A., Westine P.S. Explosion hazards and evaluation. Amsterdam: Elsevier, 2012. 807 p.
7. Alyamovskij, A.A. SolidWorks / COSMOSWorks. Inzhenernyj analiz metodom konechnyh elementov. M.: DMK-Press, 2004. 432 s.
8. Fokin V.G. Metod konechnyh elementov v mekhanike deformiruemogo tvjordogo tela: ucheb. posobie. Samara: Samarskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2010. 131 s.
9. Kachanov S.A., Nigmatov G.M., Proshlyakov M.Yu. Programmno-tekhnicheskij kompleks avtomatizirovannogo, distancionnogo, v rezhime real'nogo vremeni monitoringa zhestkostnyh i geometricheskikh parametrov sistemy grunt-zdanie // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2006. № 3 (11). S. 105–108.
10. Radchenko A.V., Radchenko P.A. Udarno-volnovye processy i razrushenie v anizotropnyh materialah i konstrukciyah: monografiya. Tomsk: Izd-vo TGASU, 2015. 204 s.
11. Timohin V.V. Obespechenie bezopasnosti gazificirovannyh mnogokvartirnyh zhilyh domov: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2025. 124 s.
12. Martynyuk V.F., Bugaev P.N. Analiz riska vzryva v gazificirovannyh zhilyh domah // Gorenje i vzryv. 2022. T. 15. № 2. S. 13–21.
13. Harlamenkov A.S. Puti resheniya problemy vzryvov bytovogo gaza v zhilyh domah // Pozharovzryvobezopasnost'. 2020. T. 29. № 4. S. 70–74.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 20.01.2026; одобрена после рецензирования: 04.03.2026;
принята к публикации: 06.03.2026

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 20.01.2026; approved after review: 04.03.2026;
accepted for publication: 06.03.2026

Информация об авторах:

Григорьян Альмита Артуровна, аспирант научно-исследовательского центра Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А), e-mail: a.grigoryan@agz.50.mchs.gov.ru, SPIN-код: 8011-2332

Стрелков Илья Константинович, адъюнкт научно-исследовательского центра Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А), e-mail: i.strelkov@agz.50.mchs.gov.ru, SPIN-код: 3265-3673

Рыбаков Анатолий Валерьевич, профессор кафедры (информационных систем и технологий) факультета (инженерного) Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1А), доктор технических наук, профессор, e-mail: a.rybakov@agz.50.mchs.gov.ru, SPIN-код: 8654-3788

Information about the authors:

Grigoryan Almita A., postgraduate student of the research center of Civil defence academy of EMERCOM of Russia (141435, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, Sokolovskaya str., bldg. 1 A), e-mail: a.grigoryan@agz.50.mchs.gov.ru, SPIN: 8011-2332

Strelkov Ilya K., adjunct of the research center of Civil defence academy of EMERCOM of Russia (141435, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, Sokolovskaya str., bldg. 1 A), e-mail: i.strelkov@agz.50.mchs.gov.ru, SPIN: 3265-3673

Rybakov Anatoly V., professor of the department (information systems and technologies) of the faculty (engineering) of Civil defence academy of EMERCOM of Russia (141435, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, Sokolovskaya str., bldg.1 A), doctor of technical sciences, professor, a.rybakov@agz.50.mchs.gov.ru, SPIN: 8654-3788