



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2020-18-7-63-70>

Оригинальная статья  
Original paper

УДК 654.924.5:625.748.28

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗОНЕ ГОРЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ ГАРАЖЕЙ-СТОЯНОК ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

ХОРОШКО В.В.<sup>1</sup>, ГЛИНИСТЫЙ Р.В.<sup>2</sup>, ГЛИНИСТЫЙ Р.Р.<sup>1</sup>, ШНЕЙДЕРОВ Е.Н.<sup>1</sup>,  
КОРОЛЁВ А.Г.<sup>1</sup>, КОРОЛЬ О.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)

<sup>2</sup>ООО «Дювр-электро» (г. Минск, Республика Беларусь)

<sup>3</sup>ЦИСП РУП «Стройтехнорм» (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 9 сентября 2020

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2020

**Аннотация.** В статье представлены результаты испытаний систем автоматического пожаротушения в части снижения температурного воздействия на строительные конструкции (перекрытия), воздухопроводы системы вытяжной противодымной вентиляции. Проведены испытания по определению эффективности функционирования системы противодымной вентиляции по удалению продуктов горения по стальным воздухопроводам с толщиной металла 1 мм, а также анализ температурного режима на строительные конструкции, воздухопровод системы вытяжной противодымной вентиляции при огневом воздействии. Для системы оповещения (СО) второго типа была использована СО-2 на базе приборов ИСО «Болид». Предусмотрен запуск системы оповещения людей о пожаре: автоматически от системы автоматического пожаротушения; дистанционно от ручных пожарных извещателей, установленных на эвакуационных выходах из помещения хранения автомобилей. Проведены два натуральных огневых испытания для легковых автомобилей. При проведении испытаний возгорание автомобилей проводилось изнутри салона. В ходе проведенных натуральных огневых испытаний воздухопроводы противодымной вентиляции сохранили целостность и герметичность, что подтверждено положительными протоколами аэродинамических испытаний вентиляционной системы противодымной вентиляции. Воздуховоды системы вытяжной противодымной вентиляции сохранили целостность, фланцевые соединения воздухопроводов сохранили прочность и герметичность, крепления воздухопроводов не имеют повреждений и сохранили свои функции. В результате испытаний установлено: ограничение очага пожара в горизонтальной проекции автомобиля (периметр автомобиля); заполнение объема помещения хранения автомобилей дымовоздушной смесью происходит лавинообразно на всю высоту помещения; в результате лавинообразного заполнения помещения установлено отсутствие нейтральной зоны (зоны безопасности). По результатам проведенных испытаний возможно внесение изменений в действующие технические нормативно-правовые акты.

**Ключевые слова:** электронные системы безопасности, испытания, пожарная безопасность, опасные факторы пожара.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Хорошко В.В., Глинистый Р.В., Глинистый Р.Р., Шнейдеров Е.Н., Королёв А.Г., Король О.М. Эффективность электронных систем пожарной безопасности в зоне горения автомобилей для подземных гаражей-стоянок жилых зданий. Доклады БГУИР. 2020; 18(7): 63-70.

## ELECTRONIC FIRE SAFETY SYSTEMS EFFICIENCY IN THE COMBUSTION ZONE OF CARS FOR UNDERGROUND PARKINGS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

VITALIY V. KHOROSHKO<sup>1</sup>, ROMAN V. HLINISTY<sup>2</sup>, RUSLAN R. HLINISTY<sup>1</sup>,  
EVGENY N. SHNEIDEROV<sup>1</sup>, ARTSYOM G. KOROLEV<sup>1</sup>, OLEG M. KOROL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

<sup>2</sup> LLC “Duvr electro” (Minsk, Republic of Belarus)

<sup>3</sup>Stroitekhnorm (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 9 September 2020

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2020

**Abstract.** In this paper we presents the results of tests of automatic fire alarm systems in terms of reducing the temperature effect on building structures (floors), air ducts of the exhaust smoke ventilation system. Tests were carried out to determine the efficiency of the antismoke ventilation system for the removal of combustion products through steel air ducts with a metal thickness of 1 mm, as well as analysis of the temperature regime on building structures, the air duct of the exhaust smoke ventilation system under fire exposure. For the warning system (SO) of the second type, CO-2 we used on the basis of ISO “Bolid” devices. The launch of a fire warning system is provided for: automatically from an automatic fire extinguishing system; remotely from manual fire detectors installed at emergency exits from the vehicle storage room. Two full-scale firing tests were carried out for passenger cars. During the tests, the vehicles were ignited from inside the passenger compartment. In the course of the fire tests proved that the antismoke control ventilation ducts retained their integrity and tightness, which was confirmed by the positive protocols of aerodynamic tests of the smoke control ventilation system. The air ducts of the exhaust smoke ventilation system retained their integrity, the flange connections of the air ducts retained their strength and tightness, the fastenings of the air ducts were not damaged and retained their functions. The tests established the following: limitation of the fire center in the horizontal projection of the vehicle (the perimeter of the vehicle); filling the volume of the storage room for vehicles with a smoke-steam-air mixture occurs in an avalanche manner over the entire height of the room; as a result of the avalanche-like filling of the room, the absence of a neutral zone (security zone) was determined. Based on the results of the tests, it is possible to make changes to the existing technical normative legal acts.

**Keywords:** electronic security systems, testing, fire safety, fire hazards.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

**For citation.** Khoroshko V.V., Hlinisty R.V., Hlinisty R.R., Shneiderov E.N., Korolev A.G., Korol O.M. Electronic fire safety systems efficiency in the combustion zone of cars for underground parkings of residential buildings. Doklady BGUIR. 2020; 18(7): 63-70.

### Введение

Проблема содержания и хранения транспортных средств в крупных городах все чаще решается путем организации подземных гаражей-стоянок [1]. В условиях постоянно увеличивающегося количества транспортных средств и нехватки мест для них это оптимальное и устраивающее практически всех решение. Строительство и эксплуатация подземных гаражей-стоянок сопряжены со многими сложностями, в том числе устройством вентиляции и противодымной защиты. В соответствии с требованиями ТКП 45-3.02-25-2006\* в помещениях подземных гаражей-стоянок для удаления дыма допускается использовать вытяжную вентиляцию с механическим побуждением, если она отвечает требованиям ТКП 45-4.02-273. Данное требование по устройству единой системы вентиляции с учетом удаления вредных газовыделений из помещений хранения автомобилей из верхней и нижней зоны помещения не находит практического применения из-за сложности устройства системы (количества противопожарных клапанов с реверсным приводом и автоматизации системы) и значительных экономических затрат [2, 3].

## Экспериментальная часть

В рамках исследований проводились испытания по определению эффективности функционирования системы противодымной вентиляции по удалению продуктов горения по стальным воздуховодам с толщиной металла 1 мм, а также анализ температурного режима на строительные конструкции (перекрытия), воздуховод системы вытяжной противодымной вентиляции при огневом воздействии (горение автомобиля в подземном гараже-стоянке под воздуховодом).

В качестве места проведения испытаний был определен гараж-стоянка одноэтажный подземный, встроенно-пристроенный, неотапливаемый, II степени огнестойкости по ТКП 45-2.02-315-2018\*, класс функциональной пожарной опасности Ф5.2, третьего класса сложности (К-3), предназначенная для хранения 46 автомобилей – I категории. Площадь помещения хранения автомобилей на отм. –3,700–1692,49 м<sup>2</sup>. Высота помещения хранения автомобилей на отм. –3,700–2,5 м. Объем помещения хранения автомобилей на отм. –3,700–4231,225 м<sup>3</sup>.

Для проведения испытаний гараж-стоянка был оборудован системами: автоматического контроля параметров воздушной среды; вытяжной противодымной вентиляции; оповещения людей о пожаре, а также автоматической установкой пожаротушения. Для системы оповещения (СО) второго типа была использована СО-2 на базе приборов ИСО «Болид». Предусмотрен запуск системы оповещения людей о пожаре: автоматически от системы автоматического пожаротушения; дистанционно от ручных пожарных извещателей, установленных на эвакуационных выходах из помещения хранения автомобилей.

Автоматическая установка пожаротушения соответствовала приложению «Б» ТКП 45-2.02-190-2010 по степени опасности развития пожара и пожарной нагрузке сгораемых материалов гаража-стоянки и относится ко 2-й группе помещений с интенсивностью орошения 0,12 л/с·м<sup>2</sup>, расчетной площадью 240 м<sup>2</sup>, временем тушения 60 мин. Для тушения гаража-стоянки предусмотрена спринклерная воздухозаполненная система с оросителями водяными спринклерными розеткой вверх СВО0-РВо(д) 0,6-R½/P57.В3-«СВВ-К115» с коэффициентом производительности  $K = 0,6$  с, минимальным давлением на диктующем оросителе 0,2 МПа (согласно эпюре орошения спринклерного оросителя и графика зависимости интенсивности орошения спринклерного оросителя от давления с радиусом орошения 2,0 м).

Электротехническая часть автоматической установки водяного пожаротушения построена на оборудовании пожарной системы контроля и управления «Орион». В ее состав входят: пульты контроля и управления С2000М; блоки индикации С2000-БИ (учтены в разделах АПТ2 и ПД32); блок контроля и индикации Поток-БКИ; прибор пожарный управления Поток-3Н; приборы приемно-контрольные С2000-4, Сигнал-10, Сигнал-20П; шкафы контрольно-пусковые ШКП-45 (2 шт.) для управления основным и резервным пожарными насосами ( $P = 30,0$  кВт).

Испытания проводились при горении одного автомобиля в помещении хранения автомобилей с учетом наличия автоматической установки пожаротушения (спринклерная воздухозаполненная система).

Для обеспечения наиболее жестких условий проведения натуральных огневых испытаний с целью исключения возможности опровержения полученных результатов в ходе их проведения предусматривалось:

- в месте установки автомобиля под воздуховодом демонтируется установленный спринклерный ороситель;
- автомобиль размещается под воздуховодами и рядом с дымоприемным устройством.

### Результаты и их обсуждение

Были проведены два натуральных огневых испытания для легковых автомобилей (Renault-19 и ВАЗ 2110).

В первом испытании высота от крыши автомобиля до низа воздуховода составляла 0,78 м, во втором и третьем – 0,74 м. Первое и второе испытания проводились на одном и том же паркинге. До и после испытаний проводились аэродинамические испытания вентиляционной системы противодымной защиты ВДб в соответствии с НПБ 23-2010.

В ходе первых испытаний установлено:

- точечный дымовой пожарный извещатель (шлейф № 1) сработал на 80 с;
- извещатель пламени (шлейф № 3) сработал на 83 с;
- первый спринклерный ороситель сработал на 188 с;
- высота нейтральной зоны (зоны безопасности, высота 1,7 м от уровня пола) сохранялась в течение 205 с;
- полная потеря видимости наступила (вследствие лавинообразного обрушения дымапаровоздушной смеси) на 255 с;
- видимость в радиусе 10 м от горячей машины наступила на 1285 с.

Показания термомпар приведены на рис. 1.

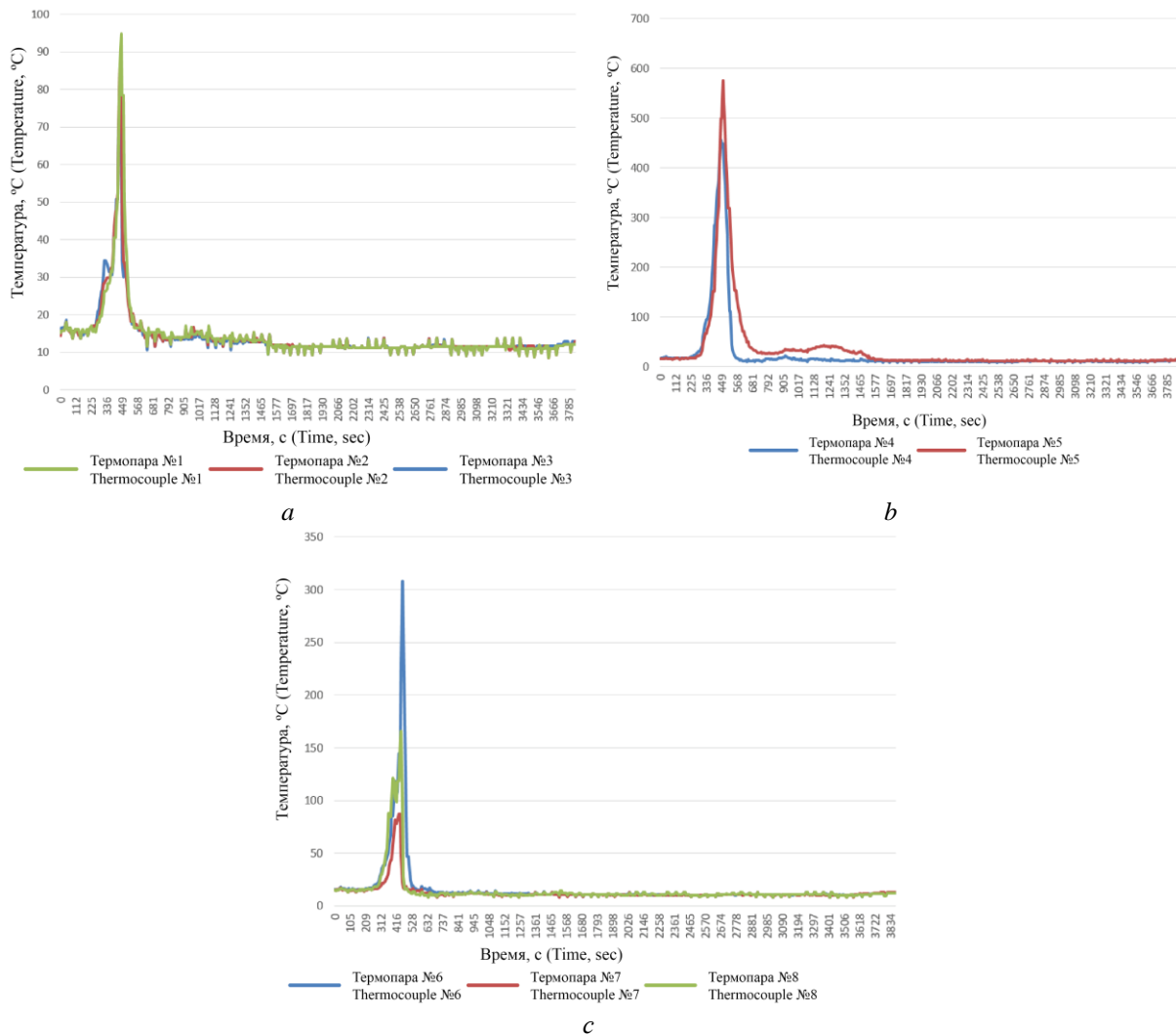


Рис. 1. Результаты по измерению температурного режима первых огневых испытаний для термомпар: a – № 1, 2, 3; b – № 4, 5; c – № 6, 7, 8

Fig. 1. The results of measuring the temperature regime of the first fire tests for thermocouple: a – № 1, 2, 3; b – № 4, 5; c – № 6, 7, 8

Термопары установлены: № 1 – в центре дымоприемного устройства (ДПУ) № 1; № 2 – внутри воздуховода на расстоянии 1 м от ДПУ № 1; № 3 – внутри воздуховода на расстоянии 2,25 м от ДПУ № 1; № 4 – под воздуховодом на расстоянии 2,25 м от ДПУ № 1; № 5 – под воздуховодом на расстоянии 1 м от ДПУ № 1; № 6 – под перекрытием на расстоянии 1,5 м от ДПУ № 1; № 7 – под перекрытием на расстоянии 0,5 м от проекции автомобиля; № 8 – под перекрытием на расстоянии 0,5 м от проекции автомобиля.

В ходе проведения вторых натурных испытаний было установлено:

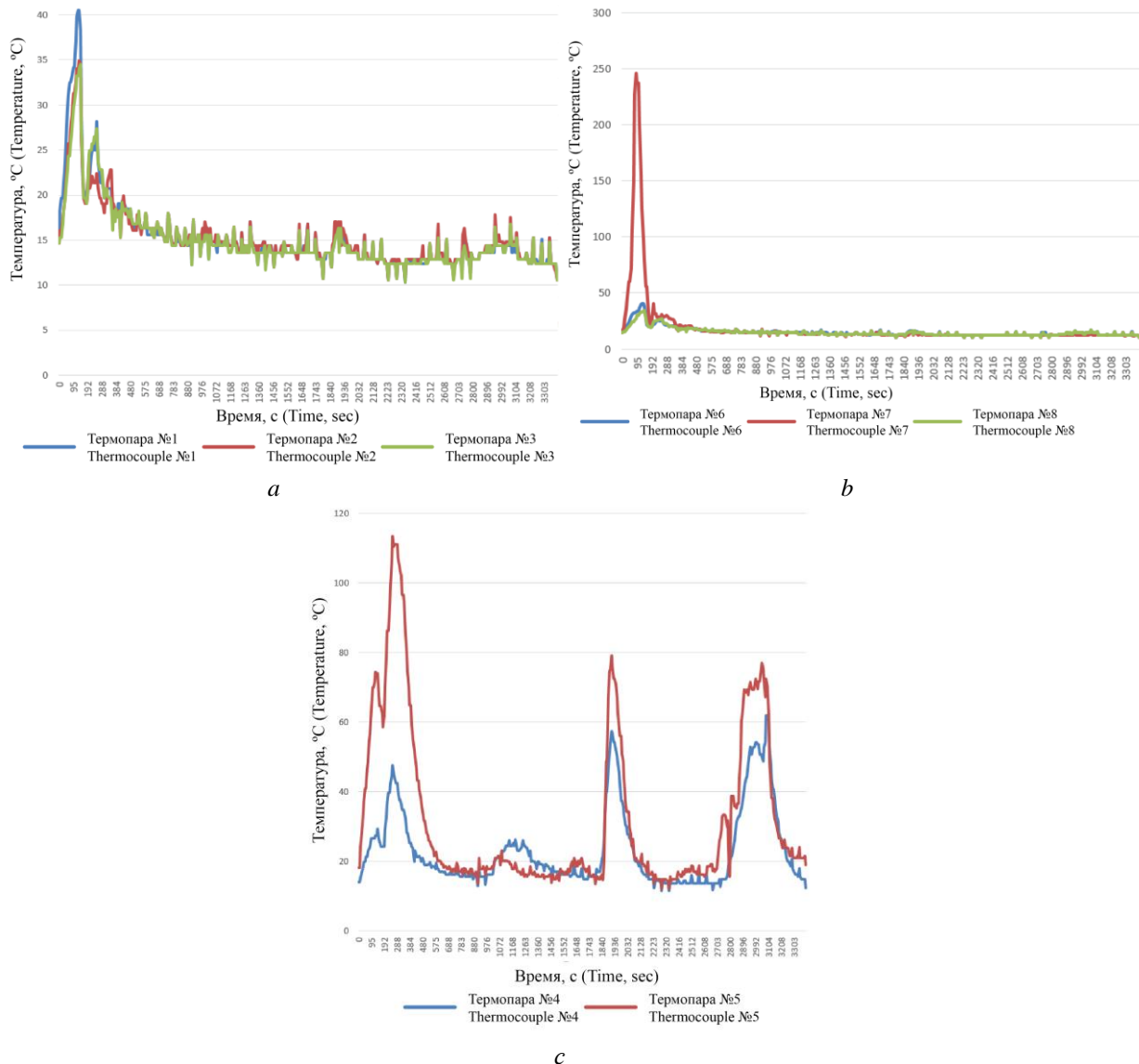
- точечный дымовой пожарный извещатель (шлейф № 1) сработал на 92 с;
- извещатель пламени (шлейф № 3) сработал на 103 с;
- первый спринклерный ороситель сработал на 215 с;
- высота нейтральной зоны (зоны безопасности, высота 1,7 м от уровня пола) сохранялась в течение 258 с;

– полная потеря видимости наступила (вследствие лавинообразного обрушения дымопаровоздушной смеси) на 345 с;

– видимость в радиусе 10 м от горящей машины наступила на 970 с.

В ходе испытаний сработало три спринклерных оросителя.

Показания термопар приведены на рис. 2.



**Рис. 2.** Результаты по измерению температурного режима вторых огневых испытаний для термопар:

a – № 1, 2, 3; b – № 6, 7, 8; c – № 4, 5

**Fig. 2.** The results of measuring the temperature regime of the second fire tests for thermocouple:

a – № 1, 2, 3; b – № 6, 7, 8; c – № 4, 5

В ходе проведенных натурных огневых испытаний воздуховоды противодымной вентиляции сохранили целостность и герметичность, что подтверждено положительными протоколами аэродинамических испытаний вентиляционной системы противодымной вентиляции. В табл. 1 приведены результаты измерений параметров. Воздуховоды системы вытяжной противодымной вентиляции сохранили целостность, фланцевые соединения воздуховодов сохранили прочность и герметичность, крепления воздуховодов не имеют повреждений и сохранили свои функции.

Данное исследование подтверждает необоснованность устройства конструктивной огнезащиты воздуховодов вытяжной противодымной вентиляции при наличии спринклерной системы пожаротушения в паркингах.

**Таблица 1.** Результаты измерений параметров системы противодымной защиты  
**Table 1.** The results of measuring the parameters of the smoke protection system

| Период измерения<br>Measurement period                        | Расход фактический объемный, м <sup>3</sup> /ч<br>Actual consumption, m <sup>3</sup> /h |                           |                           |
|---|---|---------------------------|---------------------------|
|   | Клапан № 1<br>Valve No. 1   | Клапан № 2<br>Valve No. 2 | Клапан № 3<br>Valve No. 3 |
| Перед проведением испытаний № 1<br>Before testing No. 1       | 10132   | 6711                      | 5990                      |
| После проведения огневых испытаний № 1<br>After testing No. 1 | 10132   | 7665                      | 6067                      |
| После проведения огневых испытаний № 2<br>After testing No. 2 | 11016   | 7434                      | 5835                      |
| Относительное изменение, %<br>Relative change, %              | +8  | +9                        | -2,5                      |

В ходе испытаний установлено, что при сработке спринклерного оросителя автоматической установки пожаротушения (подача огнетушащего вещества (воды) в очаг пожара) происходит:

- ограничение очага пожара в горизонтальной проекции автомобиля (периметр автомобиля);
- выделение большого количества дымопаровоздушной смеси;
- заполнение объема помещения хранения автомобилей дымопаровоздушной смесью лавинообразно на всю высоту помещения;
- исключение нейтральной зоны (зоны безопасности) (дымопаровоздушная смесь находится как в верхней, так и в нижней части помещения);
- охлаждение дымопаровоздушной смеси (максимальная температура на входе в дымоприемное устройство варьировалась от +37,1 до +75,1 °С);
- значительное снижение плавучести дымопаровоздушной смеси;
- локализация пожара и быстрое падение температуры окружающей среды в зоне горящего автомобиля, *максимальная температура* на строительных конструкциях (перекрытии) над автомобилями в испытаниях составила: +101,2 °С в течение 16 с; выше +80 °С в течение 2 мин; +182,4 °С в течение 8 с, выше +100 °С в течение 1,3 мин; +65,9 °С в течение 12 с, выше +50 °С в течение 2 мин; +308,3 °С, выше +200 °С в течение 24 с; выше +100 °С в течение 1,5 мин; +245,9 °С, выше +200 °С в течение 32 с, выше +100 °С в течение 1,5 мин.

В результате испытаний установлено следующее:

- бензобаки (заправлены бензином АИ-92 на 50 %, как наихудший вариант) горячей машины не разгерметизировались, возгорание топлива и взрыва не произошло;
- зона видимости (в радиусе 7–10 м от горящего автомобиля) в помещении гаража-стоянки наступает на 15–20 мин от начала пожара.

### Заключение

По результатам проведенных испытаний возможно внесение изменений в действующие технические нормативно-правовые акты:

- внутренний противопожарный водопровод необходим для тушения на начальной стадии горения автомобиля (до сработки спринклерного оросителя) или для дотушивания

отдельных скрытых очагов горения, при этом расход воды на внутреннее пожаротушение достаточно принимать 2,5 л/с;

– при наличии в гараже-стоянке автоматической установки пожаротушения огнезащита воздуховодов систем противодымной вентиляции (ЕІ 60) в помещении хранения автомобилей не требуется;

– размещение отдельных шахт систем вытяжной противодымной вентиляции (помещений, оборудованных автоматической установкой пожаротушения) на расстоянии не менее 8 м от наружных стен с окнами или от воздухозаборных устройств систем приточной общеобменной вентиляции других примыкающих зданий;

– отделение гаражей-стоянок, встроенных в здания иного назначения, допустимо противопожарными преградами с пределом огнестойкости не менее REI 60, а не противопожарными стенами и перекрытиями 1 типа (REI 150).

### Список литературы / References

1. Xin J., & Huang C. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. *Fire Safety Journal*. 2013;62:72-78. DOI:10.1016/j.firesaf.2013.09.022.
2. Ronchi E. Developing and validating evacuation models for fire safety engineering. *Fire Safety Journal*. 2020;103020. DOI:10.1016/j.firesaf.2020.103020.
3. Runefors M., Johansson N., & van Hees P. How could the fire fatalities have been prevented? An analysis of 144 cases during 2011–2014 in Sweden: An analysis. *Journal of Fire Sciences*. 2016;34(6):515-527. DOI:10.1177/0734904116667962.
4. Zhang S., Shi L., Wang J., Li X., Han Y., He K., & Cheng X. Critical ventilation velocity of two fire sources with different separating distances in road tunnel. *Journal of Fire Sciences*. 2019;073490411985754. DOI:10.1177/0734904119857543.

### Вклад авторов

Все авторы в равной степени внесли вклад в написание статьи.

### Authors' contribution

All authors contributed equally to the writing of the article.

#### Сведения об авторах

Хорошко В.В., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой проектирования информационно-компьютерных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Глинистый Р.В., директор ООО «Дювр-электро».

Глинистый Р.Р., студент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Шнейдеров Е.Н., к.т.н., начальник центра развития дистанционного образования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Королёв А.Г., магистрант Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Король О.М., начальник отдела инжиниринговых услуг и экспертной деятельности РУП «Стройтехнорм».

#### Information about the authors

Khoroshko V.V., PhD, Head of the Department of Information and Computer Systems Design of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Hlinisty R.V., Director of the LLC “Duvr electro”.

Hlinisty R.R., student of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Shneiderov E.N., PhD, Head of the Center for the Development of Distance Education, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Korolev A.G., Master's student of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Korol O.M., Head of the Department of Engineering Services and Expert Activity of “Stroitekhnorm”.

**Адрес для корреспонденции**

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
тел. +375-17-293-86-01;  
e-mail: khoroshko@bsuir.by  
Хорошко Виталий Викторович

**Address for correspondence**

220013, Republic of Belarus,  
Minsk, P. Brovki str., 6,  
Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics  
tel. +375-17-293-86-01;  
e-mail: khoroshko@bsuir.by  
Khoroshko Vitaliy Viktorovich