

И. Г. МАЛЫГИН, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149); директор Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН (Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, 13; e-mail: info@iptran.ru)

А. А. ТАРАНЦЕВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149); заведующий лабораторией Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН (Россия, 199178, г. Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, 13; e-mail: info@iptran.ru)

С. А. ИВАНОВ, начальник подразделения, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: fuchika10@mail.ru)

К. А. НАУМУШКИНА, слушатель, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский просп., 149; e-mail: naumushkina.ksenia@yandex.ru)

А. А. СТОЛЯРОВА, магистрант Института транспортной техники и систем управления, Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II (Россия, 127994, г. Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9; e-mail: anvlst@rambler.ru)

УДК 614.83+656.2+656.08

ОБ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВУХЭТАЖНЫХ ВАГОНОВ

Рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности железнодорожных пассажирских вагонов перспективного типа — двухэтажных. Проанализированы особенности их конструкции с точки зрения вероятности возникновения и развития пожара. Построена компьютерная модель для различных сценариев пожара в двухэтажном вагоне; оценена динамика развития опасных факторов пожара. Выполнена оценка времени блокирования путей эвакуации с этажей вагона повышенной температурой и задымлением. Показано, что наиболее проблемным с точки зрения безопасности пассажиров при пожаре является второй этаж вагона. Предложены пути обеспечения пожарной безопасности вагонов данного типа.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт; двухэтажный вагон; пожарная безопасность; математическое моделирование; эвакуация.

DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.28-38

Введение

Исторически двухэтажные пассажирские вагоны начали эксплуатироваться на железных дорогах Европы еще с XIX века (рис. 1) и широко применяются до сих пор во многих странах (рис. 2). Некоторые образцы двухэтажных вагонов были закуплены Россией во Франции и стали производиться на отечественных заводах (рис. 3). Однако в СССР, а затем в России они не получили широкого распространения вплоть до начала XXI в.

В настоящее время ОАО «РЖД» в интересах повышения качества обслуживания пассажиров производит замену пассажирских плацкартных вагонов на двухэтажные купейные [1] производства ОАО «Тверской вагоностроительный завод» (рис. 4). Такие вагоны в настоящее время начали широко исполь-

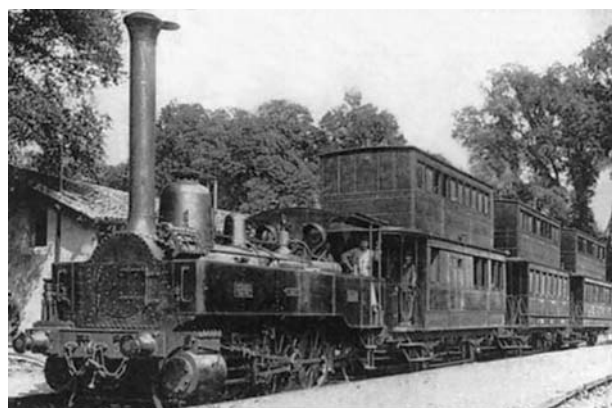


Рис. 1. Двухэтажный поезд, созданный в 1876 г. в Европе А. Малетом

Fig. 1. The double-decker train created in 1876 in Europe by A. Malet



Рис. 2. Современные двухэтажные вагоны — индийский (а) и высокоскоростной японский (б)

Fig. 2. Modern double-decker cars — Indian (a) and high-speed Japanese (b)

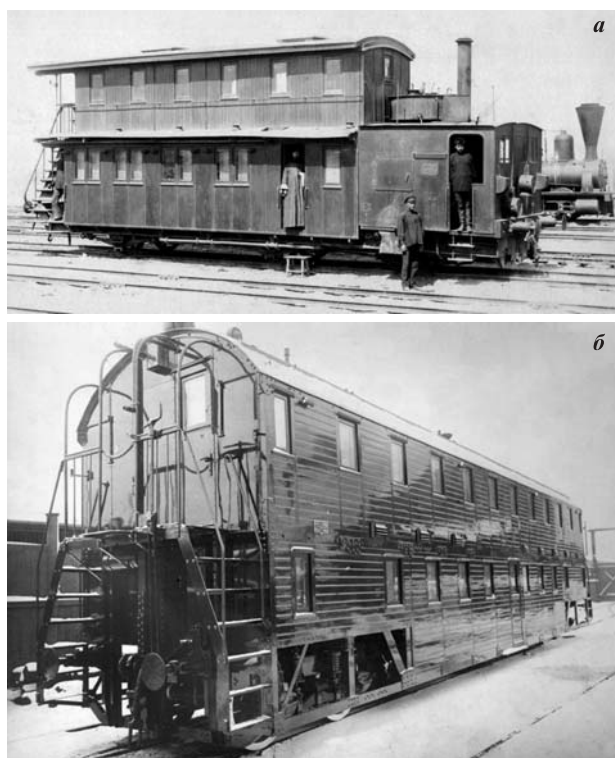


Рис. 3. Отечественные образцы двухэтажных вагонов Коломенского (а) и Сормовского (б) заводов

Fig. 3. Domestic samples of double-decker cars of Kolomna (a) and Sormovsky (b) plants

зоваться на Октябрьской железной дороге [2] для сообщения между двумя столицами — Москвой и Санкт-Петербургом.

В связи с этим целью настоящей статьи является рассмотрение вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности [3] двухэтажных вагонов, так как существует риск их возгорания (рис. 5).

Это, в свою очередь, предполагает необходимость решения следующих задач: а) определения возможных сценариев пожара; б) исследования развития его опасных факторов (ОФП) [4]; в) эвакуации и спасения пассажиров и персонала; г) действий по тушению пожара [5].

Актуальность обеспечения пожарной безопасности на железнодорожном транспорте подтверждается также большим вниманием к этой проблеме зарубежных специалистов. В частности, анализируется риск возникновения пожаров [6], распространение дыма в вагонах [7] и эвакуация пассажиров из них [8].

1. Пожароопасность и системы противопожарной защиты двухэтажных вагонов

Как показывает опыт, причины возгорания пассажирских вагонов можно условно разделить на внутренние и внешние.

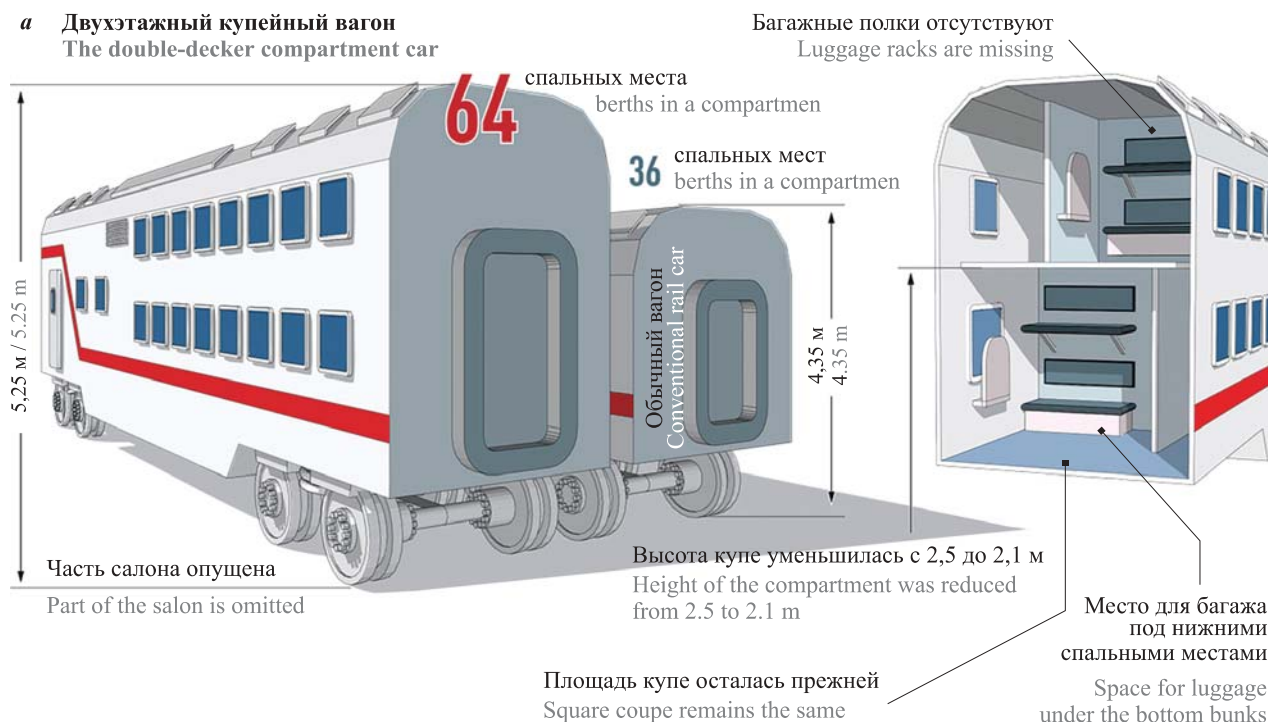
Внутренние причины связаны прежде всего с неисправностью электрооборудования. В двухэтажном вагоне установлены: печь СВЧ, кулер для питьевой воды, электрические водогреи, система управления дверьми, а также подключенные к электросети вагона камеры видеонаблюдения, видеорегистратор, контроллер информационных панелей КИП-2, антенно-фидерное устройство “БРИС”, датчики системы контроля температуры нагрева блока управления климатической системой (БУКС), индикаторы светодиодные процесса торможения, панель маршрутная и др. На каждого второго пассажира предусмотрена розетка переменного тока 220 В (в пассажирских купе — по 2 шт., в туалетах — по 1 шт., в служебном отделении — 2 шт., в бытовом отделении (для вагонов с двухместными купе) — 1 шт., в коридоре тормозного конца вагона — 1 шт., в большом коридоре первого и второго этажа — по 1 шт. Все это создает риск перегрузки электросети и, как следствие, риск короткого замыкания и последующего возгорания. Кроме того, нельзя не учитывать неосторожное обращение с огнем пассажиров и персонала, курение в неположенных местах.

К *внешним* причинам можно отнести искры, возникающие в контактной сети, от проходящего тепловоза и при торможении, а также открытое пламя на пути движения (ремонтные работы, костры, лесные пожары и др.).

Эти факторы, наряду со сгораемой отделкой вагонов, постельным бельем и вещами, могут спровоцировать появление ОФП в купе, коридорах и тамбурах вагонов, приводящих к блокированию эвакуационных путей и тем самым к угрозе жизни и здоровью пассажиров и персонала.

Для снижения риска угрозы жизни пассажиров и персонала двухэтажный вагон оборудован авто-

а Двухэтажный купейный вагон
The double-decker compartment car



б Схема расположения купе
Layout of the compartment

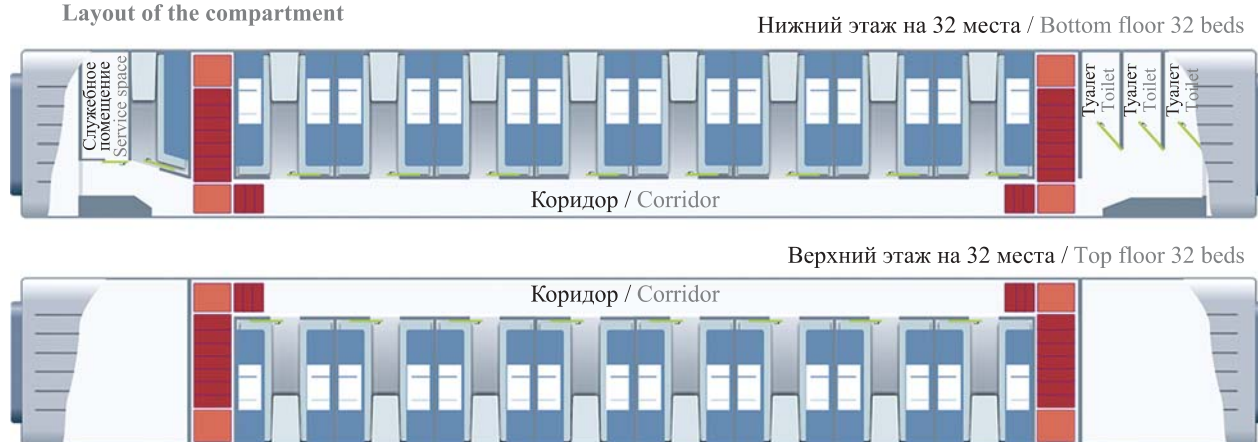


Рис. 4. Двухэтажный вагон в сравнении с обычным вагоном (а) и планы этажей (б)

Fig. 4. The double-decker car in comparison with usual car (a) and plans of floors (b)



Рис. 5. Пожар в двухэтажном вагоне (а) и его тушение (б)

Fig. 5. Fire in double-decker railway car (a) and fire suppression (b)

матической системой пожарной сигнализации, самосрабатывающими огнетушителями типа ОСП, первичными средствами пожаротушения (огнетушители углекислотные порошкового типа) и системой водяного пожаротушения (пожарный рукав со стволом, катушка, кран и бак вместимостью 90 л). Это позволяет проводникам вагона и пассажирам, вовремя заметившим возгорание, замедлить распространение пожара и даже потушить его.

Тем не менее в случае опасности предусматривается эвакуация пассажиров, их спасение (особенно если среди них есть дети и люди с ограниченной мобильностью [9]) и самоспасение. Эвакуация с 1-го этажа проводится как из обычных вагонов — из купе по коридору в тамбуры, а оттуда либо через боковые двери наружу, либо через торцевые двери в соседние вагоны. Эвакуация со 2-го этажа несколько сложнее — из купе по коридору через лестницы вниз в тамбуры, а оттуда также либо через боковые двери наружу, либо через торцевые двери в соседние вагоны.

Спасение и самоспасение предусмотрено для пассажиров обоих этажей и осуществляется через окна — аварийные выходы (ОАВ) после их разбивания специальным молотком. На 1-м этаже ОАВ укомплектованы канатами с карабинами для закрепления за специальные скобы. На 2-м этаже ОАВ укомплектованы веревочными лестницами с карабинами для быстрого зацепления за кронштейны. Лестницы хранятся в запломбированных контейнерах в купе с ОАВ и в купе напротив ОАВ под правым от входа

нижним спальным местом. Для посадки/высадки людей группы мобильности М4 [9] (инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную) в штабных вагонах предусмотрены специальные устройства грузоподъемностью 300 кг.

Однако на практике спасение и самоспасение через ОАВ может вызвать определенные трудности, особенно у пассажиров с ограниченной мобильностью [9]. К тому же пассажиры в экстремальной ситуации не всегда могут оперативно привести в рабочее состояние контейнер с веревочной лестницей.

Ситуацию усугубляет и то, что для двухэтажных вагонов число пассажирских мест по сравнению с обычным купейным вагоном увеличилось в 1,78 раза (с 36 мест до 64), а количество и размеры эвакуационных выходов остались прежними.

В связи с этим представляется необходимым провести моделирование распространения ОФП при различных сценариях пожара в двухэтажном вагоне и тем самым оценить резерв времени для проведения эвакуации, спасения и самоспасения пассажиров.

2. Математические модели развития пожара в двухэтажном вагоне

Ввиду более сложной планировки двухэтажного вагона по сравнению с обычными купейными вагонами (см. рис. 4) развитие пожара в нем сложно полностью описать интегральной моделью (ГОСТ 12.1.004–91*, [10]). Применение зонной модели [10]

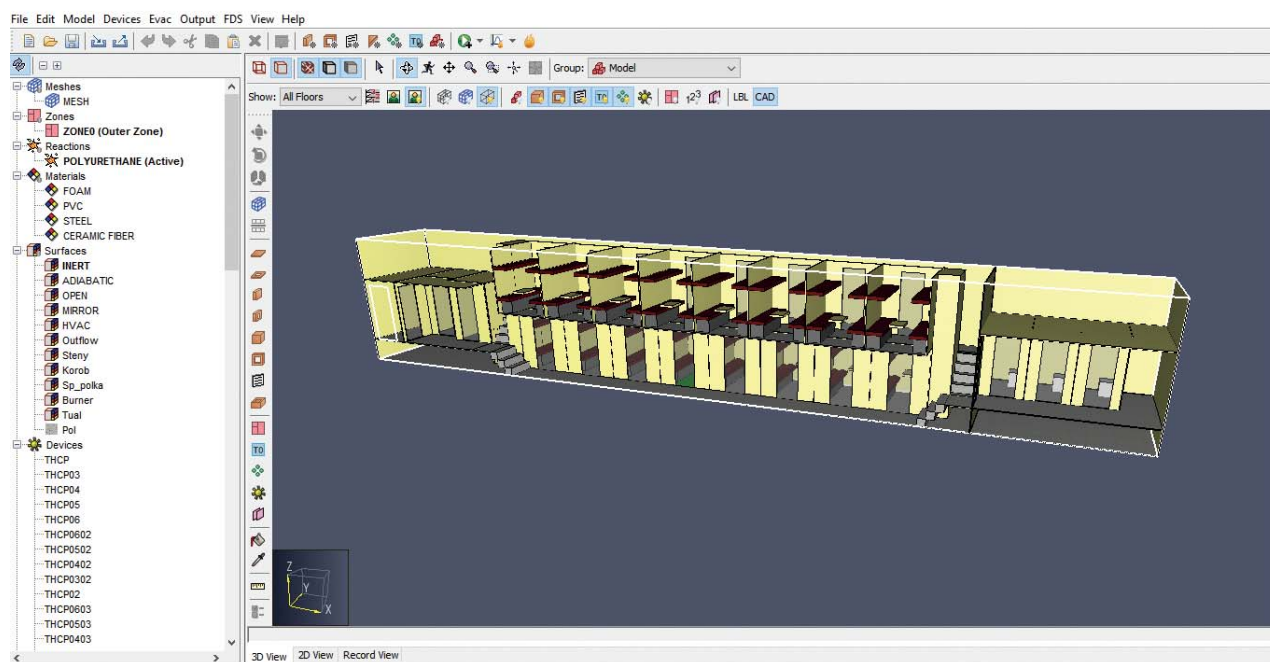


Рис. 6. Представление в программе PyroSim двухэтажного пассажирского купейного вагона (модель 61-4465) со спальными местами

Fig. 6. Representation in the PyroSim program of a double-decker passenger compartment car (model 61-4465) with berths

развития ОФП также представляется проблематичным. Наиболее приемлемой моделью является полевая, реализуемая, например, программой PyroSim (<http://www.thunderheadeng.com/pyrosim/>).

С помощью этой программы был смоделирован пассажирский двухэтажный купейный вагон (рис. 6) и проведена оценка распространения в нем ОФП (повышенной температуры окружающей среды и задымления) для четырех характерных сценариев возможного пожара — на 1-м этаже в среднем и крайнем купе и на 2-м этаже также в среднем и крайнем купе.

Представляется также целесообразным оценить время блокирования дымом $t_{\text{бл}}$ выходов из коридоров этажей. Это можно сделать с использованием известного выражения [11, 12]:

$$t_{\text{бл}} = \frac{20F}{\Pi\sqrt{g}} \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{1}{\sqrt{H}} \right), \quad (1)$$

где F — площадь этажа вагона, м^2 ;

Π — периметр очага пожара, м ;

g — ускорение свободного падения; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

h — допустимая нижняя граница задымления, м ;

H — высота этажа вагона, м .

Поскольку периметр пожара Π также является функцией времени t , в случае его кругового развития на начальной стадии имеет место соотношение

$$\Pi(t) = 2\pi Vt, \quad (2)$$

где V — линейная скорость распространения пожара [13].

С учетом (2) выражение (1) принимает вид:

$$t_{\text{бл}} = \sqrt{\frac{10F}{\pi V\sqrt{g}}} \left(\frac{1}{\sqrt{h}} - \frac{1}{\sqrt{H}} \right). \quad (3)$$

Время $t_{\text{бл}}$ целесообразно уточнить и по зонной модели [10], согласно которой динамика нижней границы дыма $h(t)$ может быть определена из решения дифференциального уравнения

$$-\frac{dh}{dt} = C_1(t) \left[h + \delta + 1,5\sqrt{S(t)} \right]^{5/3} + C_2(t), \quad (4)$$

где $S(t)$ — динамика площади пожара, м^2 ;

δ — высота расположения пожарной нагрузки, м ;

$C_1(t)$, $C_2(t)$ — динамические коэффициенты.

Величины $C_1(t)$ и $C_2(t)$, в свою очередь, определяются из выражений [10]:

$$C_1(t) = \frac{0,21}{F} \sqrt[3]{gWS(t)(1-k_c)}; \quad (5)$$

$$C_2(t) = \frac{WS(t)(1-k_o)}{F}, \quad (6)$$

где W — условная скорость, м/с ; $W = q_n(C_p \rho_0 T_0)^{-1}$;
 q_n — удельная мощность пожара, кВт/м^2 ;

C_p — теплоемкость продуктов горения, $\text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$;
 ρ_0 — начальная плотность газовой среды, кг/м^3 ;
 T_0 — начальная температура газовой среды, К ;
 k_c , k_o — коэффициенты теплопотерь соответственно в ограждения ($k_c \approx 0,55$) и общие ($k_o \approx 0,6$).

3. Результаты моделирования пожара в двухэтажном вагоне

С использованием программы PyroSim [11] был проведен комплекс расчетных оценок ОФП при различных сценариях пожара в двухэтажном вагоне (см. рис. 4 и 7). На рис. 8–11 представлена динамика

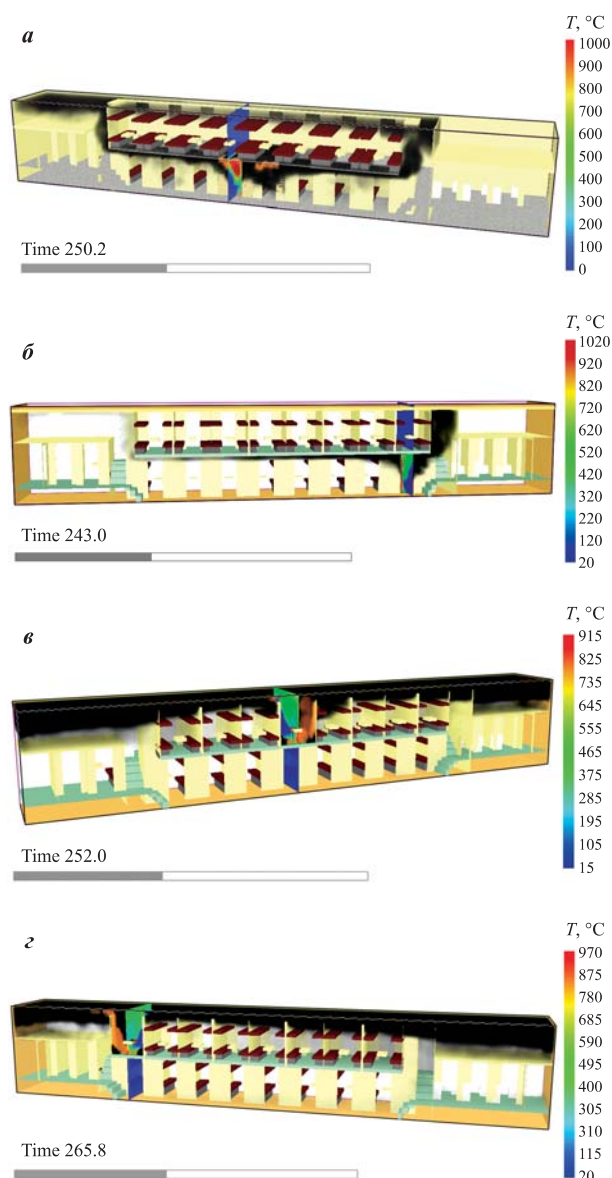


Рис. 7. Сценарии развития пожаров в двухэтажном вагоне (4-я минута пожара): а — на 1-м этаже в среднем купе; б — на 1-м этаже в крайнем купе; в — на 2-м этаже в среднем купе; г — на 2-м этаже в крайнем купе

Fig. 7. Scenarios of development of the fires in the double-decker car (the 4th minute of the fire): а — on the 1st floor on average coupe; б — on the 1st floor in an extreme coupe; в — on the 2nd floor on average coupe; г — on the 2nd floor in an extreme coupe

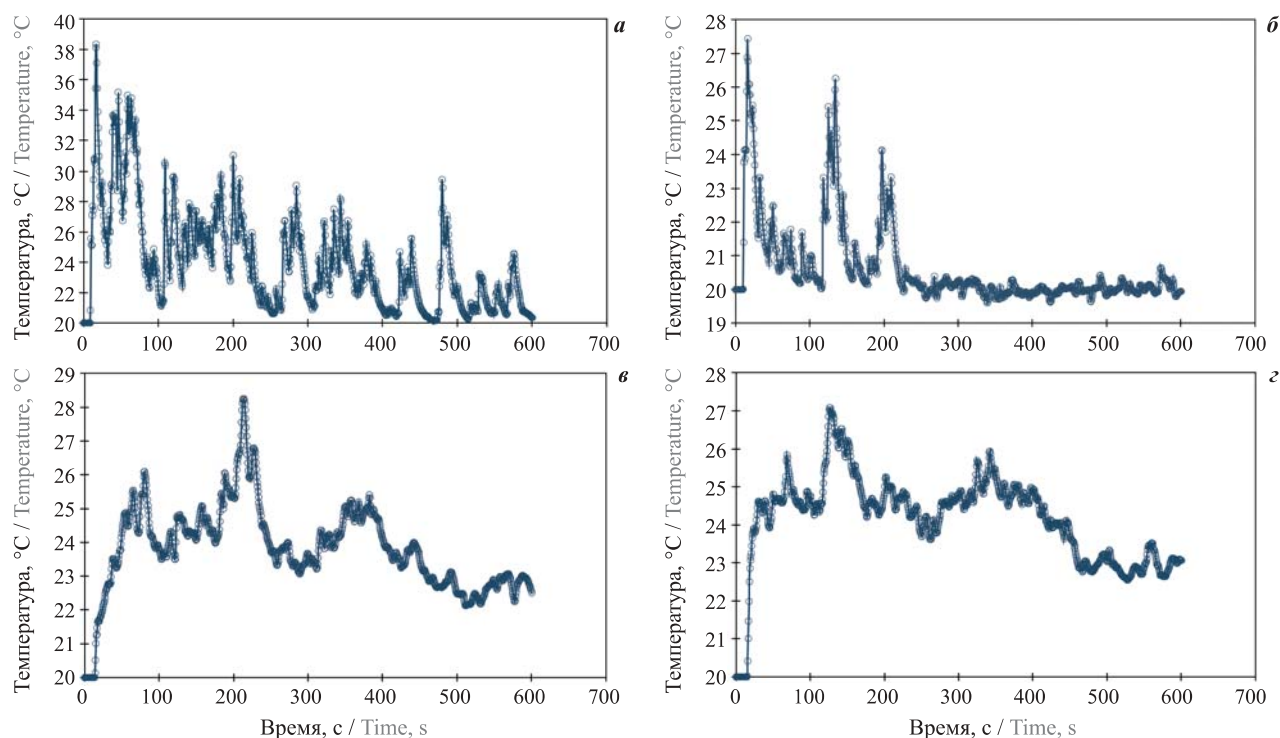


Рис. 8. Результаты моделирования температурного режима у выходов из коридоров при пожаре в среднем купе 1-го этажа (сценарий на рис. 7,а): а, в — у левых выходов с 1-го и 2-го этажей соответственно; б, г — у правых выходов с 1-го и 2-го этажей соответственно

Fig. 8. Results of modeling of temperature condition at exits from corridors at the fire on average a coupe of the 1st floor (the scenario in fig. 7,а): а, в — at the left exits from the 1st and 2nd floors respectively; б, г — at the right exits from the 1st and 2nd floors respectively

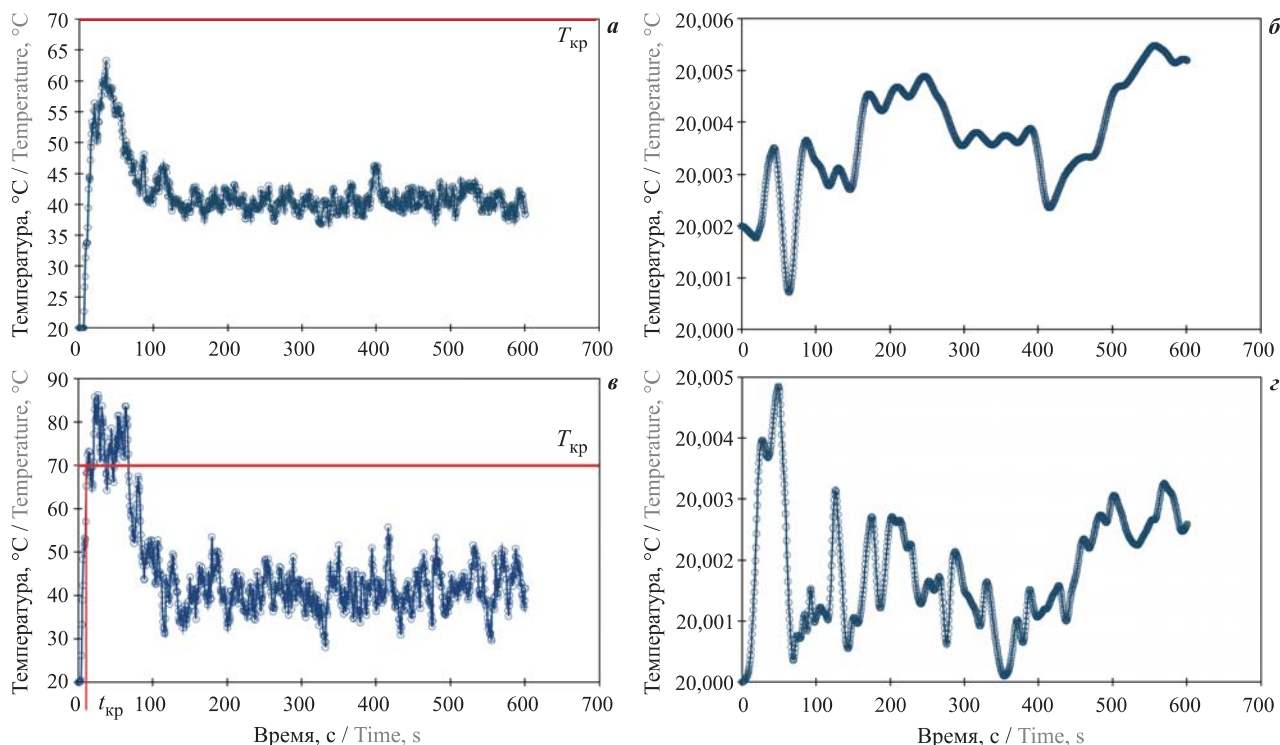


Рис. 9. Результаты моделирования температурного режима у выходов из коридоров при пожаре в крайнем левом купе 1-го этажа (сценарий на рис. 7,б, красная линия — 70 °С): а, в — у левых выходов с 1-го и 2-го этажей соответственно; б, г — у правых выходов с 1-го и 2-го этажей соответственно

Fig. 9. Results of modeling of temperature condition at exits from corridors at the fire in an extreme left coupe of the 1st floor (the scenario in fig. 7,б, the red line — 70 °С): а, в — at the left exits from the 1st and 2nd floors respectively; б, г — at the right exits from the 1st and 2nd floors respectively

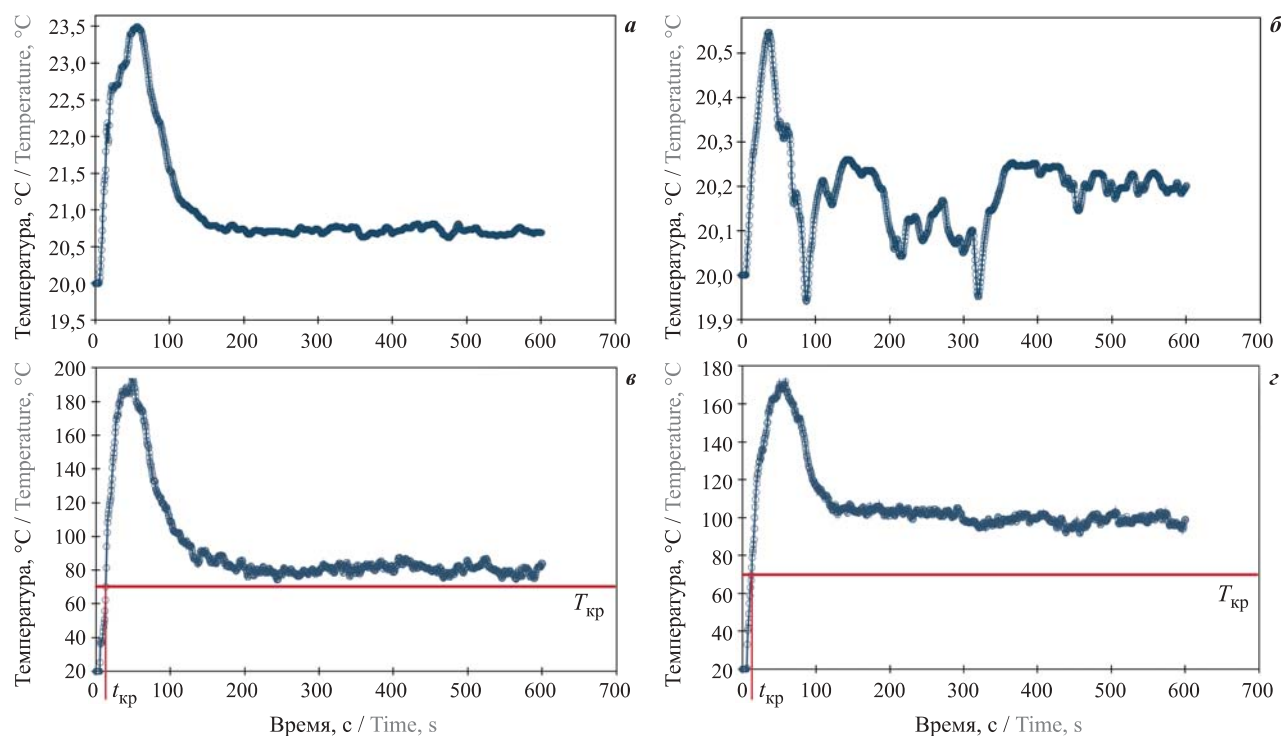


Рис. 10. Результаты моделирования температурного режима у выходов из коридоров при пожаре в центральном купе 2-го этажа (сценарий на рис. 7, в, красная линия 70 °C): а, в — у левых выходов с 1-го и 2-го этажей соответственно; б, г — у правых выходов с 1-го и 2-го этажей соответственно

Fig. 10. Results of modeling of temperature condition at exits from corridors at the fire in the central coupe of the 2nd floor (the scenario in fig. 7, v, the red line 70 °C): а, в — at the left exits from the 1st and 2nd floors respectively; б, г — at the right exits from the 1st and 2nd floors respectively

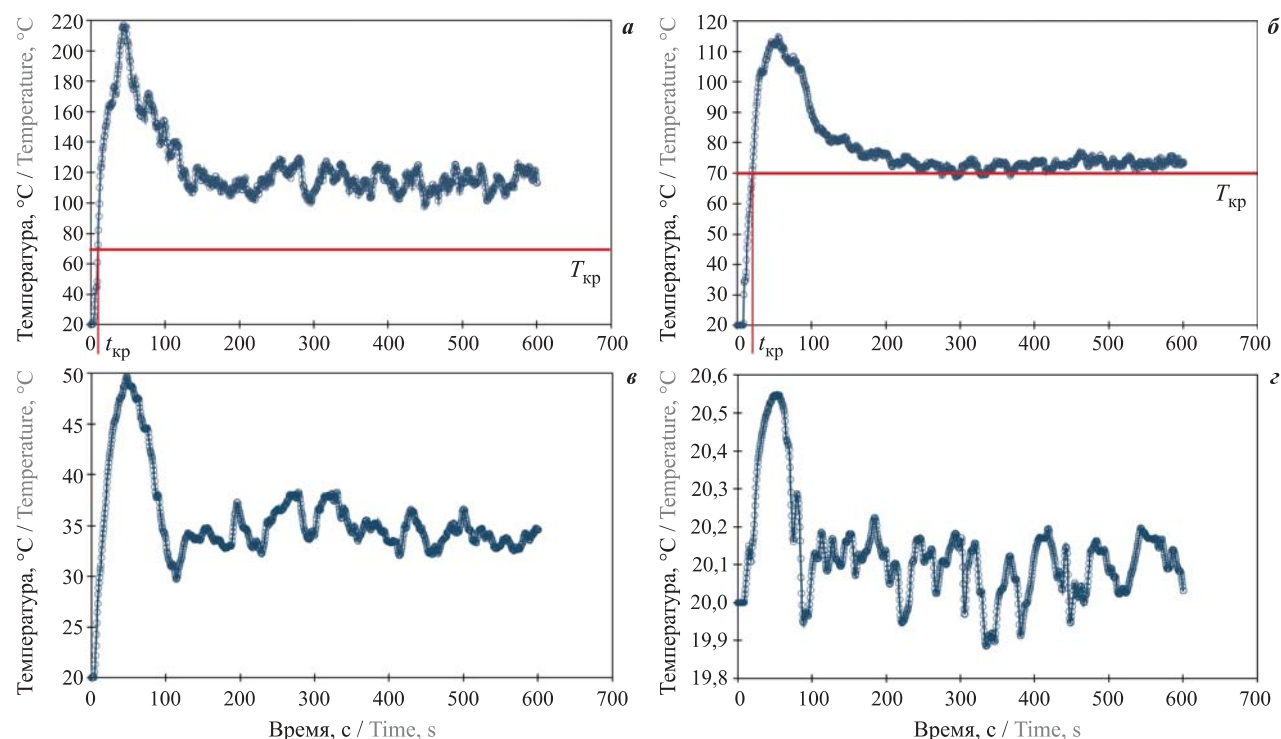


Рис. 11. Результаты моделирования температурного режима у выходов из коридоров при пожаре в левом крайнем купе 2-го этажа (сценарий на рис. 7, г): а, в — у левых выходов со 2-го и 1-го этажей соответственно; б, г — у правых выходов со 2-го и 1-го этажей соответственно

Fig. 11. Results of modeling of temperature condition at exits from corridors at the fire in the left extreme coupe of the 2nd floor (the scenario in fig. 7, g): а, в — at the left exits from the 2nd and 1st floors respectively; б, г — at the right exits from the 2nd and 1st floors respectively

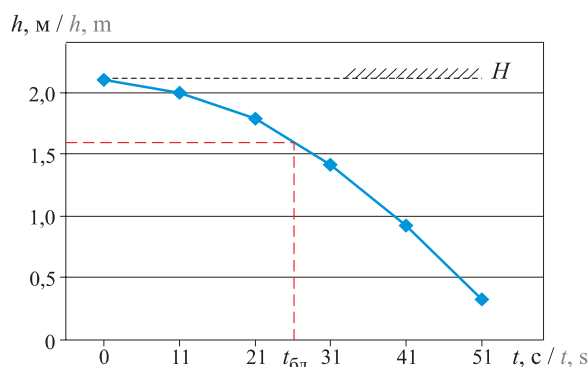


Рис. 12. Динамика нижней границы дыма при пожаре на 2-м этаже вагона ($q_n = 250 \text{ кВт/м}^2$)

Fig. 12. Dynamics of the lower bound of smoke at the fire on the 2nd floor of the car ($q_n = 250 \text{ kW/m}^2$)

ка температурного режима в местах выхода из коридоров при сценариях пожара в соответствии с рис. 7 при начальной температуре на обоих этажах 20°C .

По выражению (3) дана оценка времени блокирования $t_{\text{бл}}$ продуктами горения (дымом) эвакуационных выходов. Согласно документации на двухэтажные вагоны [1] $F \approx 41,74 \text{ м}^2$ и $H = 2,1 \text{ м}$. Полагая, что $h = 1,6 \text{ м}$ и $V \approx 0,0033 \text{ м/с}$ [13, 14], из (3) получаем:

$$t_{\text{бл}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 41,74}{\pi \cdot 0,0033 \sqrt{9,81} \left(\frac{1}{\sqrt{1,6}} - \frac{1}{\sqrt{2,1}} \right)}} \approx 22,56 \text{ с.}$$

Дифференциальное уравнение (4), соответствующее зонной модели [10], было решено численными методами [15] с учетом (5) и (6) при начальном условии $h(t=0) = H$. Предполагалось, что на начальной стадии пожара его площадь имеет круговую форму, т. е. $S = \pi V^2 t^2$ [13, 14]. Результаты решения в виде зависимости $h(t)$ приведены на рис. 12.

Поскольку предыдущие модели не учитывали неравномерность нижней границы дыма по длине вагона, было проведено моделирование задымления

с использованием программы PyroSim (рис. 13), что также подтверждает эффект быстрого задымления этажа вагона при пожаре.

Обсуждение результатов

Результаты компьютерного моделирования свидетельствуют о следующем. Пожар на 2-м этаже (будь он в центральном или крайнем купе) наиболее опасен для пассажиров этого этажа: температура у выходов из коридора быстро поднимается до 70°C , блокируя эвакуационные пути вниз. Этим пассажирам остается только спастись через ОАВ. Менее опасен пожар в крайнем купе 1-го этажа: у пассажиров 1-го и 2-го этажей есть возможность эвакуироваться через противоположный торец вагона. И наименее опасным с точки зрения температурного режима является пожар в центре 1-го этажа. В этом случае температура у обоих выходов из коридоров не поднимается до болевого порога.

Результаты расчетов с использованием различных моделей согласованно свидетельствуют о быстром задымлении этажа при пожаре в вагоне, что может представлять значительную опасность, особенно в ночное время, когда пассажиры спят и их эвакуация может начаться со значительной задержкой. В частности, как следует из рис. 12, время блокирования эвакуационных выходов из этажа вагона составляет порядка 25 с, что согласуется с результатом расчета по выражению (3).

Определенный интерес также представляет динамика задымления движущегося вагона при одном или нескольких открытых окнах. Важными факторами будут являться наличие и расположение открытых окон и место возникновения пожара в вагоне. Однако этот вопрос требует отдельного исследования, поскольку возможны сценарии как удаления дыма из этажа потоком наружного воздуха путем эжектирования, так и раздувания пламени.

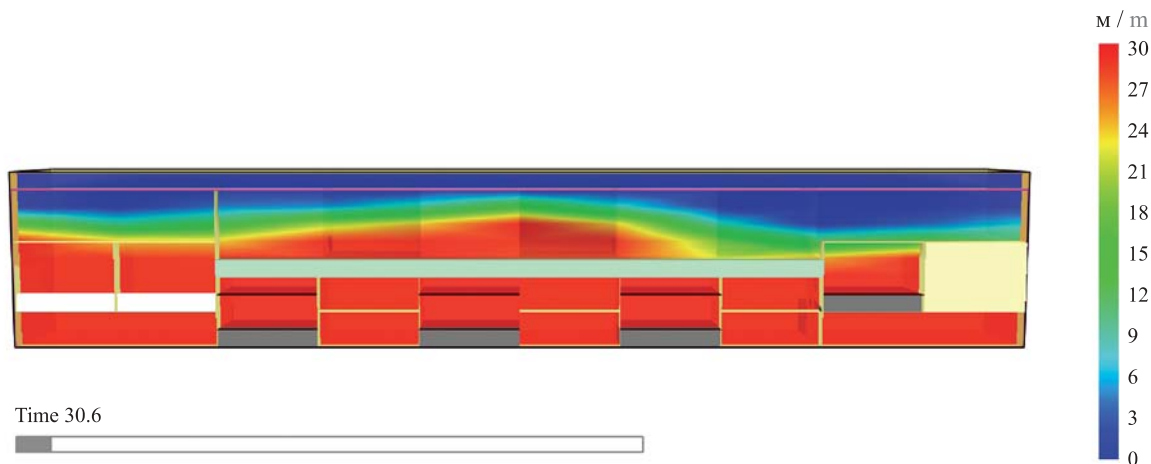


Рис. 13. Моделирование потери видимости при задымлении 2-го этажа вагона (1-я минута пожара в крайнем купе)

Fig. 13. Modeling of loss of visibility at smoke of the 2nd floor of the car (the 1st minute of the fire in extreme coupe)

Выводы

Таким образом, пожарная безопасность двухэтажных вагонов является недостаточной (особенно для пассажиров 2-го этажа), и требуется принятие эффективных мер по ее обеспечению. Эти меры должны включать в себя как моделирование (компьютерное и натурное) развития пожара в различных частях вагона для определения необходимого вре-

мени эвакуации, так и оценку расчетного времени эвакуации и формирование предложений по обеспечению безопасности пассажиров и персонала в случае пожара. Такие предложения могут предусматривать, например, увеличение числа ОАВ и оборудование дымовых люков на крыше вагона для выпуска дыма и высокотемпературных продуктов горения в целях облегчения эвакуации и спасения пассажиров со 2-го этажа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по эксплуатации 4465.00.00.000 РЭ. Вагон пассажирский двухэтажный купейный со спальными местами. Модель 61-4465. URL: www.tvz.ru/catalog/passenger/item_detail.php?ELEMENT_ID=190 (дата обращения: 10.05.2017).
2. Таранцев А. А., Иванов С. А., Наумушкина К. А. О проблеме пожарной безопасности двухэтажных вагонов // Транспорт России: проблемы и перспективы—2015 : материалы Юбилейной международной научно-практической конференции. — СПб. : Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2015. — Т. 2. — С. 166–169.
3. Таранцев А. А., Иванов С. А., Наумушкина К. А., Столярова А. А. О проблеме моделирования опасных факторов пожара в двухэтажных пассажирских вагонах // Транспорт России: проблемы и перспективы—2016 : материалы Международной научно-практической конференции. — СПб. : Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко РАН, 2016. — Т. 2. — С. 266–269.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 03.07.2016). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 10.05.2017).
5. Руководство по тушению пожаров на железнодорожном транспорте. — М. : УВО МПС, ВНИИЖТ, 2001. — 198 с.
6. Camillo A., Guillaume E., Rogaume T., Allard A., Didieux F. Risk analysis of fire and evacuation events in the European railway transport network // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 60. — P. 25–36. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.04.004.
7. Ahmed F. Abdel Gawad, Muhammad N. Radhwi. Simulation of movement of fire smoke and evacuation for suburban trains: Part I, Smoke movement // Twelfth International Conference of Fluid Dynamics (ICFD 12), 19–20 December, 2016, Cairo, Egypt. — ICFD12-EG-5014. URL: https://www.researchgate.net/publication/312128535_Simulation_of_Movement_of_Fire_Smoke_and_Evacuation_for_Suburban_Trains_Part_I_Smoke_Movement (дата обращения: 10.05.2017).
8. Muhammad N. Radhwi, Ahmed F. Abdel Gawad. Simulation of movement of fire smoke and evacuation for suburban trains: Part II, Evacuation // Twelfth International Conference of Fluid Dynamics (ICFD 12), 19–20 December, 2016, Cairo, Egypt. — ICFD12-EG-5015. URL: https://www.researchgate.net/publication/312128446_Simulation_of_Movement_of_Fire_Smoke_and_Evacuation_for_Suburban_Trains_Part_II_Evacuation (дата обращения: 10.05.2017).
9. СП 59.13330.2012. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения. — Введ. 01.01.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089976> (дата обращения: 10.05.2017).
10. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие. — М. : Академия ГПС МВД России, 2000. — 118 с.
11. Батчер Е., Парнэлл А. Опасность дыма и дымозащита / Пер. с англ. — М. : Стройиздат, 1983. — 153 с.
12. Драйздейл Д. Д. Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. — М. : Стройиздат, 1990. — 424 с.
13. Повзик Я. С. Справочник руководителя тушения пожара. — М. : ЗАО “Спецтехника”, 2004. — 361 с.
14. Верзилин М. М., Повзик Я. С. Пожарная тактика. — Изд. перераб. и доп. — М. : ЗАО “Спецтехника”, 2007. — 416 с.
15. Хемминг Р. В. Численные методы для научных работников и инженеров. — 2-е изд. / Пер. с англ. — М. : Наука, 1972. — 400 с.

Для цитирования: Малыгин И. Г., Таранцев А. А., Иванов С. А., Наумушкина К. А., Столярова А. А. Об обеспечении пожарной безопасности двухэтажных вагонов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 7. — С. 28–38. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.28-38.

ON ENSURING THE FIRE SAFETY OF DOUBLE-DECKER RAILWAY CARS

MALYGIN I. G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Organisation of Fire Suppression and Rescue Department, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation); Director of Solomenko's Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences (12-ya Liniya Vasilyevskogo Ostrova, 13, Saint Petersburg, 199178, Russian Federation; e-mail: info@iptran.ru)

TARANTSEV A. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Organisation of Fire Suppression and Rescue Department, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation); Head of Laboratory of Solomenko's Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences (12-ya Liniya Vasilyevskogo Ostrova, 13, Saint Petersburg, 199178, Russia; e-mail: info@iptran.ru)

IVANOV S. A., Head of Laboratory, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: fuchika10@mail.ru)

NAUMUSHKINA K. A., Student, Saint Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; e-mail: naumushkina.ksenia@yandex.ru)

STOLYAROVA A. A., Undergraduate of Institute of the Transport Equipment and Control Systems, Moscow State University of Means of Communication of the Emperor Nicholas II (Obraztsova St., 9, build. 9, Moscow, 127994, Russian Federation; e-mail: anvlst@rambler.ru)

ABSTRACT

Double-decker railway cars have begun to be operated on the railroads of Europe since the 19th century. They were issued in two options — with seats and regiments for night rest of passengers. Double-decker cars were issued and operated in Russia and the USSR, but in limited scales. Similar cars, including high-speed are widely used still in various countries.

The current stage of development of Open joint stock company “Russian Railways” in terms of passenger traffic is characterized by the increase of their comfort and safety. In this regard, the economy class cars it is planned to replace a double-decker compartment cars of similar capacity. Taking into account the possibility of emergence of a fire, these cars are equipped with fire alarm, fire extinguishing and rescue of the passengers through the windows of the emergency exits.

However, it is necessary to simulate the development of fire effects under different scenarios of its emergence on the floor of the car. The aim of such modeling is the determination of time of blocking of evacuation ways and exits of the floors and the car in general and evaluation of the safety of passengers.

This article discusses several options for modeling the development of dangerous fire factors — using a field model, implemented by a computer program and the analytical expressions under the integral and zonal models.

According to the results of computer studies have shown that a fire in a double-decker train is the greatest danger for passengers of the second floor. This is due to the dynamics of the temperature increase at the exit to the floor, and a quick smoke. The different used models of fire development give consistent results.

In the end, the proposals to increase the safety of passengers in case of fire. Such offers can include increase in number of windows emergency exits and the equipment of hatches on a roof of the car for production of smoke and high-temperature products of burning for the purpose of simplification of evacuation and rescue of passengers from the 2nd floor.

Keywords: railway transport; double-decker railway car; fire safety; mathematical modeling; evacuation.

REFERENCES

1. Operation manual 4465.00.00.000 RE. The passenger two-storeyed compartment railway car a with sleeping places. Model 61-4465 (in Russian). Available at: www.tvz.ru/catalog/passenger/item_detail.php?ELEMENT_ID=190 (Accessed 10 May 2017).
2. Tarantsev A. A., Ivanov S. A., Naumushkina K. A. About problems of fire safety double-decker rail cars. In: *Transport Rossii: problemy i perspektivy–2015. Materialy Yubileynoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Transport of Russia: Problems and Prospects–2015. Proceeding of Anniversary International Scientific and Practical Conference]. Saint Petersburg, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences Publ., 2015, vol. 2, pp. 166–169 (in Russian).
3. Tarantsev A. A., Ivanov S. A., Naumushkina K. A., Stolyarova A. A. On the modeling of fire effects in a two-storey passenger cars. In: *Transport Rossii: problemy i perspektivy–2016. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Transport of Russia: Problems and Prospects–2016. Proceeding of International Scientific and Practical Conference]. Saint Petersburg, Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences Publ., 2016, vol. 2, pp. 266–269 (in Russian).
4. *Technical regulations for fire safety requirements*. Federal Law on 22.07.2008 No. 123 (ed. 03.07.2016) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (Accessed 10 May 2017).
5. *Manual on extinguishing fires in railway transport*. Moscow, UVO MPS, VNIIZhT Publ., 2001. 198 p. (in Russian).
6. Camillo A., Guillaume E., Rogaume T., Allard A., Didieux F. Risk analysis of fire and evacuation events in the European railway transport network. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 60, pp. 25–36. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.04.004.
7. Ahmed F. Abdel Gawad, Muhammad N. Radhwi. Simulation of movement of fire smoke and evacuation for suburban trains: Part I, Smoke movement. In: *Twelfth International Conference of Fluid Dynamics (ICFD 12)*, 19–20 December, 2016, Cairo, Egypt, ICFD12-EG-5014. Available at: https://www.researchgate.net/publication/312128535_Simulation_of_Movement_of_Fire_Smoke_and_Evacuation_for_Suburban_Trains_Part_I_Smoke_Movement (Accessed 10 May 2017).
8. Muhammad N. Radhwi, Ahmed F. Abdel Gawad. Simulation of movement of fire smoke and evacuation for suburban trains: Part II, Evacuation. In: *Twelfth International Conference of Fluid Dynamics (ICFD 12)*, 19–20 December, 2016, Cairo, Egypt, ICFD12-EG-5015. Available at: https://www.researchgate.net/publication/312128446_Simulation_of_Movement_of_Fire_Smoke_and_Evacuation_for_Suburban_Trains_Part_II_Evacuation (Accessed 10 May 2017).
9. *Set of rules 59.13330.2012. Accessibility of buildings and structures for persons with disabilities and persons with reduced mobility* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200089976> (Accessed 10 May 2017).
10. Koshmarov Yu. A. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii* [Forecasting of fire hazards in the case of indoor fire]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of Interior of Russia Publ., 2000. 118 p. (in Russian).
11. Butcher E. G., Parnell A. C. *Smoke control in fire safety design*. London, E. & F. N. Spon, 1979. 178 p. (Russ. ed.: Batcher E., Parnell A. *Opasnost dyma i dymozashchita*. Moscow, Stroyizdat, 1983. 153 p.).
12. Drayzdel D. D. *An introduction to fire dynamics*. Chichester, John Wiley and Sons, 1985 (Russ. ed.: Drayzdel D. D. *Vvedeniye v dinamiku pozharov*. Moscow, Stroyizdat, 1990. 424 p.).
13. Povzik Ya. S. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara* [Head of firefighting handbook]. Moscow, Spetstekhnika Publ., 2004. 361 p. (in Russian).
14. Verzhilin M. M., Povzik Ya. S. *Pozharnaya taktika* [Fire tactics]. Moscow, Spetstekhnika Publ., 2007. 416 p. (in Russian).
15. Hamming R. W. *Numerical methods for scientists and engineers*. York, PA, The Maple Press Company, 1962 (Russ. ed.: Hamming R. W. *Chislennyye metody dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov*. 2nd ed. Moscow, Nauka Publ., 1972. 400 p.).

For citation: Malygin I. G., Tarantsev A. A., Ivanov S. A., Naumushkina K. A., Stolyarova A. A. On ensuring the fire safety of double-decker railway cars. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 7, pp. 28–38 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.07.28-38.