

Научная статья
УДК 62-756.62.
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2024.19.88.006

Способ обеспечения взрывобезопасности банковских устройств самообслуживания при использовании злоумышленниками пропан-бутановой смеси

Максим Андреевич Гудков¹
Артем Александрович Ганеев¹
Петр Владимирович Комраков¹
Дмитрий Юрьевич Калков²
Марианна Борисовна Шмырева³

¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

²Воронежский институт МВД России, Воронеж, Россия

³Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор ответственный за переписку: Артем Александрович Ганеев, kratos_1987@mail.ru

Аннотация. Настоящая статья посвящена разработке устройства обеспечивающего комплексную безопасность от преступных посягательств: взрывобезопасности при использовании СУГ, анализ физического воздействия при попытке взлома с помощью электроинструмента.

Для решения поставленной задачи проведен обзор основных существующих криминальных посягательств на банковские устройства самообслуживания с целью выбора приоритетных направлений. В ходе анализа было установлено, что на данный момент преобладает подрыв газовоздушной смесью СУГа нижнего кабинета банкомата. Для решения поставленной задачи, необходимо разработать техническое решение позволяющее идентифицировать присутствие пропан-бутановой смеси и в тоже время предусмотреть предотвращение взрыва.

Решение первой составляющей осуществляется за счет газоанализатора. При этом важной особенностью является обнаружение на значениях ниже нижнего концентрационного предела. При регистрации изменений состава газовой среды, включается электромагнитный клапан подачи флегматизатора, который делает взрыв невозможным. Анализ и управление периферийными устройствами осуществляется с помощью микроконтроллера, логика и последовательность работы которого, осуществляется согласно программному коду.

Проведенные лабораторные испытания показали работоспособность разработанного технического решения и наметили следующие направления исследования: в первую очередь, в выборе флегматизатора, в частности, с практической точки зрения целесообразней использовать химический активный ингибитор, либо их сочетание; представленный программный код актуален для экспериментальной установки с объемом взрывокамеры; реализация GSM модуля для дистанционного контроля состояния анализируемых параметров и передачи информации на пульт централизованной охраны.

Разработанное инженерное решение может быть использовано в качестве технического средства безопасности используемых подразделениями вневедомственной охраны федеральной службы войск национальной гвардии РФ, а так же ЧОО оказывающие охранные услуги в банковском секторе.

Ключевые слова: БУС, банкомат, взрывобезопасность, микроконтроллер, газоанализ, флегматизатор

Для цитирования: Гудков М.А., Гапеев А.А., Комраков П.В., Калков Д.Ю., Шмырева М.Б. Способ обеспечения взрывобезопасности банковских устройств самообслуживания при использовании злоумышленниками пропан-бутановой смеси // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 2 (33). С. 184-193. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.19.88.006>

Original article

A method for ensuring the explosion safety of self-service banking devices when attackers use propane-butane mixture

*Maxim A. Gudkov*¹

*Artem A. Gapeev*¹

*Petr V. Komrakov*¹

*Dmitry Y. Kalkov*²

*Marianna B. Shmyreva*³

¹Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

²Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Voronezh, Russia

³Siberian Fire and Rescue Academy of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: Artem A. Gapeev, kratos_1987@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the development of a device that provides comprehensive security against criminal encroachments: explosion safety when using LPG, analysis of the physical impact of an attempt to break in with a power tool.

To solve this problem, a review of the main existing criminal attacks on self-service banking devices was conducted in order to select priority areas. During the analysis, it was found that at the moment, the explosion of a gas-air mixture of LPG in the lower ATM cabinet prevails. To solve this problem, it is necessary to develop a technical solution that allows you to identify the presence of a propane-butane mixture and at the same time provide for the prevention of an explosion.

The solution of the first component is carried out at the expense of the gas analyzer. In this case, an important feature is detection at values below the lower concentration limit. When registering changes in the composition of the gas medium, the electromagnetic valve of the phlegmatizer supply is turned on, which makes an explosion impossible. The analysis and control of peripheral devices is carried out using a microcontroller, the logic and sequence of which is carried out according to the program code.

The conducted laboratory tests showed the operability of the developed technical solution and outlined the following research directions: first of all, in choosing a phlegmatizer, in particular, from a practical point of view, it is more expedient to use a chemical active inhibitor or a combination of them; the presented program code is relevant for an experimental installation with an explosion chamber volume; the implementation of a GSM module for remote monitoring of the state of the analyzed parameters and transmission of information to the centralized security control panel.

The developed engineering solution can be used as a technical security tool used by non-departmental security units of the Federal Service of the National Guard of the Russian Federation, as well as private security companies providing security services in the banking sector.

Keywords: BEADS, ATM, explosion safety, microcontroller, gas analysis, phlegmatizer

For citation: Gudkov M.A., Gapeev A.A., Komrakov P.V., Kalkov D.Yu., Shmyreva M.B. A method for ensuring explosion safety of self-service banking devices when intruders use propane-butane mixture // Siberian Fire and Rescue Bulletin 2024. № 2 (33). С. 184-193. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.19.88.006>

Введение

Согласно исследованиям проведенным изданием «Forbes» [1] наблюдается тенденция к снижению реальных располагаемых доходов россиян. Данный факт может стать причиной к росту преступности, в том, числе в банковской сфере. С точки зрения злоумышленника, банкомат представляет собой легкий и быстрый источник незаконного обогащения по нескольким причинам:

- Во-первых, банкоматы обычно расположены в открытых местах и доступны для использования в любое время. Это означает, что злоумышленник может подойти к банкомату без привлечения подозрений и безопасно осуществить свои злонамеренные действия.
- Во-вторых, банкоматы всегда содержат наличные деньги.
- В-третьих, не все банкоматы оснащены техническими средствами обеспечения безопасности или имеют уязвимые места, как в самом устройстве, так и месте его установки. Например, установка в местах, где нет видеонаблюдения или охраны.

Однако важно отметить, что банки и организации, управляющие банкоматами, прилагают много усилий для их защиты и клиентов от злоумышленников. Используются современные технологии и методы безопасности, но несмотря на появление новых технологий и мер безопасности, преступники постоянно находят новые способы взлома банкоматов и получения доступа к финансовым средствам.

Согласно данным полученным из открытых источников [2, 3] количество криминальных посягательств имеет стремительный рост (Табл. 1).

Все способы хищения денежных средств из банковских устройств самообслуживания можно разделить на следующие группы:

1. Физические криминальные воздействия: взлом с помощью электрического инструмента, подрыв с использованием взрывчатых веществ или газов.
2. Использование вредоносного программного обеспечения.
3. Использование внешних переносных устройств, устанавливаемых на банкомат (скиммеры).

Табл.1. Сравнительная статистика по физическим и логическим атакам на банковские устройства самообслуживания за 2014-2018 гг.

ATM Related Physical Attacks	2014	2015	2016	2017	2018	% +/- 17/18
Total reported Incidents	1, 980	2,657	2,974	3,584	4,549	+27%
Total reported losses	€27m	€49m	€49m	€31m	€36m	+16%
ATM Malware and Logical Attacks	2014	2015	2016	2017	2018	% +/- 17/18
Total reported Incidents	51	15	58	192	157	-18%
Total reported losses	€1,2m	€0,74m	€0,46m	€1,52m	€0,45m	-70%

Согласно [4] первая группа, предполагающая подрыв банкомата с использованием газозвушной смеси получила широкое распространение. В качестве взрывоопасного состава используются сжиженные углеводороды (СУГ) находящиеся в открытой продаже (Табл.2).

Табл.2. Марки сжиженных углеводородных газов

Марка	Наименование	Код ОКП (общероссийский классификатор продукции)
ПТ	Пропан технический	02 7236 0101
ПА	Пропан автомобильный	02 7239 0501
ПБА	Пропан-бутан автомобильный	02 7239 0502
ПБТ	Пропан-бутан технический	02 7236 0102
БТ	Бутан технический	02 7236 0103

Принцип подрыва заключается в заполнении СУГом нижнего кабинета банкомата через технические отверстия с последующим включением высоковольтного источника зажигания. Продолжительность этой процедуры занимает не более 60 секунд, что не позволит своевременно среагировать группе задержания подразделений ФС ВНГ Российской Федерации.

Цель работы

На основании представленного практический интерес представляет разработка комбинированного устройства, позволяющего проводить анализ газовой среды банкоматам [5], на предмет наличия СУГ, указанных в Табл.1, предотвращать образование взрывоопасной концентрации и осуществлять звуковое оповещение с последующей передачей сигнала на пульт централизованной охраны, кроме того следует предусмотреть анализатор вибрации для исключения взлома электроинструментом.

Теоретическая часть

Описанный выше способ подрыва будет реализован в случае, когда концентрация горючего вещества будет находиться между нижним (φ_n) и верхним (φ_v) концентрационными пределами [6,7].

В соответствии с представлениями о тепловом инициировании, горение происходит в результате передачи тепла от зоны химической реакции в прилегающий к ней слой свежей смеси со скоростью, при которой энергия движения молекул горючего и окислителя достигает энергии активации химической реакции их взаимодействия. Происходит пространственно-временное перемещение зоны химической реакции, т.е. его самопроизвольное распространение. Это может иметь место в том случае, если скорость химической реакции достаточно высокая. При некотором снижении скорости в зоне реакции, скорость передачи энергии в свежую смесь на возбуждение молекул горючего и окислителя, становится недостаточной. Исходя из этого, горением считается реакция, если она удовлетворяет двум условиям:

- является экзотермической (происходит с выделением тепла);
- протекает с высокой скоростью.

Скорость тепловыделения пропорциональна скорости химической реакции $q_+ = Q_n \cdot W$. Очевидно, что существует некоторое предельное значение скорости химической реакции ($W^{пр}$) или скорость тепловыделения, ниже которой горение не происходит.

Рассмотрим зависимость скорости химической реакции от соотношения между горючим и окислителем (Рис.1).

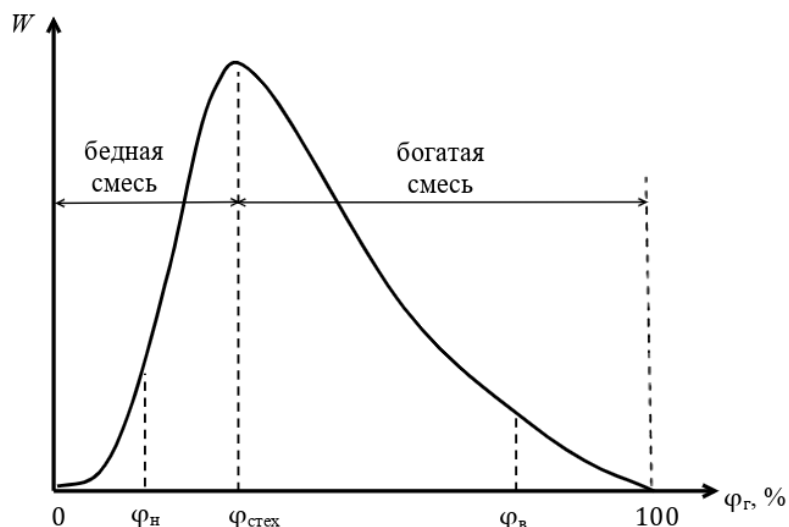


Рис.1. Зависимость скорости химической реакции от соотношения компонентов

При концентрациях горючего 0 % и 100 % (соответственно при концентрациях окислителя 100 % и 0 %) скорость реакции равна нулю, так как отсутствует один из компонентов реакции. При добавлении окислителя к горючему, согласно уравнению материального баланса, скорость возрастает. При соотношении горючего и окислителя, равном стехиометрическому, скорость их взаимодействия будет максимальной.

В первой и третьей областях скорость химической реакции меньше предельной ($W < W^{пр}$) и, согласно вышеизложенному горение существовать не может. Во второй области, ограниченной предельными концентрациями φ_n и φ_v , скорость химической реакции выше предельной и процесс горения может возникнуть и самопроизвольно распространяться. Эта область концентраций является пожаровзрывоопасной и называется концентрационной областью распространения пламени. Соответственно области I и III – безопасны. Эти области принципиально важные для обеспечения пожаровзрывобезопасности.

Табл.3. Изменение концентрационных пределов в гомологическом ряду

№ п/п	Вещество	Верхний концентрационный предел	
		$\varphi_n, \%$ об.	$\varphi_v, \%$ об.
1	Метан	5,0	15,0
2	Этан	2,9	15,0
3	Пропан	2,3	9,4
4	Бутан	1,8	9,1

Учитывая, что пропан-бутановая смесь является наиболее распространенной и находится в широком доступе в виде малолитражных баллонов, то эксперимент проводился именно с этой смесью. Для летней пропан-бутановой смеси нижний концентрационный предел составляет 2,0% об., для зимней смеси – 2,08%. Соответственно, усредненный нижний концентрационный предел был принят равным 2%, об.

Введение флегматизаторов. С точки зрения молекулярно-кинетической теории, введение таких веществ приводит к снижению активных соударений, поэтому, если до введения в систему флегматизатора смеси находились на нижнем или верхнем пределах, то с его добавлением смеси будут уже не способны воспламениться и распространять пламя, так как скорость химической реакции уменьшается ниже предельного значения. На основании представленного, в техническом плане, требуется обеспечить условия, при которых не будет достигаться нижний концентрационный предел и как следствие, в принципе возможность

взрыва (Табл.3). Таким образом, необходимо предусматривать раннее обнаружение (до взрывоопасное) горючего вещества газоанализатором, обработки информации и последующей передачей управляющего воздействия на исполнительное устройство обеспечивающее подачу флегматизатора [8,9].

Постановка и проведение эксперимента

Для решения поставленных задач: анализ газовой среды, уровня вибрации и управления периферийными устройствами использовался микроконтроллер на базе «Arduino» (Рис.2), который представляет собой открытую платформу для разработки электронных проектов. Основная область применения – создание устройств, исполняющих различные функции, и объединяет аппаратное и программное обеспечение. Платформа включает в себя плату с микроконтроллером и интегрированную среду разработки, которая упрощает написание программного кода.

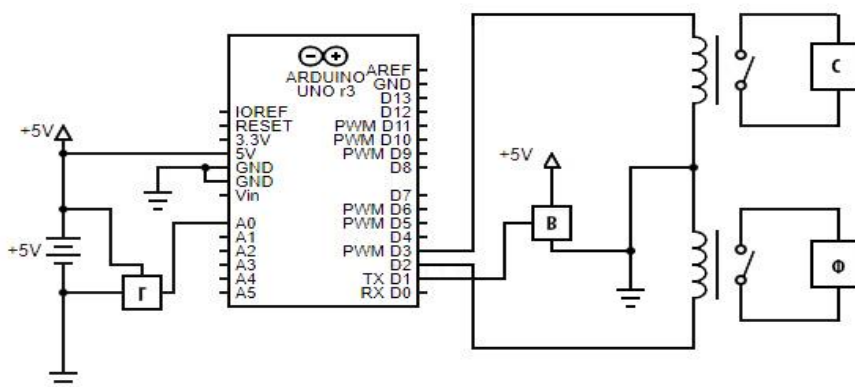


Рис.2. Принципиальная схема устройства: Г-газоанализатор, В- извещатель вибрационный, С- сигнализация, Ф – клапан подачи флегматизатора

Для обеспечения корректности работы написана программа (Рис.3).

```
#define rele_1 2
#define rele_2 3
#define PIN_SENSOR 1
#define gas_sensor A0
void setup() {
  pinMode(rele_1, OUTPUT);
  pinMode (rele_2, OUTPUT);
  pinMode (gas_sensor, INPUT);
}
void loop() {
  int val = digitalRead(PIN_SENSOR);
  int val_1 = analogRead(gas_sensor);
  if (val_1 > 300){
    digitalWrite(rele_1, HIGH);
    digitalWrite(rele_2, HIGH);
    delay(0.5);
  }else{
    digitalWrite(rele_1, LOW);
    digitalWrite(rele_2, LOW);
    if(val==1){
      digitalWrite(rele_1, HIGH);
      delay(3000);
    }else{
      digitalWrite(rele_1, LOW);
    }
  }
}
```

Рис.3. Программный код управления логикой работы периферийными устройствами

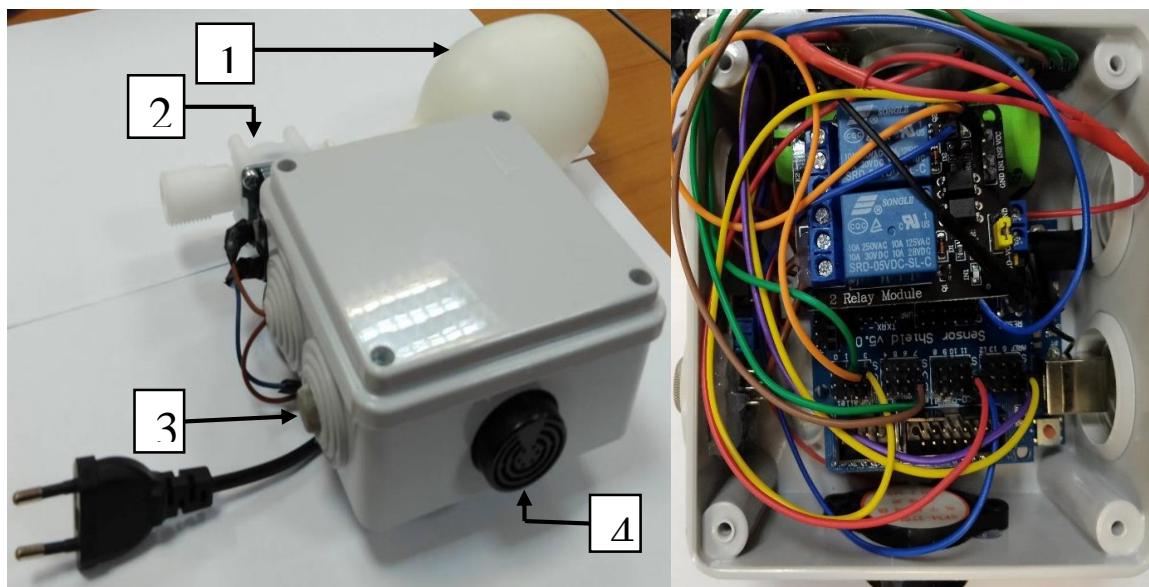


Рис.4. Внешний вид устройства: 1 – емкость с флегматизатором, 2 – электромагнитный клапан подачи флегматизатора, 3 – газоанализатор, 4 – звуковой оповещатель

Необходимо отметить, что в связи с монтажом на посадочные места в корпусе устройства на рисунке не указан вибрационный датчик, установленный к боковой стенке корпуса. Так же предусмотрен резервный источник питания номинальной ёмкостью 3400 мАч, что позволит сохранить работоспособность в условиях внешнего отключения электроэнергии.

Проведение натурных испытаний проводились на лабораторной установке, представленной на Рис.5 по следующей методике:

1. Подача газа пропан-бутановой смеси в взрывокамеру 1 осуществлялась с помощью устройства подачи газа 2.

2. В момент подачи включался секундомер. (Подача газа осуществлялась через ротаметр, который позволял контролировать выход газа с расходом от 1,0 до 10,0 л/мин. При подаче газа расходом в диапазоне от 5 л/мин до 7 л/мин, (что удобно для работы с баллоном с давлением в 1,6 МПа)) время достижения НКПР составляло 10 – 15 с.

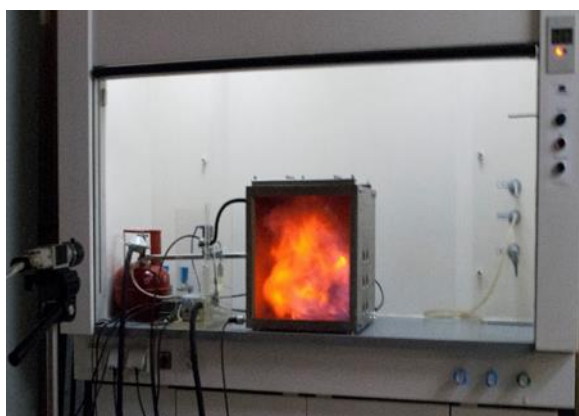
3. С помощью искрового источника зажигания 3, воспламеняли газозвудушную смесь (Рис.6а).

Вносили устройство во взрывокамеру 1, подключали к внешнему источнику питания и повторяли п.1-п.3 (Рис. 6б).

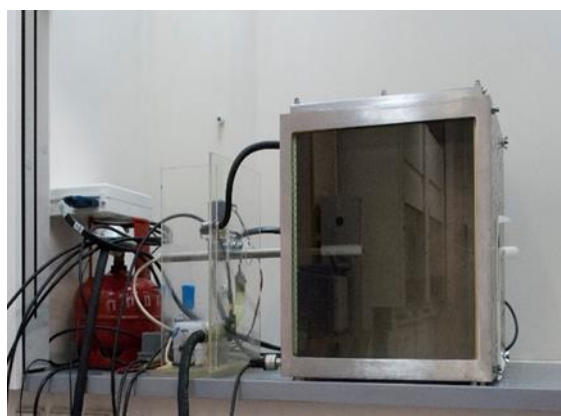
Описанная процедура полностью повторяет действия злоумышленника при попытке подрыва банкомата.



Рис.5. Лабораторная установка: 1 - взрывная камера, 2 - устройство для подачи газа, 3 - искровой источник зажигания, 4- терминальный блок NISCC-68, 5- вычислительный контроллер управления и сбора данных NIPXI-8133, 6 - цифровая высокоскоростная камера Basler acA2000-340km (до1400 кадров/с), 7 - датчики давления Hjneywell Astop MA, 8 – вольфрамрениевые микротермомпары



а)



б)

Рис.6. Натурные испытания устройства: а) без использования устройства, б) с установленным устройством

Полученные результаты и их обсуждение

На основании проделанного эксперимента, можно отметить дальнейшие пути исследования и разработки:

1. При выборе флегматизатора [10], в частности с практической точки зрения, целесообразней использовать химически активный ингибитор, либо их сочетание, так как для большинства из них точка флегматизации достигается при 2-3%, в отличие от нейтральных газов, где содержание может достигать 40%, что в свою очередь потребует больший размер емкости, что является неприемлемым в условиях ограниченного пространства банковского устройства самообслуживания;

2. Представленный программный код актуален для экспериментальной установки с объемом взрывокамеры 57,1 литров, в то время как реальный объем банковского устройства составляет 150 и 300 литров, что потребует вносить корректировку продолжительности работы электромагнитного клапана подачи флегматизатора в программный код.

3. Реализация GSM модуля для дистанционного контроля состояния анализируемых параметров и передачи информации на пульт централизованной охраны.

Список источников

1. Падение реальных доходов россиян в третьем квартале // forbes.ru: сайт. - URL: <https://www.forbes.ru/finansy/480637-padenie-real-nyh-dohodov-rossian-v-tret-em-kvartale-uskorilos-do-3-4> (дата обращения: 05.12.23).
2. 10 лет изящного взлома. Как развивалось вредоносное ПО для банкоматов // secuteck.ru: сайт. - URL: <https://www.secuteck.ru/articles/10-let-izyashchnogo-vzloma-kak-razvalos-vredonosnoe-po-dlya-bankomatov> (дата обращения: 05.12.23).
3. Европейская ассоциация по безопасным транзакциям // association-secure-transactions.eu: сайт. - URL: <https://www.association-secure-transactions.eu/> (дата обращения: 05.12.23).
4. Анюхин С.Г., Кротов А.Ю., Химцов Е.В. Комплексные технические решения по защите банкоматов от криминальных посягательств // Материалы международной научно-технической конференции «Системы безопасности», Москва, 2020. № 29, С. 226-230. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45631024> (дата обращения 03.05.2023).
5. Гапеев А.А., Гудков М.А. Применение газоанализаторов с целью обеспечения пожарной и техносферной безопасности на химически опасных предприятиях // Экологические проблемы XXI века. Материалы XV Научно-практической конференции слушателей и молодых ученых, Москва, 2023. С. 95-98. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54024759> (дата обращения 03.05.2023).
6. Влияние состава сжиженного природного газа на концентрационные пределы распространения пламени / Тетерин И.А., Сулименко В.А., Гудков М.А., Исаева Л.К., Гафарова Э.Б. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация: науч. журн. 2023. № 2. С. 26-32. Электрон версия. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54177076> (дата обращения 03.05.2023).
7. Прогнозирование параметров взрыва паров сжиженного природного газа с учетом начальной температуры / Тетерин И.А., Сулименко В.А., Гудков М.А., Комраков П.В. // Безопасность жизнедеятельности: науч. журн. 2023. № 11 (275). С. 27-33. Электрон версия. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54960347> (дата обращения 03.05.2023).
8. Бобков С.А., Бабурин А.В., Комраков П.В. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 210 с.
9. Бобков С.А., Бабурин А.В., Комраков П.В. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2021. – 211 с.
10. Методы взрывозащиты банковских устройств самообслуживания при преступных посягательствах / Членов А.Н., Климов А.В., Буцынская Т.А., Федоров А.В., Ломаев Е.Н. // Пожаровзрывобезопасность: науч. журн. 2016. С.71-73. Электрон версия. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27442677> (дата обращения 03.05.2023).

References

1. The fall in real incomes of Russians in the third quarter // forbes.ru : website. - URL: <https://www.forbes.ru/finansy/480637-padenie-real-nyh-dohodov-rossian-v-tret-em-kvartale-uskorilos-do-3-4> (date of application: 05.12.23).
2. 10 years of elegant hacking. How ATM malware developed // secuteck.ru : website. - URL: <https://www.secuteck.ru/articles/10-let-izyashchnogo-vzloma-kak-razvalos-vredonosnoe-po-dlya-bankomatov> (date of request: 05.12.23).
3. European Association for Secure Transactions // association-secure-transactions.eu: website. URL: <https://www.association-secure-transactions.eu/> / (date of reference: 05.12.23).
4. Anyukhin S.G., Krotov A.Yu., Himtsov E.V. Complex technical solutions for the protection of ATMs from criminal encroachments // Materials of the international scientific and technical conference "Security Systems", Moscow, 2020. No. 29, pp. 226-230. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45631024> (accessed 05/03/2023).
5. Gapeev A.A., Gudkov M.A. The use of gas analyzers to ensure fire and technosphere safety at chemically hazardous enterprises // Environmental problems of the XXI century. Materials of the XV Scientific and Practical Conference of students and Young Scientists, Moscow, 2023. pp. 95-98. - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54024759> (accessed 05/03/2023).

6. The influence of the composition of liquefied natural gas on the concentration limits of flame propagation / Teterin I.A., Sulimenko V.A., Gudkov M.A., Isaeva L.K., Gafarova E.B. // Fires and emergencies: prevention, liquidation: scientific journal 2023. No. 2. pp. 26-32. The electron version. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54177076> (accessed 05/03/2023).

7. Forecasting the parameters of an explosion of liquefied natural gas vapors taking into account the initial temperature / Teterin I.A., Sulimenko V.A., Gudkov M.A., Komrakov P.V. // Safety of life: scientific journal 2023. No. 11 (275). pp. 27-33. The electron version. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54960347> (accessed 05/03/2023).

8. Bobkov S.A., Baburin A.V., Komrakov P.V. Physico-chemical foundations of fire development and extinguishing: textbook – Moscow: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2014. – 210 p.

9. Bobkov S.A., Baburin A.V., Komrakov P.V. Physico-chemical foundations of fire development and extinguishing: textbook – Moscow: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2021. – 211 p.

10. Methods of explosion protection of self-service banking devices in case of criminal encroachments / Chlenov A.N., Klimov A.V., Butsynskaya T.A., Fedorov A.V., Lomaev E.N. // Fire and explosion safety: scientific journal 2016. pp.71-73. The electron version. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27442677> (accessed 05/03/2023).

Информация об авторах

М.А. Гудков – кандидат технических наук

А.А. Гапеев – кандидат химических наук

П.В. Комраков - кандидат технических наук, доцент

Д.Ю. Калков - кандидат технических наук

М.Б. Шмырева - кандидат экономических наук

Information about the author

M.A. Gudkov – Ph.D. of Engineering Sciences

A.A. Gapeev – Ph.D. of Chemical Sciences

P.V. Komrakov - Ph.D. of Engineering, Associate Professor

D.Y. Kalkov - Ph.D. of Engineering Sciences

M.B. Shmyreva - Ph.D. of Economic Sciences

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

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 24.05.2024; одобрена после рецензирования 05.06.2024; принята к публикации 17.06.2024.

The article was submitted 24.05.2024, approved after reviewing 05.06.2024, accepted for publication 17.06.2024.