

УДК 614.84

doi: 10.37657/vniipo.avpb.2022.23.30.004

ТРАПЫ ИЛИ ТОННЕЛИ

Максим Вадимович Вищекин, Сергей Михайлович Дымов, Дмитрий Юрьевич Русанов, Александр Михайлович Александров

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос применения пожарно-спасательных трапов и тоннелей для спасения людей при пожаре с небольших высот. Проведено сравнение по основным характеристикам данных средств спасения. Обозначены рекомендации по практическому использованию.

Ключевые слова: средства спасения с высоты, пожарно-спасательные трапы, пожарно-спасательные тоннели, нормативная документация, индивидуальное и групповое спасение

Для цитирования: Вищекин М.В., Дымов С.М., Русанов Д.Ю., Александров А.М. Трапы и тоннели // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2022. № 3 (13). С. 36–48. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2022.23.30.004>.

ESCAPE CHUTES OR RIGID ESCAPE CHUTES

Maxim V. Vishchekin, Sergey M. Dymov, Dmitry Yu. Rusanov, Aleksandr M. Aleksandrov

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

Abstract. The article discusses the issue of application of fire escape chutes and rigid fire escape chutes to rescue people from low heights in case of fire. These rescue means are compared according to the main characteristics. Recommendations for practical use are indicated.

Keywords: equipment for rescue from height, fire escape chutes, rigid fire escape chutes, regulatory documents, individual and group rescue

For citation: Vishchekin M.V., Dymov S.M., Rusanov D.Yu., Aleksandrov A.M. Escape chutes or rigid escape chutes. Aktual'nye Voprosy Pozharnoi Bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2022, no. 3, pp. 36-48. (In Russ.). <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2022.23.30.004>.

Среди средств спасения с высоты существуют изделия, высота применения которых ограничивается двумя десятками метров. Это трапы спасательные пожарные [1] и тоннели спасательные пожарные [2] (в редакции электронного фонда нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс» – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/565725986>, свободный). При скромной максимальной высоте спасения, но с учетом особенностей объектов, на которые они устанавливаются, им нет равноценной замены. Конечно для того, чтобы эффект применения стал максимальным, необходимо правильно подобрать тип изделия в соответствии с установленной задачей.

В сферу применения трапов и тоннелей в первую очередь попадают детские сады, школы, поликлиники и больницы. То есть здания, где в массово находятся не только взрослые и здоровые люди, но и дети, подростки, а также физически

неполноценные люди. Дееспособность в экстремальной обстановке перечисленного контингента сильно ограничена, а в большинстве случаев стремится к нулю. Поэтому возможные к применению спасательные устройства должны обладать рядом одновременно доступных характеристик. В нормативно-технической документации на трапы и тоннели определены только основные технические требования, а для применения необходимо учитывать все качества в совокупности. Проведем дополнительную и расширенную классификацию существующих типов трапов и тоннелей по характерным признакам. Трапы конструктивно разделяют на натяжные (матерчатые, рис. 1) и пневматические (рис. 2), на открытые (типа желоб, рис. 3) и закрытые (тоннельного типа, рис. 4), на однокомпонентные (единой конструкции по всей длине, рис. 4) и комбинированные (сочетающие в себе несколько вариантов конструкций, рис. 5). Тоннели разделяют: на прямой (рис. 6), поворотный (рис. 7), спиралевидный (рис. 8); в зависимости от применяемого материала: из металла или комбинации материалов. Очевидно, что тоннели представляют собой один из видов трапов, вынесенный в отдельный стандарт по несогласованности разработчиков ГОСТ. Достаточно было расширить классификацию ГОСТ Р 53274-2009 [1] новым типом: пневматические, натяжные, комбинированные, жесткокаркасные. Не исключено, что в случае развития направления трапов и тоннелей потребуются провести разделение двух ГОСТ на четыре индивидуальных стандарта, где область применения каждого вида будет конкретизирована и уточнена.



Рис. 1. Натяжной спасательный пожарный трап



Рис. 2. Пневматический спасательный пожарный трап



Рис. 3. Спасательный пожарный трап открытого типа



Рис. 4. Спасательный пожарный трап закрытого типа



Рис. 5. Спасательный пожарный трап комбинированный



Рис. 6. Прямой тоннель



Рис. 7. Поворотный тоннель



Рис. 8. Спиралевидный тоннель

Указанные средства предназначены для организации группового спуска с высоты при пожаре с расчетом спасения неподготовленных для этого специально людей, они имеют схожие по значению характеристики, но преимущества той или иной конструкции могут быть реализованы только при профессиональном подборе. Сведем в таблицу основные требования к спасательным пожарным трапам и тоннелям.

№ п/п	Требование	Трапы спасательные пожарные	Тоннели спасательные пожарные
1	Определение в законодательной литературе	Технический регламент ТР ЕАЭС 043/2017. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения [3]	Отсутствует
2	Наличие национальных или межгосударственных стандартов типа ГОСТ	ГОСТ Р 53274-2009. Техника пожарная. Трапы спасательные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний	Проект межгосударственного стандарта ГОСТ «Техника пожарная. Тоннели спасательные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний»
3	Высота применения	От 3 до 20 м	От 3 до 12 м
4	Производительность	Не менее 5 чел./мин	Не менее 5 чел./мин
5	Средняя скорость спуска	Не установлена	Не менее 1,2 м/с и не более 4 м/с
6	Индивидуальный спуск	Предусмотрен	
7	Групповой спуск	Предусмотрен	Не более двух человек одновременно
8	Возможность самостоятельного временного останова при спуске	Обеспечивается конструктивно	
9	Спасение пострадавшего	Не установлено	
10	Время приведения в рабочее состояние	Не более 5 мин	Не более 1 мин
11	Время нахождения в рабочем состоянии	Не менее 60 мин (для пневматических трапов)	Не установлено
12	Периметр входного отверстия	Не менее 3600 мм	Не менее 750 мм
13	Назначенный срок службы	Не установлен	Не менее 10 лет
14	Назначенный ресурс	Не менее 300 рабочих циклов	Не установлен
15	Устойчивость материалов трапа к воздействию открытого пламени	5 с (материал трапа)	15 мин (материал защитного кожуха)
16	Прочностные свойства материала при контакте с нагретой твердой поверхностью	До 300 °С, не менее 2 с	Не установлено
17	Максимальная несущая способность	Не установлена	

№ п/п	Требование	Трапы спасательные пожарные	Тоннели спасательные пожарные
18	Конструктивное исполнение	Пневматические, натяжные, комбинированные	Прямой, поворотный (не установлен в ГОСТ [2]), спиралевидный
19	Способ установки и базирования	Стационарные, мобильные	Стационарные
20	Диапазон рабочих температур	От минус 40 до 40 °С	
21	Интуитивность применения	Процесс использования и приведения в рабочее состояние прост (интуитивно понятен) и не требует дополнительного обучения, кроме ознакомления с руководством по эксплуатации	
22	Воздухопроницаемость оболочки	Обеспечивается конструктивно	Отсутствует
23	Светопроницаемость от наружного источника света	Обеспечивается конструктивно	Отсутствует
24	Подверженность влиянию сезонных погодных условий	Отсутствует	Подвержены
25	Устойчивость к актам вандализма	Обеспечивается конструктивно	Не установлена
26	Визуальный контроль процесса спуска людей	Обеспечивается конструктивно	Отсутствует
27	Возможность оказания помощи извне при возникновении задержки спуска	Обеспечивается конструктивно	Отсутствует
28	Возможность оказания помощи внутри, по ходу спуска при возникновении задержки	Обеспечивается конструктивно	
29	Эргономический фактор	Конструкция трапов должна обеспечивать беспрепятственный и безопасный спуск людей различной массы и телосложения, антропометрические характеристики которых соответствуют группе Б по ГОСТ 12.2.049	
30	Возможность транспортирования грузов	Не установлена	

Сухие цифры нормативных документов не позволяют оценить все нюансы описываемого параметра. Некоторые показатели из таблицы необходимо пояснить (номер пункта нижеприведенного списка соответствует номеру пункта таблицы):

1. В пп. 58–60 ТР ЕАЭС 043/2017 «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» [3] приведены основные требования к средствам спасения с высоты и их классификация, в которой по конструктивному исполнению указаны трапы спасательные пожарные. Все указанные в ТР средства считаются легитимными и могут применяться. Применение необозначенных средств потребует дополнительной доказательной базы.

2. В существующих национальных или межгосударственных стандартах регулируется и унифицируется промышленный выпуск изделий. Это существенный момент для проектировщиков, пользователей и надзорных организаций. Без установленных характеристик и методов их проверки разработка, изготовление и применение любого средства превращается «в игру без правил». Также невозможно доказать соответствие изделия требованиям ТР [3] с целью получения декларации или сертификата соответствия.

3. Высота применения ограничивается, как правило, для пневматических трапов 12–14 м, для натяжных – 20 м и комбинированных – до 30 м. Эти данные подтверждены существующими образцами продукции, в том числе на действующих объектах. Высота применения тоннелей ограничена 12 м [2].

4. Производительность спасательных средств, которые представляют собой модифицированную хорошо всем с детства знакомую горку, документально составляет не менее 5 чел. в минуту, но это сильно усредненный показатель. При высоте установки до 10 м, идеальных условиях внешней среды и с прошедшим обучение контингентом производительность на открытых трапах может достигать до 20 чел. в минуту. На закрытых тоннельного типа трапах результат, как правило, ниже, из-за того, что приступающий к спуску человек не видит картины по всей длине спуска, инстинктивно притормаживает, а во многих рекомендациях по эксплуатации специально оговаривают не начинать спуск, пока ранее начавший движение человек не покинет площадку торможения на земле. Требование ГОСТ [2] – не более двух человек одновременно. Это превентивное требование безопасности для предотвращения образования «глухой пробки» из человеческих тел внутри тоннеля.

5. Средняя скорость спуска определяется опытным методом на этапе разработки трапа для заданной высоты спуска. Скорость скольжения зависит от нескольких факторов: от коэффициента трения между материалом спускающегося тела и материала трапа; массы спускающегося тела; величины пятна контакта тела с поверхностью трапа; угла наклона поверхности скольжения; действий, совершаемых человеком при спуске, или его бездействия. Для среднего человека комфортной и безопасной является скорость спуска в пределах от 1 до 2 м в секунду. Так как во всех конструкциях трапов человек имеет возможность изменить площадь контакта и усилие прижатия частей тела к поверхности, то этот фактор становится главным при управлении скоростью скольжения. Требование в проекте ГОСТ [2] по определению скорости все перечисленные факторы не учитывает, назначение величины волевым методом без описания полного метода испытаний только запутывает ситуацию.

6. Индивидуальный спуск в трапах и тоннелях является идеальной ситуацией, когда человеку не нужно согласовывать свои действия с другими людьми, в этом случае можно не торопиться с приведением устройства в работоспособное состояние, выбрать свою комфортную скорость спуска.

7. Групповой спуск – главный козырь трапов и тоннелей. Осуществляется почти автоматически, за счет конструктивных особенностей, может быть нарушен при возникновении человеческого фактора, например, эффекта паники.

8. Возможность самостоятельного временного останова при спуске, в зависимости от ситуации, может быть и положительным условием, и отрицательным. В идеале устройство трапа должно быть таким, чтобы потерявший возможность двигаться человек продолжал спуск с безопасной скоростью, а догнавший его сверху следующий за ним смог бы уровнять скорости для предотвращения травмоопасного столкновения. И, наоборот, идущий впереди человек смог бы

принять на себя бесконтрольно падающее тело и вместе с ним управляемо спуститься до уровня земли.

9. Спасение пострадавшего не установлено в нормативной документации как штатное действие, но из опыта испытаний и учений – операция выполняема на всех рассматриваемых средствах при предварительной тренировке спасателя.

10. Время приведения в рабочее состояние – важный параметр, так как чем меньше времени тратится на предварительные мероприятия, тем больше остается для непосредственного спасения. При этом существует скрытый параметр – наличие операторов внизу, которые должны закрепить силовые петли площадки торможения. Параметр не критический и исправляется при необходимости корректировкой конструкции. Для критически важных объектов, на которых необходимо сократить до минимума время приведения в работоспособное состояние, устанавливаются стационарные конструкции. Термин время приведения в рабочее состояние для тоннелей некорректен, так как труба устанавливается при монтаже на здание, а под приведением в рабочее состояние подразумевается открытие дверного или оконного проема, которые элементами тоннеля не являются.

11. Время нахождения в рабочем состоянии актуально только для пневматических трапов в силу необходимости поддерживать давление воздуха в герметичном контуре трапа.

12. Периметр входного отверстия необходимо устанавливать применительно для конструкций закрытого типа и тоннелей. В ГОСТ Р [1] значение 3600 мм – техническая опечатка, имеется в виду не менее 760 мм.

13. Назначенный срок службы для тоннелей составляет 10 лет, для трапов назначается производителем изделия.

14. Назначенный ресурс трапа – не менее 300 рабочих циклов, для металлических тоннелей не установлен.

15. При установлении устойчивости материалов трапа к воздействию открытого пламени, конечно, имелось в виду не противостояние трапа опасным факторам пожара в качестве огнезащитной преграды, а возможность выдержать кратковременный контакт с пламенем при неблагоприятном развитии сценария пожара. На месте установки спасательного устройства возможно предусмотреть дополнительную огне- и теплозащиту в виде защитных оболочек, кожухов и экранов. Этот параметр актуален и для тоннелей.

16. Проверка прочностных свойств материала при контакте с нагретой твердой поверхностью. Основная идея та же, что и в п. 15, но существует скрытый параметр: более важным является не время сопротивления материала при нагреве, а способность спасательного устройства сохранять работоспособность при получении сквозного прогара. Если для матерчатых трапов этот фактор не столь критичен, то для пневматических принципиален. При нарушении герметичности нагнетаемого вентилятором воздуха может не хватить для поддержания формы, упругости и жесткости конструкции. При этом априори имеется в виду самый худший вариант повреждения на критически важном участке.

17. Проверка несущей способности не установлена в нормативной документации, считается, что на рассматриваемых высотах применения спасательных трапов и тоннелей материалы и конструкция заведомо обеспечивают прочностные характеристики.

18. Конструктивное исполнение определено в общем виде и должно подбираться на объекте, исходя из условий применения.

19. Способ установки и базирования также определяется при выборе места расположения спасательного устройства и вероятных сценариев развития пожара.

20. Диапазон рабочих температур – общепринятый и понятный параметр.

21. Сам спуск не представляет сложностей, так как почти все люди спустились на различных вариантах детских горок, аттракционах аквапарка, трапах, установленных на борту самолета, или хотя бы видели, как это происходит. Трудным может оказаться способ приведения устройства из режима ожидания в работоспособное состояние.

22. По поводу воздухопроницаемости оболочки требование официально не сформировано. На малых высотах применения параметр несущественный, что произойдет при больших высотах, малой скорости спуска и максимальной загруженности необходимо проверить экспериментально.

23. Параметр светопроницаемости от наружного источника света также необходимо выносить на обсуждение, но спускаться в темноте, например, по металлическому тоннелю с достаточных высот, не только некомфортно, но и небезопасно. Решением могут быть световые люки, которые одновременно обеспечат воздухообмен. В проекте ГОСТ [2] данная опция не предусмотрена.

24. Трапы стационарного базирования размещаются или внутри помещений или в специальных контейнерах. Устройства остаются защищенными от неблагоприятных погодных условий до момента их применения. Тоннели, расположенные внутри зданий (рис. 8), также не испытывают внешних воздействий, но если установка осуществлена снаружи (рис. 6 и 7), вход и выход тоннеля могут быть закрыты снегом, льдом, падающими элементами здания, соседних деревьев и т. д. В этом случае в инструкции по эксплуатации необходимо дополнительно прописывать мероприятия по контролю за техническим состоянием спасательного устройства и прилегающей территории.

25. Требование устойчивости к актам вандализма почти полностью совпадает с опасностями, указанными в предыдущем пункте, но с заменой воздействия сил природы на действия людей.

26. Получение визуальной информации о том, как проходит процесс спуска людей, является важным условием обеспечения безопасного спасения, не только для спасающихся, но и для сотрудников МЧС России. От этого зависит скорость и правильность принятия решений по организации действий на пожаре.

27. Конструкции трапов обеспечивают оказание помощи снаружи. На открытых конструкциях осуществляется прямым контактом, на закрытых конструкциях – методом продавливания и подталкивания тела человека через материал трапа. На жестких конструкциях, особенно металлических, такие действия невозможны.

28. Возможность оказания помощи внутри, по ходу спуска при возникновении задержки – это неплановый вариант спасения, но вполне реализуемый. Целиком зависит от уверенности действий человека, осуществляющего восстановление свободного движения. Экспериментально проверены способы транспортирования неподвижного тела как со спасателем перед пострадавшим, так и за ним.

29. Установленные геометрические требования нормативных документов [1, 2] выполняются несложно. Но комплекс вопросов, указанных в пп. 3–7, здесь присутствует в полной мере.

30. Возможность транспортирования грузов – это дополнительная опция для средств спасения с высоты людей, но может оказаться очень полезной, например, в учреждениях с важной документацией или материальными ценностями. При пожаре многие инструкции приписывают ответственным работникам провести эвакуацию ценного имущества. Трапы и тоннели в принципе позволяют

это сделать двумя способами. Первый – ценности помещаются в специальный контейнер, который спускается впереди человека «самокатом», второй – человек спускается сам и впереди себя или сзади придерживает контейнер. Такая же ситуация возможна при экстренном покидании здания пожарными с дыхательными аппаратами. Провести спуск в этом случае возможно или на животе головой вперед, или снять дыхательный аппарат и транспортировать его как контейнер.

Трапы спасательные пожарные и тоннели спасательные пожарные обладают ценным качеством как групповое средство спасения для неподготовленных людей, людей с разным состоянием здоровья и разных возрастных групп. Правильное размещение на объекте трапов и тоннелей усиливает конструктивно заложенные положительные характеристики, а безответственное может свести их к нулю. За внешней простотой изделий скрывается множество возможностей, например, тоннель из трубы диаметром два метра, выполненный из нержавеющей стали под названием «склиз», был установлен на стартовой площадке «Энергии-Буран». Со стартового стола тоннель уходит в подземный бункер под углом в 30 градусов и заканчивается герметичной камерой со страховочными матами на полу. Такие же тоннели устанавливаются на объектах с большой протяженностью закрытых помещений с опасностью разлива токсичных или огнеопасных жидкостей. 24 «склиза» установлены в Лефортовском тоннеле (рис. 9) в г. Москве.



Рис. 9. «Склиз» в Лефортовском транспортном тоннеле

Но это все уникальные объекты, оснащаемые по специальным проектам. Мы же рассматриваем варианты массового применения и в качестве выводов приведем рекомендации по применению разбираемых средств спасения.

Объект – детское дошкольное учреждение (детский сад), высота 2–3 этажа. Главной проблемой в данном случае является малое количество взрослых людей по отношению к количеству маленьких детей, к тому же среди персонала абсолютное большинство женщины. При пожаре сложно организованно вывести напуганных детей по коридорам и маршевым лестницам, никого не потеряв по дороге. А если пути эвакуации уже заблокированы пожаром, единственным выходом будет вариант спасения путем перемещения наружу через окна. Каким требованиям должно отвечать в данном случае спасательное устройство? Устройство должно быть стационарно установленным, приводиться в рабочее состояние менее чем за одну минуту простыми и понятными действиями без применения инструмента, должно обеспечивать самостоятельный спуск детей и

выход их с площадки торможения, вызывать ощущения надежности и защищенности, быть хорошо видимым и доступным. Вывод: детские дошкольные учреждения рекомендуется оснащать тоннелем спасательным пожарным прямым или поворотным, установленным как показано на рис. 6, 7 и 10.



Рис. 10. Тоннель спасательный пожарный с входом через окно

Объект – учреждения среднего, высшего и специального образования, высота до 20 м. В этом случае проблема та же, что и на вышеописанном объекте, плюс значительно увеличивается количество учащихся и высотность здания. Так как учащиеся уже в состоянии самостоятельно передвигаться под управлением преподавателей, количество взрослых людей является достаточным для организации передвижения на всех уровнях, в том числе для закрепления силовых петель трапа на земле, таким образом, задача проведения спасения упрощается. В этом случае спасательное устройство должно быть стационарно установленным, приводиться в рабочее состояние менее чем за три минуты простыми и понятными действиями без применения инструмента, должно обеспечивать самостоятельный спуск всех людей и выход их с площадки торможения, быть хорошо видимым и доступным. Вывод: учреждения среднего, высшего и специального образования рекомендуется оснащать трапом натяжным или пневматическим или тоннелем спасательным пожарным.

Объект – поликлиника без круглосуточного размещения больных, высота 2–3 этажа. Подразумевается наличие значительного количества взрослых людей с ограниченными физическими возможностями, но способных самостоятельно передвигаться по горизонтальной поверхности на короткое расстояние. В этом случае оптимальными параметрами для спасательного устройства считаются: стационарное размещение, конструкция открытого типа, приведение в рабочее состояние менее чем за три минуты простыми и понятными действиями без применения инструмента, обеспечение самостоятельного, а при необходимости принудительного, спуска всех людей, самостоятельный выход людей с площадки торможения, также устройство должно быть хорошо видимым и доступным. Вывод: данные объекты рекомендуется оснащать трапом натяжным или пневматическим открытого типа.

Объект – больница с круглосуточным пребыванием людей. Является сложным для общего моделирования объектом, так как необходимо оценивать кон-

кретную ситуацию на месте. Общие рекомендации следующие: данные объекты рекомендуется оснащать трапами или тоннелями открытого типа, «склизами», стационарно размещенными, с возможностью проводить спуск больных на носилках, в кресле-каталке, вместе с кроватью-каталкой.

В настоящее время трапы не входят в перечень вооружения подразделений пожарной охраны, возимого на специальных пожарных автомобилях, но это касается не недостатков конструкции, а введения дополнительного финансирования и изменения положений нормирования. При этом в состав пожарно-технического вооружения для специальных пожарных автомобилей входят, например, рукава пожарно-спасательные, устройства спасательные прыжковые пожарные (маты пневматические, полотна натяжные). Производителями средств спасения с высоты серийно выпускаются трапы как натяжные, так и пневматические мобильные, переносимые двумя или четырьмя операторами. При небольшой доработке конструкции и комплектации их можно будет вывозить на автомобилях и успешно применять (см. рис. 1) для спасения людей с высоты при пожаре.

Список литературы

1. ГОСТ Р 53274-2009. Техника пожарная. Трапы спасательные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. Проект межгосударственного стандарта ГОСТ «Техника пожарная. Тоннели спасательные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний».
3. ТР ЕАЭС 043/2017. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения.

**Статья поступила в редакцию 09.02.2022;
одобрена после рецензирования 23.02.2022;
принята к публикации 02.03.2022.**

Вищекин Максим Вадимович – заместитель начальника отдела – начальник сектора; **Дымов Сергей Михайлович** – старший научный сотрудник; **Русанов Дмитрий Юрьевич** – старший научный сотрудник; **Александров Александр Михайлович** – научный сотрудник.

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Maxim V. Vishchekin – Deputy Head of Department – Chief of Sector; **Sergey M. Dymov** – Senior Researcher; **Dmitry Yu. Rusanov** – Senior Researcher; **Aleksandr M. Aleksandrov** – Researcher.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.