
ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Научная статья

УДК 614.839

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ

✉ Потапова Юлия Сергеевна;

Колесников Евгений Юрьевич.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

Санкт-Петербург, Россия

✉ azwegy@mail.ru

Аннотация. Явление взрыва газа, из-за его сложности и масштабности возможных последствий, служит предметом многочисленных исследований. Взрывы газа в замкнутом пространстве могут иметь различные последствия как для находящихся в помещении, так и для самой конструкции. Рассмотрены основные проблемы обеспечения пожаровзрывобезопасности газифицированных жилых зданий. Проведен анализ произошедших аварий с взрывами газа как в России, так и за рубежом, поиск возможных причин развития аварийной ситуации с образованием опасных концентраций природного газа в помещениях квартир. Даны разъяснения о степени влияния на угрозу возникновения взрыва типовых пластиковых окон. Предложены возможные профилактические меры и способы снижения риска взрыва газа в жилом доме, в том числе возможность установки системы газоанализаторов в жилом многоквартирном доме и установка взрывозащитных окон.

Ключевые слова: природный газ, утечка, взрыв, разрушение окна

Для цитирования: Потапова Ю.С., Колесников Е.Ю. Обеспечение взрывобезопасности жилых газифицированных зданий // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 2 (46). С. 48–57.

Scientific article

ENSURING EXPLOSION SAFETY OF RESIDENTIAL GASIFIED BUILDINGS

✉ Potapova Yulia S.;

Kolesnikov Evgeny Yu.

Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university, Saint-Petersburg, Russia

✉ azwegy@mail.ru

Abstract. The phenomenon of a gas explosion, due to its complexity and the scale of possible consequences, is the subject of numerous studies. Gas explosions in a confined space can have various consequences both for those in the room and for the structure itself. The main problems of ensuring fire and explosion safety of gasified residential buildings are considered. The analysis of the accidents with gas explosions both in Russia and abroad, the search for possible causes of the development of an emergency with the formation of dangerous concentrations of natural gas in the premises of apartments. Explanations are given about the degree of influence on the threat of an explosion of typical plastic windows. Possible preventive measures and ways to reduce the risk of a gas explosion in a residential building are proposed, including the possibility of installing a gas analyzer system in a residential apartment building and installing explosion-proof windows.

Keywords: natural gas, leakage, explosion, window destruction

For citation: Potapova Yu.S., Kolesnikov E.Yu. Ensuring explosion safety of residential gasified buildings // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty) = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 2 (46). P. 48–57.

Введение

В современных условиях газ (природный, а также пропан-бутановая смесь) является наиболее экологичным видом топлива, которое используется как для отопления, так и для подачи в кухонные плиты в жилых домах и социальных объектах России. Кроме того, сравнение показывает, что стоимость отопления за счет газа дешевле электрического примерно в 10 раз [1].

Но чрезвычайные ситуации, связанные с неправильной эксплуатацией газовых плит, их подключением к источнику газа, отсутствием контроля за состоянием систем газоснабжения, использованием устаревшего оборудования и иными причинами, происходят в различных субъектах страны практически каждый месяц. И хотя нет единой официальной статистики, содержащей перечень таких аварий с причинами, последствиями и принятыми впоследствии мерами, данные о них можно найти в различных открытых интернет-источниках. К сожалению, МЧС России и Росстат не дают статистических данных по многим показателям, относящимся именно к жилому сектору, в частности о причинах взрыва газа.

Актуальность данного исследования можно подтвердить данными с сайта ПАО «Газпром» (раздел «Программа газификации регионов»), которые показывают, что уровень газификации жилого сектора в России с 2005 г. постоянно растет, за это время в различных субъектах Российской Федерации было построено более 39 тыс. км газопроводов. Также по программе развития газоснабжения и газификации регионов России за период с 2021 по 2025 г. планируется построить 24,4 тыс. км газопроводов, что в 2,5 раза больше по сравнению с предшествующим периодом 2016–2020 гг. Между тем высокий уровень газификации, в свою очередь, обуславливает увеличение риска аварий, связанных с взрывами бытового газа [2].

В данной статье представлено исследование этой проблемы, и предложены возможные пути ее решения.

Методы исследования

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить несколько условий: показать актуальность данной темы, найти источники литературы, соответствующие критериям отбора, и изучить их. В процессе исследования были использованы теоретические методы.

Метод исследования литературы позволил изучить информацию о произошедших авариях и составить статистику за последние 10 лет. Далее, с помощью метода анализа были установлены наиболее уязвимые места в системе газоснабжения квартир в жилых домах, и предложено несколько вариантов как профилактических мер, так и мер, снижающих масштаб последствий таких аварий. И на заключительном этапе с помощью метода синтеза было обобщено все вышесказанное и сделан вывод.

Результаты исследования и их обсуждение

Сначала рассмотрим произошедшие за период с 2015 по 2022 г. аварии, связанные с взрывами бытового газа. Это позволит выявить наиболее распространенные их причины и возможные последствия.

Наиболее масштабные взрывы газа в жилых домах на территории России за последние 10 лет перечислены в таблице [3].

Таблица

**Наиболее масштабные аварии с взрывом газа
в жилых домах на территории России в период 2014–2022 гг.**

Дата	Город	Описание аварии
3 ноября 2014 г.	Орджоникидзевский р-он, г. Пермь	При взрыве обрушилась часть трехэтажного жилого дома, погиб 1 чел., 10 получили травмы, дом оказался в аварийном состоянии и был снесен
29 октября 2015 г.	Хабаровский край пос. Корфовский	В результате взрыва бытового газа в жилом доме обрушился один из подъездов. Погибли 6 чел., 3 пострадали. Предположительно, взрыв произошел по вине мужчины, который страдал токсикоманией и вдыхал газ из системы газоснабжения дома

Дата	Город	Описание аварии
20 декабря 2015 г.	г. Волгоград	В результате взрыва бытового газа на седьмом этаже дома погибли 4 чел., еще 11 пострадали. Была обрушена одна из несущих стен, пришлось эвакуировать более 80 чел., в итоге дом был снесен
16 февраля 2016 г.	г. Ярославль	В результате взрыва обрушились пять этажей одного из подъездов. Погибли 7 чел., здание впоследствии было снесено
23 октября 2016 г.	г. Рязань	Из-за взрыва газа погибли 7 чел., 16 получили ранения, полностью разрушены 14 квартир, но дом был восстановлен
11 января 2017 г.	г. Саратов	Произошел взрыв бытового газа в шестиэтажном жилом доме. 1 чел. погиб, еще 8 получили ранения разной степени тяжести. Обрушились перекрытия между первым и четвертым этажами, на этажах с третьего по пятый возник пожар. По данным следственного комитета, взрыв был вызван самовольной установкой в одной из квартир газовой плиты
9 апреля 2017 г.	г. Таганрог	При взрыве бытового газа погибли 2 чел., была разрушена внешняя стена здания
16 мая 2017 г.	г. Волгоград	При взрыве в четырехэтажном доме произошло обрушение подъезда. В результате погибли 4 чел., ранения получили еще 11 чел. Авария произошла из-за повреждения рабочими газовой трубы
17 июля 2018 г.	г. Ростов-на-Дону	Произошел хлопок газа с возгоранием на пятом этаже десятиэтажного дома. В результате взрыва 1 чел. погиб, повреждения получили семь квартир и фасад дома. Было установлено, что плита в квартире не была присоединена к газовой трубе
7 ноября 2018 г.	Смоленская обл.	Произошел взрыв газовоздушной смеси в девятиэтажном жилом доме, 16 квартир были повреждены, данных о погибших нет
31 декабря 2018 г.	г. Магнитогорск	Из-за взрыва газа частично обрушился десятиэтажный дом, погибло 39 чел., 17 получили ранения
14 января 2019 г.	г. Шахты	Полностью разрушены два верхних этажа, погибли 5 чел.
31 июля 2019 г.	Тюменская обл., пос. Боровский	В результате взрыва газа в частном доме погибли 2 чел., дом был разрушен, но соседние не пострадали
26 марта 2020 г.	г. Магнитогорск	Произошел взрыв газовоздушной смеси в квартире на втором этаже жилого дома, в результате 2 чел. погибли, еще 2 пострадали, в здании был пожар, но серьезных повреждений конструкциям не нанесено
21 августа 2020 г.	г. Ярославль	Из-за взрыва бытового газа в доме обрушились перекрытия с первого по шестой этаж и внешняя стена здания с пятого по третий этаж. Погибли 3 чел., 4 получили ранения. Дом был восстановлен
19 марта 2021 г.	г. Химки	В результате взрыва газовоздушной смеси обрушились перекрытия между восьмым и девятым этажами, были разрушены несколько балконов. Погибли 4 чел., еще 4 были госпитализированы с травмами
8 сентября 2021 г.	г. Ногинск	В результате взрыва газа повреждены перекрытия в доме, обрушена часть внешней стены, повреждены 30 квартир
28 сентября 2021 г.	г. Махачкала	В пристройке к частному жилому дома произошел хлопок газа, пострадали 5 чел.
11 апреля 2022 г.	Московская обл., г. Ступино	После взрыва газа и последующего пожара были разрушены конструкции на последних двух этажах здания, повреждены 13 квартир, разрушено четыре. Погибли 6 чел., 20 получили ранения

Дата	Город	Описание аварии
4 декабря 2022 г.	г. Нижневартовск	Обрушилось несколько этажей, 6 чел. погибли, 15 пострадали в результате частичного обрушения здания, перекрытия которого рухнули, завалив квартиры с третьего по первый этаж
5 декабря 2022 г.	г. Ярославль	В результате взрыва владелец квартиры госпитализирован, а также эвакуированы 28 жильцов трехэтажного дома. Взрывной волной выбило балкон, обрушило часть крыши и стену внутри квартиры

Из 21 описанной аварии лишь в одном случае не было погибших, в 17 случаях последствия взрыва включали частичные или полные обрушения этажей, внешних стен или несущих конструкций. Причем ответственность за взрывы бытового газа, наряду с жильцами, ложится и на газоснабжающие организации, в обязанности которых входит контроль и содержание в исправном состоянии используемого в квартирах оборудования и техники. Однако статистика аварий показывает, что существующий подход не обеспечивает должный уровень безопасности. В Великобритании, например, к вопросу обеспечения безопасности газового оборудования в жилых домах подходят совместно с процессом контроля потребления электроэнергии [4]. Для этого устанавливают специальные интеллектуальные датчики, которые следят как за количеством потраченного электричества и газа, так и за состоянием окружающей среды, наличием углекислого газа, относительной влажностью и температурой.

Обязательными условиями для взрыва в жилом помещении являются: наличие утечки газа, увеличение его концентрации в закрытом помещении до взрывоопасного уровня и наличие искры в этом помещении. Следовательно, в период использования горючего топлива существует опасность возникновения взрыва и последующего за ним обрушения жилого здания. Одной из мер по предотвращению таких ситуаций является проведение профилактических мероприятий, таких как осуществление постоянного контроля за состоянием системы газоснабжения [5].

Трагические события, произошедшие в Магнитогорске 31 декабря 2018 г., накануне празднования Нового года, вызвали широкий отклик в средствах массовой информации, однако никаких действий, направленных на предотвращение подобных аварий, так предпринято и не было. Официально даже не было сообщено о причинах взрыва в здании. Даже сейчас, по прошествии четырех лет после тех трагических событий, в Государственную Думу только планируется внести законопроект об обязательной установке газоанализаторов в квартирах, которая будет осуществляться в порядке очереди. Ответственность за это планируется возложить на газораспределительные компании.

Сообщалась следующая предварительная стоимость этих мероприятий: газоанализаторы с установкой – примерно 3,5 тыс. руб., с клапаном – 5,5 тыс. руб. [6]. Хотя еще 10 лет назад, в 2012 г., был утвержден план, согласно которому предполагалось разработать Федеральный закон о безопасности домашнего газового оборудования [7].

Также следует отметить, что этот вопрос остро стоит не только в России, но и во многих других странах [8, 9]. Например, 6 августа 2013 г. в Аргентине (г. Росарио) произошел взрыв газа в жилом доме, предположительно причиной аварии стали ошибочные действия газовщика. В результате погибло 13 чел. и более 50 получили ранения. 12 июля 2014 г. в г. Стамбуле произошел взрыв в подвале жилого дома, пострадали 8 чел., были выбиты стекла в нескольких соседних зданиях.

В г. Минске 14 июня 2020 г. в квартире на первом этаже произошла утечка газа и взрыв. 3 чел. получили серьезные ожоги, был нанесен ущерб соседним квартирам, но здание не разрушено.

31 декабря 2020 г. в г. Риге произошла утечка газа в квартире с последующим взрывом и пожаром. В результате были разрушены второй и третий этажи здания и частично крыша, сообщалось об одном погибшем и шести раненых.

20 января 2021 г. в г. Мадриде произошел взрыв газа в жилом здании около церкви. Причем перед тем как произошел взрыв, многие, находящиеся в здании, почувствовали запах

газа. В результате этого взрыва погибло 4 чел., 10 получили серьезные ранения, также были частично разрушены близлежащие здания, школа и дом престарелых, но в них никто не пострадал. Также в мае 2022 г. во время ремонта в здании произошел взрыв газа, 18 чел. были ранены, 2 погибли.

В Эстонии (г. Тарту) 13 августа 2021 г. в жилом здании произошел взрыв газа, в результате которого пострадали 9 чел., были разбиты окна в данном и соседних зданиях.

Взрывы бытового газа случаются не только в жилых домах, но и в социальных объектах. К таковым относятся школы, больницы. В качестве примера таких аварий можно привести взрыв газа в школе г. Миннеаполиса 2 августа 2017 г. Тогда было частично разрушено здание, погибло 2 чел., 3 получили серьезные ранения – переломы, ожоги, порезы. Отмечается, что последствия этого взрыва могли быть намного хуже, поскольку авария произошла во время летних каникул, когда в здании находились несколько работников, а в учебное время количество людей составляет около 800 чел.

1 января 2018 г. взорвался газовый баллон в больнице г. Атток (Пакистан). Погибли 6 чел., еще 10 получили ранения, также пострадало здание больницы – оно было частично разрушено.

12 января 2019 г. произошла утечка газа и взрыв в торговом помещении в г. Париже, в результате чего были разбиты окна в соседних зданиях, погибли 3 чел. Здание практически полностью сгорело.

Результатом таких аварий практически всегда становится гибель людей, травмы различного рода, частичное или полное разрушение зданий, а также финансовый ущерб, который состоит из расходов на восстановление зданий, переселение граждан в новое жилье, выплаты компенсации пострадавшим. Причинами взрыва бытового газа можно назвать пришедшее в негодность газовое оборудование, самостоятельное подключение газового оборудования при отсутствии необходимых знаний и навыков, нарушение правил эксплуатации оборудования, невнимательное отношение к использованию газа и др.

Также стоит отметить, что утечка газа не всегда приводит к взрыву и разрушению зданий, это может быть причиной вреда здоровью людей в виде отравлений. Основными симптомами отравления, например, метаном являются: сильная головная боль, боль в сердце, головокружение, слабость.

В 2022 г. на базе психиатрической больницы г. Чебоксары преподавателями кафедры психологии местного университета было проведено исследование случаев убийств и самоубийств с помощью отравления и намеренного взрыва газа в жилых домах. Таким образом, за 2012–2021 гг. произошло не менее 10 таких случаев, в результате погибли 46 чел. Практически во всех случаях виновником был человек, страдающий психическими отклонениями и/или алкогольной зависимостью [10]. Помимо работы психологов с данными индивидуумами избежать этих катастроф помогло бы наличие газоанализатора и, соответственно, своевременное перекрытие подачи газа.

Одним из наиболее эффективных способов снижения риска таких аварий можно назвать установку в жилых квартирах газовых анализаторов, соединенных с отключающими клапанами. В частных жилых домах, оборудованных газовыми котлами, например, взрывы не происходят в основном потому, что они оборудованы автоматической системой, прекращающей подачу газа при наличии его утечки.

Газоанализатор – это устройство, предназначенное для обнаружения в воздухе природного газа и паров пропан-бутановой смеси. В зависимости от состава газа (пропан-бутановая смесь или природный газ, состоящий преимущественно из метана), это устройство устанавливается у пола или под потолком. Пропан-бутановая смесь тяжелее воздуха, поэтому при утечке будет оседать вниз, а метан легче воздуха, поэтому будет всплывать. У многих датчиков есть существенный недостаток, они бесполезны при отключении электроэнергии, именно поэтому рекомендуется использовать датчики, работающие от аккумулятора [11].

Существующие газоанализаторы по принципу действия делятся на химические, тепловые, магнитные и оптические. Они отличаются принципом работы, но утечку газа надежно определяют при превышении заданной концентрации газа в воздухе.

Данную меру защиты можно осуществить по одной из следующих схем:

1) в каждую квартиру устанавливать газоанализатор и запорный электромагнитный клапан, который по сигналу газоанализатора будет перекрывать подачу газа в данную квартиру;

2) ставить в каждую квартиру только газоанализатор, а запорный клапан установить на весь стояк многоквартирного дома, но при этом на кухне в каждой квартире необходимо разместить датчик, соединенный с газоанализатором.

Необходимо также разработать систему оповещения об утечке газа жильцов в квартире и соответствующих органов.

Каждая из этих схем имеет как свои преимущества, так и недостатки. Очевидно, что установка одного общего газоанализатора и клапана на газовый стояк позволит существенно снизить расходы. При этом газоанализатор даст понять, в какой именно квартире произошла утечка. Но в данной ситуации возможны проблемы с проникновением в квартиру в случаях, когда в квартире никто не проживает, а с ее владельцем не удастся связаться, или в квартире находится человек, умышленно запершийся внутри. Установка же системы безопасности в каждой квартире позволит не перекрывать подачу газа соседям, однако такая система существенно дороже.

Оба предлагаемых решения имеют общий существенный недостаток, связанный с тем, что они не предусматривают защиты от возможного образования утечки газа вне жилых квартир.

В 2020 г. в Уфимском нефтяном техническом университете было проведено исследование об автоматизированной системе контроля утечки газа с использованием беспроводной технологии. Это новый подход к обеспечению безопасности, заключающийся в том, что в одном устройстве объединены электронный счетчик учета бытового газа и датчики (утечки газа, температуры, возникающей при пожаре, и дыма). При срабатывании хотя бы одного из сигналов от датчиков система блокирует подачу газа в помещение, посылает сигнал на телефон физического лица, а также на пульт дежурного оператора, у которого появляется информация об утечке бытового газа/пожаре с геолокацией [12]. Это техническое решение отличается тем, что может обнаруживать не только утечку газа, но и пожар, поскольку не всегда именно утечка газа приводит к таким последствиям (они могут являться первопричиной).

Еще одним предложением, позволяющим снизить риск аварий с взрывами газа в жилых домах и квартирах и обеспечивать их взрывобезопасность, является применение мер, направленных на снижение последствий подобных аварии. Такой мерой является установка взрывобезопасных окон. Например, выполнение пластиковых окон в виде вращающейся предохранительной конструкции на шарнирах [13]. Как известно, объемный взрыв газовоздушной смеси сопровождается быстрым нарастанием давления в помещении. Предложение заключается в том, что при достижении давлением определенной величины происходит поворот этой конструкции, вскрывается проем, через который избыточное давление сбрасывается. Однако использование таких конструкций в жилых зданиях в настоящее время невозможно практически во всех регионах России, поскольку их конструкция пока не позволяет обеспечить необходимый уровень герметичности и, как следствие, шумо- и термоизоляции.

Есть и альтернативное решение: еще в 2010 г. был зарегистрирован патент на конструкцию взрывозащищенного пластикового окна. Это окно содержит несущую и сбрасываемую рамы и предохранительные элементы (магнит, катушку с сердечником и датчик питания). Ниже представлена схема в горизонтальном разрезе (рис. 1). При нормальных условиях сбрасываемая рама крепится к несущей с помощью постоянного магнита, но в случае превышения допустимой величины давления в помещении, в котором установлено окно, датчик давления улавливает это изменение, создается магнитное поле, которое направлено противоположно полю магнита, и, как следствие, магнит выталкивает сбрасываемую раму.

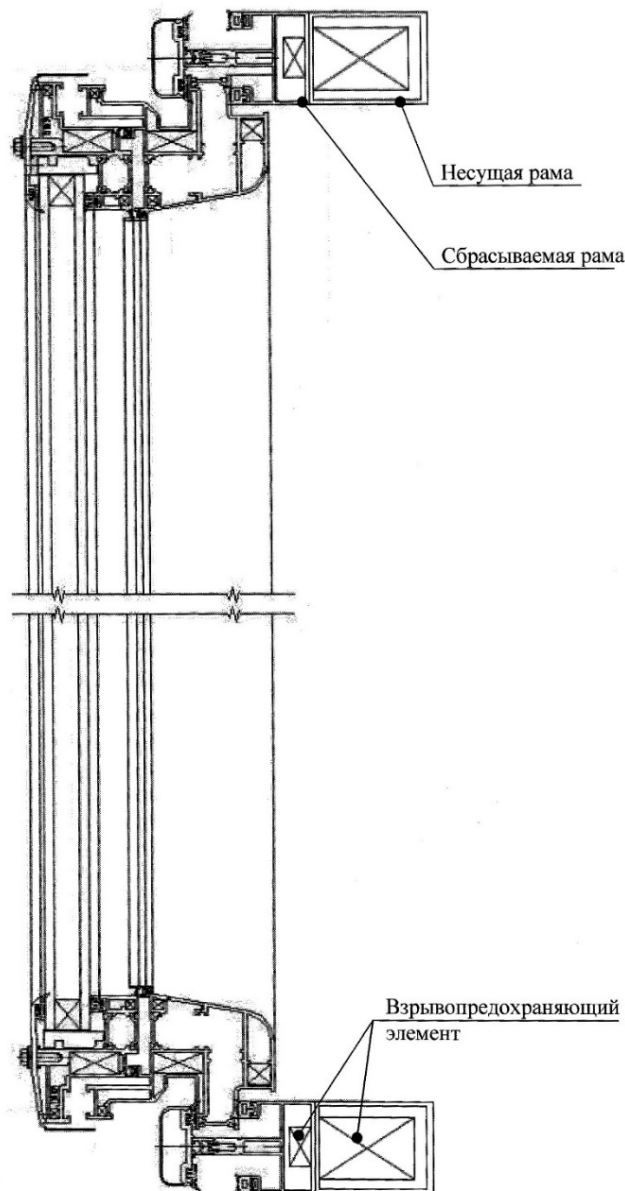


Рис. 1. Схема взрывобезопасного окна

Как уже было сказано ранее, этот патент был зарегистрирован в 2010 г., но так и не нашел широкого применения. Обычные пластиковые окна сконструированы таким образом, чтобы обеспечить максимальную термо-, влаго- и звукоизоляцию. Метод их крепления к несущим конструкциям здания таков, что они обладают повышенной прочностью, в результате (как можно видеть по фотографиям зданий, пострадавших от взрывов газа) зачастую давление взрыва вместо оконных переплетов выдавливает наружную стену кухни или потолок.

Между тем прежние деревянные окна не были подвержены такой проблеме, их конструкция (крепление стекол к раме на штапики мелкими гвоздями) позволяла уже небольшому избыточному давлению (не более 5 кПа) выбивать стекла из рамы и вскрывать проем. Но сейчас такие окна постепенно повсеместно заменяют на пластиковые, из-за чего значительно возрастают последствия аварий, связанных с утечками и взрывами газа.

Для наглядности на рис. 2, 3 представлены два изображения пострадавших от взрыва газа жилых домов: в г. Магнитогорске в 2018 г. (обычные пластиковые окна и как следствие полное разрушение стен и крыши) и в г. Мадриде в 2016 г. (окна, выполненные в соответствии с требованиями взрывобезопасности).



Рис. 2. Разрушенный многоквартирный дом в г. Магнитогорске, 31.12.2018 г.



Рис. 3. Дом после взрыва в г. Мадриде, 2016 г.

Заключение

Можно сделать вывод, что, несмотря на то что на сегодняшний день из всего жилого фонда газифицированные дома составляют лишь 27 % от общего числа [7], судя по статистике, эта проблема становится более актуальной в связи с большим количеством новостроек и отсутствием контроля за фактическим состоянием газового оборудования в домах, а также за соблюдением жильцами таких квартир требований по правильной эксплуатации и сроков эксплуатации этого оборудования.

В рамках данной статьи были проанализированы статистические данные и различные технические решения, позволяющие предотвратить взрыв или уменьшить его последствия. Проведённое исследование приводит к выводу о необходимости дальнейшей работы по изучению взрывов бытового газа в жилых домах с целью разработки оптимальных решений, позволяющих минимизировать риск взрыва и последствия от него.

Список источников

1. Problems of safety of gas systems in the places of residence of agricultural workers / D.V. Eloquence [et al.] // *Earth and Environmental Science* 965: IOP Conf. Series. 2022.
2. Газификация регионов России. URL: <https://mrg.gazprom.ru/about/gasification/> (дата обращения: 28.11.2022).
3. Хронология взрывов бытового газа в жилых домах в России. URL: <https://news.rambler.ru/incidents/47167110-hronologiya-vzryvov-bytovogo-gaza-v-zhilyh-domah-v-rossii/> (дата обращения: 04.12.2022).
4. Государственная Дума Российской Федерации. Во всех квартирах с газом хотят установить сигнализаторы утечек. URL: <http://cmokhv.ru/news/2022-09-08-news20220907/> (дата обращения: 04.12.2022).
5. Implementing an integrated meter and sensor system (IMSS) in existing social housing stock / A. Shukla [et al.] // *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 182. P. 274–286. ISSN 0378–7788.
6. Mögelin C. Regulation of Natural Gas Grids // *Article@Regulierung von Gasversorgungsnetzen: GWF. Wasser – Abwasser*, 2009. 150 p.
7. Назаров В.П., Ашихмин А.В., Коротовских Я.В. Анализ статистики пожаров и взрывов газифицированных зданий в России // *Технологии техносферной безопасности*. 2017. № 1 (71). С. 1–5.
8. Взрывы бытового газа в жилых домах в Европе в 2020–2021 гг. URL: <https://ria.ru/20210120/vzryvy-1593909686.html> (дата обращения: 28.11.2022).
9. Взрывы бытового газа в мире в 2018–2019 гг. URL: <https://ria.ru/20190112/1549272056.html> (дата обращения: 28.11.2022).
10. Взрыв бытового газа как способ убийств и самоубийств, совершённых лицами с психическими расстройствами: серия случаев в регионах России (2012–2021 гг.) / Ф.В. Орлов [и др.] // *Суицидология*. 2022. № 1 (46). С. 45–57.
11. Multi-sensor leakage detector robot for nuclear radiation and chemicals / A. Alkandari [et al.] // *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2019. № 16 (3). P. 1134–1137.
12. Важдаев К.В., Ураксеев М.А., Мартяшева В.А. Автоматизированная многофункциональная система контроля утечки газа с использованием беспроводной технологии // *Электротехнические и информационные комплексы и системы*. 2020. № 1. С. 97–104.
13. Обеспечение взрывобезопасности жилых домов / В.В. Тимохин [и др.] // *Пожары и ЧС*. 2021. № 3. С. 69–72.

References

1. Problems of safety of gas systems in the places of residence of agricultural workers / D.V. Eloquence [et al.] // *Earth and Environmental Science* 965: IOP Conf. Series. 2022.
2. Gazifikaciya regionov Rossii. URL: <https://mrg.gazprom.ru/about/gasification/> (data obrashcheniya: 28.11.2022).
3. Hronologiya vzryvov bytovogo gaza v zhilyh domah v Rossii. URL: <https://news.rambler.ru/incidents/47167110-hronologiya-vzryvov-bytovogo-gaza-v-zhilyh-domah-v-rossii/> (data obrashcheniya: 04.12.2022).
4. Gosudarstvennaya Duma Rossijskoj Federacii. Vo vsekh kvartirah s gazom hotyat ustanovit' signalizatory utechek. URL: <http://cmokhv.ru/news/2022-09-08-news20220907/> (data obrashcheniya: 04.12.2022).
5. Implementing an integrated meter and sensor system (IMSS) in existing social housing stock / A. Shukla [et al.] // *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 182. P. 274–286. ISSN 0378–7788.
6. Mögelin C. Regulation of Natural Gas Grids // *Article@Regulierung von Gasversorgungsnetzen: GWF. Wasser – Abwasser*, 2009. 150 p.
7. Nazarov V.P., Ashihmin A.V., Korotovskih Ya.V. Analiz statistiki pozharov i vzryvov gazificirovannyh zdaniy v Rossii // *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2017. № 1 (71). S. 1–5.

8. Vzryvy bytovogo gaza v zhilyh domah v Evrope v 2020–2021 gg. URL: <https://ria.ru/20210120/vzryvy-1593909686.html> (data obrashcheniya: 28.11.2022).
9. Vzryvy bytovogo gaza v mire v 2018–2019 gg. URL: <https://ria.ru/20190112/1549272056.html> (data obrashcheniya: 28.11.2022).
10. Vzryv bytovogo gaza kak sposob ubijstv i samoubijstv, sovershyonnyh licami s psihicheskimi rasstrojstvami: seriya sluchaev v regionah Rossii (2012–2021 gg.) / F.V. Orlov [i dr.] // Suicidologiya. 2022. № 1 (46). С. 45–57.
11. Multi-sensor leakage detector robot for nu-clear radiation and chemicals / A. Alkandari [et al.] // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. № 16 (3). P. 1134–1137.
12. Vazhdaev K.V., Urakseev M.A., Martyasheva V.A. Avtomatizirovannaya mnogofunkcional'naya sistema kontrolya utechki gaza s ispol'zovaniem besprovodnoj tekhnologii // Elektrotekhnicheskie i informacionnye komplekсы i sistemy. 2020. № 1. S. 97–104.
13. Obespechenie vzryvobezопасnosti zhilyh domov / V.V. Timohin [i dr.] // Pozhary i CHS. 2021. № 3. S. 69–72.

Информация о статье:

Поступила в редакцию: 17.04.2023

Принята к публикации: 19.05.2023

The information about article:

Article was received by the editorial office: 17.04.2023

Accepted for publication: 19.05.2023

Информация об авторах:

Потапова Юлия Сергеевна, студент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), e-mail: azwegy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2023-5643>

Колесников Евгений Юрьевич, студент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., д. 29), доктор технических наук, e-mail: key3108@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-6863>

Information about the authors:

Potapova Yulia S., student of the higher school of technosphere security of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29), e-mail: azwegy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2023-5643>

Kolesnikov Evgeny Yu., associate professor of the higher school of technosphere security of Peter the Great Saint-Petersburg polytechnic university (195251, Saint-Petersburg, Polytechnicheskaya str., 29), doctor of technical sciences, e-mail: key3108@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-6863>