

В. П. НАЗАРОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: npbtp@bk.ru)

Я. В. КОРОТОВСКИХ, старший преподаватель кафедры управления и экономики ГПС, Академия ГПС МЧС РФ (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: miw4@yandex.ru)

С. А. ШВЫРКОВ, д-р техн. наук, доцент, начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: pbtp@mail.ru)

А. П. ПЕТРОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: setyn@list.ru)

УДК 621.642.033.004.55

ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ ПРЕДРЕМОНТНОЙ ПОДГОТОВКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На основе данных статистики пожаров сформулированы причины их возникновения на технологическом оборудовании при огневых работах. Предложена классификация способов обеспечения пожарной безопасности предремонтной подготовки технологического оборудования. Сформулированы условия обеспечения пожаровзрывобезопасности современных технологий предремонтной подготовки. Предложен методологический подход к определению коэффициентов безопасности при прогнозировании риска. Разработана методика оценки пожаровзрывобезопасности регламентных и ремонтных огневых работ на технологическом оборудовании.

Ключевые слова: предремонтная подготовка; огневые работы; пожаровзрывобезопасность; предельно допустимая пожарная нагрузка; коэффициенты безопасности; флегматизация; изоляция источников зажигания.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.41-47

Эксплуатация производственных объектов практически всегда связана с ремонтом, антикоррозийной защитой и работами на технологическом оборудовании, проведение которых предполагает необходимость выполнения искроопасных и огневых работ (ОР).

Из-за нарушения правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных и других огневых работ на производственных объектах России происходит порядка 10 тыс. пожаров ежегодно, которые сопровождаются гибелью людей (100–150 чел.) и значительным материальным ущербом. В процессе огневых работ проявляются три основных фактора пожарной опасности:

- 1) подлежащее ремонту, демонтажу или реконструкции оборудование обычно выводится из регламентного технологического режима, при этом создаются условия для образования взрывоопасных смесей;
- 2) при выполнении электрогазосварочных, газорезательных и других операций применяют-

ся технологические источники зажигания с использованием открытого пламени;

- 3) производственная потребность в присутствии рабочих у технологических аппаратов при пожарах и взрывах, как правило, приводит к травматизму и гибели людей.

Пожары на технологическом оборудовании при огневых работах обусловлены следующими причинами:

- низким качеством организации огневых работ и обучения рабочих правилам пожарной безопасности (21 % пожаров на резервуарах происходит при их ремонте без предварительной подготовки);
- повышенной пожарной опасностью операций по предремонтной подготовке (29 % пожаров на резервуарах происходит при их зачистке);
- отсутствием или несовершенством документов, регламентирующих технологию, технику и меры пожарной безопасности при подготовке технологических аппаратов к огневым работам и их

проведении (50 % пожаров на резервуарах возникает при их ремонте после завершения зачистки).

Обоснование требований пожарной безопасности рекомендуется проводить с использованием традиционных (существующих) методов и способов ее обеспечения, а также современных инновационных методов на основе нормативно-правового подхода к определению величин пожарного риска [1–3].

Предремонтная подготовка технологических аппаратов является одним из самых опасных комплексов технологических операций при эксплуатации технологического оборудования.

Классификация способов обеспечения пожарной безопасности основана на принципе разрыва связей мнемонического треугольника горения, тремя сторонами которого являются: окислитель, горючее и источник зажигания. Анализ результатов современных исследований позволяет классифицировать способы обеспечения пожаровзрывобезопасности (ПВБ) при ликвидации аварий, чрезвычайных ситуаций (ЧС) и проведении ремонтно-восстановительных работ на технологическом оборудовании по следующим группам (методам) [4]:

- 1) снижение концентрации паров (газов) углеводородов;
- 2) предотвращение контакта источника зажигания с взрывоопасными концентрациями паров (газов) углеводородов;
- 3) флегматизация и ингибирование газового пространства технологического оборудования.

Основными условиями обеспечения ПВБ с помощью первого метода являются:

- а) снижение концентрации паров (газов) в газовом пространстве технологического аппарата φ_p до значения менее нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) φ_n с учетом коэффициента безопасности $K_{б.н}$, т. е. должно соблюдаться соотношение

$$\varphi_p \leq \varphi_n / K_{б.н}; \quad (1)$$

- б) очистка поверхностей технологического объекта от отложений и жидкой фазы до невоспламеняемой толщины слоя пожароопасных углеводородных остатков с соблюдением условия:

$$m_{ПДПН} \leq m_{кр} / K_{б.м}, \quad (2)$$

где $m_{ПДПН}$ — предельно допустимая пожарная нагрузка (ПДПН);

$m_{кр}$ — критическое значение пожарной нагрузки; $K_{б.м}$ — коэффициент безопасности, принимаемый для предельно допустимой пожарной нагрузки.

Из соотношения (2) при $m = \rho\delta$ (где ρ — плотность) справедливо условие

$$\delta_{доп} \leq \delta_{кр} / K_{б.м}, \quad (3)$$

где $\delta_{доп}$ — предельно допустимая толщина остаточного слоя загрязнения;

$\delta_{кр}$ — критическая максимальная невоспламеняемая толщина остаточного слоя технологических углеводородных жидких (твердых) остатков.

Исследования в области определения пожарной опасности тонких пленок горючих жидкостей, а также аналитическое изучение воспламенения пленок органических жидкостей, двухфазных сред и конденсированных веществ свидетельствуют о существовании невоспламеняемой толщины слоя горючего вещества, т. е. такой толщины, при которой горючее вещество не способно к воспламенению. Такой слой называется *критическим по условиям воспламенения*.

Для оценки ПВБ необходимо знать коэффициент безопасности. Значение $K_{б.н}$ при проведении огневых и искроопасных работ на практике принято принимать не менее 20 (5 % от НКПР). Условие (1) обеспечивает взрывобезопасность, но не исключает пожарную опасность в том случае, если в технологическом процессе обращаются горючие твердые или жидкие вещества. Очистка технологического объекта, мест утечек и аварий обычно осуществляется ручным способом с выполнением значительного объема трудоемких работ во вредных для здоровья рабочих условиях.

Первая группа инновационных способов (первый метод) обеспечения пожаровзрывобезопасности при предремонтной подготовке объекта реализуется с помощью следующих основных технологических операций: вихревой принудительной вентиляции [5], импульсного пропаривания и роботизированной гидравлической мойки технологических аппаратов. В зависимости от экономической целесообразности и свойств горючей нагрузки (ГН) указанные способы могут применяться отдельно или в комбинации.

Разработку современных инновационных технологий предремонтной подготовки целесообразно проводить с учетом оценки пожарной опасности на основе анализа величины пожарного риска и критических условий воспламенения тонких слоев (пленок) углеводородсодержащей ГН.

Второй инновационный метод обеспечения ПВБ основан на исключении контакта источника зажигания и горючих веществ. Пожарная безопасность обеспечивается с помощью воздушно-механических пен (ВМП) и (или) твердеющих пен. Учитывая широкое распространение пен в практике пожаротушения и наличие на объектах значительного количества пенообразователей с истекшим сроком хра-

нения, целесообразно более детально рассмотреть способы изоляции источника зажигания с помощью ВМП с повышенной стойкостью. Обеспечение ПВБ при этом достигается следующими способами:

- а) снижением концентрации углеводородов в газовом пространстве технологического оборудования до предельно допустимой взрывоопасной концентрации (ПДВК), т. е. должно выполняться условие (1);
- б) покрытием поверхности нефтепродуктов (отложений) слоем изолирующего вещества при соблюдении условий:

$$\delta_{\text{без}} \geq \delta_{\text{кр.п}} / K_{\text{б.и.п}}; \quad (4)$$

$$V_{\text{з.п}} \geq \delta_{\text{кр.п}} F / K_{\text{б.и.п}}; \quad (5)$$

$$\tau_{\text{з.п}} \geq \tau_{\text{о.р}} + \tau_{\text{пер}}, \quad (6)$$

где $\delta_{\text{без}}$, $\delta_{\text{кр.п}}$ — безопасная и критическая толщина покрытия, исключая газопроницаемость; $K_{\text{б.и.п}}$ — коэффициент безопасности, принимаемый для толщины изолирующего покрытия; $V_{\text{з.п}}$ — объем защитного покрытия; F — площадь горючих остатков; $\tau_{\text{з.п}}$ — время действия защитного покрытия; $\tau_{\text{о.р}}$, $\tau_{\text{пер}}$ — длительность соответственно огневых работ и перерывов в работе.

Необходимость выполнения условия (1) при реализации данного метода обеспечения ПВБ обуславливается возможностью образования искр (расплавленных капель).

Предотвращение возникновения пожара (взрыва) может быть обеспечено также путем изоляции места проведения огневых работ от горючей среды. При использовании в качестве изолирующего покрытия быстро разрушающихся ВМП в процессе их подачи происходит одновременная дегазация газового пространства. Если применяются твердые пены, пленкообразователи, микрошарики, при подаче которых практически отсутствует эффект снижения концентрации, то после покрытия ими поверхности испарения требуется дегазация технологического аппарата путем его вентиляции.

Третья группа современных инновационных способов обеспечения ПВБ огневых работ основана на снижении концентрации окислителя в газовом пространстве и не требует предварительной очистки технологического аппарата [6].

Условиями пожаровзрывобезопасности этого метода являются:

- а) снижение концентрации кислорода при использовании инертных флегматизаторов (азот мембранного разделения, гранулированный диоксид углерода или их комбинация) до значения менее минимального взрывоопасного

содержания кислорода (МВСК) $\varphi_{\text{МВСК}}$ с учетом коэффициента безопасности $K_{\text{б.к}}$:

$$\varphi_{\text{без.к}} \leq \varphi_{\text{МВСК}} / K_{\text{б.к}}, \quad (7)$$

где $\varphi_{\text{без.к}}$ — безопасная концентрация кислорода в газовом пространстве трубопровода;

- б) поддержание безопасной концентрации ингибитора (смеси ингибитора и инертного газа) $\varphi_{\text{без.ф}}$ выше минимальной флегматизирующей концентрации флегматизатора $\varphi_{\text{ф}}$ с учетом коэффициента безопасности $K_{\text{б.ф}}$:

$$\varphi_{\text{без.ф}} \geq \varphi_{\text{ф}} K_{\text{б.ф}}, \quad (8)$$

- в) поддержание избыточного содержания паров углеводородов (природного или нефтяного газа) выше верхнего концентрационного предела распространения пламени (ВКПР) $\varphi_{\text{в}}$ с учетом коэффициента безопасности $K_{\text{б.в}}$:

$$\varphi_{\text{без.г}} \geq \varphi_{\text{в}} K_{\text{б.в}}, \quad (9)$$

Применение на практике современных способов обеспечения ПВБ сдерживается отсутствием научно обоснованных данных о коэффициентах безопасности. Так, в ГОСТ 12.1.044–89 (ИСО 4589–84) изложены требования к определению коэффициента безопасности с учетом ошибки расчета или эксперимента по определению показателя пожаровзрывоопасности. Однако такой подход не учитывает неравномерность распределения концентраций в газовом пространстве резервуара и погрешность газового анализа в процессе контроля уровня безопасности. Для определения коэффициентов безопасности $K_{\text{б.н}}$, $K_{\text{б.в}}$, $K_{\text{б.ф}}$, $K_{\text{б.м}}$ требуется проведение комплекса экспериментально-теоретических исследований [7].

Актуальность разработки понятия предельно допустимой пожарной нагрузки и методик ее количественной оценки обуславливается сложностью обеспечения абсолютной чистоты очистки места аварии, а также необходимостью механизации процесса очистки и ликвидации ручного труда во вредных условиях.

При определении ПДПН анализируются следующие условия пожарной безопасности:

- 1) допускается возможность локального горения на определенной площади в течение времени, при котором отсутствует воздействие опасных факторов пожара на людей с нормированной вероятностью и не наносится повреждение технологическому аппарату;
- 2) исключается возможность возникновения и распространения горения по поверхности горючих остатков.

Расчеты по методике, разработанной для замкнутых помещений Ю. А. Кошмаровым, И. Д. Гусько и В. Г. Лимоновым, а также исследования зарубеж-

ных авторов [8, 9] подтвердили возможность образования вакуума на стадии затухания горения.

Исходя из анализа результатов исследований можно сделать вывод, что при кратковременном горении внутри технологического оборудования создаются условия затухания и образуется вакуум порядка 200 кПа, что, в свою очередь, может привести к повреждению технологических аппаратов. В связи с этим при обосновании ПДПН целесообразно исходить из принципа исключения возможности возникновения и распространения горения по поверхности горючих органических остатков.

В качестве критерия оценки готовности резервуара к огненным работам принимают невоспламеняемую толщину слоя технологических органических остатков. Для определения его толщины применяют специальные приборы — толщиномеры, а при их отсутствии — весовой метод. Весовой метод позволяет путем взвешивания органических остатков определить толщину остаточного слоя, что предусматривает удаление с определенной площади поверхности (соскабливанием, протиркой) слоя углеводородных остатков с последующим взвешиванием их на весах.

Значение безопасной концентрации углеводородов следует принимать исходя из особенностей проведения работ. При работе в противогазе или снаружи технологического аппарата в качестве безопасного значения концентрации углеводородов можно принимать предельно допустимую взрывоопасную концентрацию.

В случае отсутствия надежных средств защиты органов дыхания за безопасную концентрацию следует принимать предельно допустимую концентрацию (ПДК) в соответствии с санитарными нормами.

Методика оценки пожарной безопасности регламентных и ремонтных огневых работ включает аналитический расчет ПДПН, определение остаточной пожарной нагрузки (ОПН), контрольный газовый анализ внутри технологического аппарата, сравнение результатов определения ОПН с ПДПН и газового анализа с ПДВК.

Система обеспечения пожарной безопасности (СОПБ) в соответствии с требованиями Технического регламента [1] должна состоять из трех подсистем: предотвращения пожара (ССП), противопожарной защиты (СПЗ) и организационно-технических мероприятий (ОТМ).

Предотвратив образование горючей среды в газовом пространстве технологического оборудования и (или) источника зажигания, можно избежать пожара. Источниками зажигания при строительстве и эксплуатации, а также при ликвидации аварий и ремонте технологических объектов могут быть: искры удара при монтаже и работе вентиляционно-

го оборудования; самовозгорание пирофорных соединений; разряды статического электричества при пропарке, мойке и других операциях; тепловое проявление электрической энергии при работе электронасосов, компрессоров, вентиляторов, используемых при очистке трубопроводов; искры, образующиеся при работе двигателей внутреннего сгорания; атмосферное электричество.

Для оценки уровня ПВБ разрабатываемых технологий необходимо знать вероятность (надежность) предотвращения источника зажигания $P_{и.з}$ и невоспламенения горючей смеси $P_{г.с}$.

Вероятность существования источника зажигания можно определить исходя из нормативной вероятности предотвращения пожара $P_б$ и невоспламенения горючей смеси $P_{г.с}$ по формуле

$$P_{и.з} \geq 1 - \frac{1 - P_б}{1 - P_{г.с}}. \quad (10)$$

Вероятность предотвращения образования горючей смеси (невоспламенения) в период ликвидации аварий или предремонтной подготовки технологического аппарата определяется по формуле

$$P_{г.с} \geq 1 - \frac{K_б}{\tau_{об}} \sum_1^m \tau_i, \quad (11)$$

где $\tau_{об}$ — общее время технологических операций по предремонтной подготовке;

m — количество операций;

τ_i — продолжительность существования горючей смеси при i -й операции.

Вероятность предотвращения пожара $P_{п.п}$ в данном случае можно определить по формуле

$$P_{п.п} \geq P_{г.с} \left(1 - \frac{n_0 Q_B^H K_p}{N} \right), \quad (12)$$

где n_0 — число рабочих, подвергшихся воздействию ОФП;

Q_B^H — нормативная вероятность воздействия ОФП (согласно [1] допустимо принимать равной 10^{-6} или после соответствующего обоснования — 10^{-4});

K_p — количество объектов, обслуживаемых в год одной бригадой;

N — число технического персонала в бригаде.

Коэффициенты безопасности могут быть определены исходя из максимальных флуктуаций концентрации (снижение или увеличение концентраций в ходе проведения технологических операций), неравномерности распределения концентраций паров (газов) углеводородов (кислорода или флегматизатора) в газовом пространстве, погрешности газового анализа и точности определения показателя

пожарной опасности. Погрешность газового анализа определяется по паспортным данным газоанализаторов и с учетом точности их градуировки.

Для определения коэффициентов безопасности необходимы экспериментальные исследования закономерностей распределения концентраций в газовом пространстве технологического аппарата при проведении операций по предремонтной подготовке технологического объекта.

Методика оценки уровня ПВБ включает в себя: расчет длительности взрывоопасного периода каждой стадии технологии ликвидации аварии или предремонтной подготовки; оценку суммарного времени

ликвидации аварии или предремонтной подготовки; определение вероятности предотвращения образования горючей среды и источника зажигания; оценку численности аварийной бригады и частоты проведения технологических операций; расчет вероятности предотвращения пожара.

Практическое использование должно базироваться на анализе величин пожарных рисков с учетом требований интенсификации производства, экологической безопасности и детального экспериментального исследования пожаровзрывобезопасности основных технологических операций на стадии эксплуатации [3, 10–13].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм.) : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (с изм., приказ МЧС РФ от 14.12.2010 № 649). — М. : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
3. *Брушлинский Н. Н., Соколов С. В., Клепко Е. А., Белов В. А., Иванова О. В., Попков С. Ю.* Основы теории пожарных рисков и ее приложение : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. — 192 с.
4. *Горячев С. А., Молчанов С. В., Назаров В. П., Панасевич Л. Т., Петров А. П., Рубцов В. В., Швырков С. А.* Пожарная безопасность технологических процессов. Ч. 2. Анализ пожарной опасности и защиты технологического оборудования : учебник / Под общ. ред. В. П. Назарова, В. В. Рубцова. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2007. — 221 с.
5. Пат. 2518970 Российская Федерация. МПК В08В 9/08 (2006.01). Способ дегазации вертикальных цилиндрических резервуаров перед ремонтными работами / Киршев А. А., Назаров В. П., Коротовских Я. В. — № 2012145959/05; заявл. 29.10.2012; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16.
6. *Корнилов А. А., Бородин А. А., Зыков П. И.* Экспериментальная оценка влияния режима подачи инертного газа на процесс флегматизации горизонтальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов // Техносферная безопасность. — 2014. — № 4(5). — С. 29–33.
7. *Назаров В. П., Гилетич А. Н., Коротовских Я. В.* Оценка исходных данных для прогнозирования опасности воспламенения и горения углеводородной пленки на поверхности воды // Технология техносферной безопасности : интернет журнал. — Август 2012. — Вып. 4(44). URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 19.08.2016).
8. *Кошмаров Ю. А.* Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. — М. : Академия ГПС МВД РФ, 2000. — 118 с.
9. *Пузач С. В.* Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности. — М. : Академия ГПС МЧС РФ, 2005. — 336 с.
10. *Гудин С. В., Хабибуллин Р. Ш., Рубцов Д. Н.* Проблемы управления пожарными рисками на территории объектов нефтепереработки с использованием современных программных продуктов // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 12. — С. 40–45. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.40-45.
11. *Vianello C., Maschio G.* Quantitative risk assessment of the Italian gas distribution network // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2014. — Vol. 32. — P. 5–17. DOI: 10.1016/j.jlp.2014.07.004.
12. *Dey P. K.* Decision supports system for inspection and maintenance: a case study of oil pipelines // IEEE Transactions on Engineering Management. — 2004. — Vol. 51, No. 1. — P. 47–56. DOI: 10.1109/tem.2003.822464.
13. *Tanaka T., Yamada S.* BRI2002: Two layer zone smoke transport model — Chapter 1. Outline of the model // Fire Science and Technology. — 2004. — Vol. 23, No. 1. — P. 1–44. DOI: 10.3210/fst.23.1.

Материал поступил в редакцию 29 августа 2016 г.

Для цитирования: Назаров В. П., Коротовских Я. В., Швырков С. А., Петров А. П. Основы обеспечения пожаровзрывобезопасности современных инновационных способов предремонтной подготовки технологического оборудования // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 10. — С. 41–47. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.41-47.

BASIS FOR ENSURING FIRE AND EXPLOSION SAFETY BY MODERN INNOVATIVE METHODS OF PRE-PREPARATION PROCESS EQUIPMENT

NAZAROV V. P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: npbtp@bk.ru)

KOROTOVSKIKH Ya. V., Senior Lecturer of Management and Economic Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: miw4@yandex.ru)

SHVYRKOV S. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Fire Safety of Technological Processes, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: pbtp@mail.ru)

PETROV A. P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Fire Safety of Technological Processes, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: setyn@list.ru)

ABSTRACT

On the basis of statistical data of fires there are formulated causes of fires on process equipment during fire operations. A classification of the ways of ensuring fire pre-preparation process equipment is proposed. Classification of methods of fire safety based on the principle of breaking ties mnemonic combustion triangle, three sides of which are: oxidizer, fuel and an ignition source. Analysis of the results of modern research allows to classify the ways of ensuring fire and explosion safety in emergency response, emergency situations and carrying out the repair works on technological equipment in the following groups (methods):

- 1) reduce the concentration of vapor (gas) of hydrocarbons;
- 2) prevent of contact of the ignition of explosive concentrations of vapor (gas) of hydrocarbons;
- 3) phlegmatization and inhibition of the gas space of the process equipment.

There are formulated the conditions for ensuring fire and explosion safety of modern technology pre-training. Methodological approach of determining safety factors in predicting risk is proposed. Safety factors can be determined based on the maximum concentration fluctuation (decrease or increase of concentrations during process operations), the uneven distribution of the vapour (gas) hydrocarbons (oxygen or deterrent) in the gas space, the error of the gas analysis and the precision of measurement of fire danger.

In developing the criteria the maximum allowable fire load following fire safety conditions analyses:

- 1) it's allowed the possibility of local burning in a certain area over time, not creating the impact of dangerous fire factors on people with a normalized probability of not causing damage to the process vessel;
- 2) the possibility of the emergence and spread of burning on the surface of combustible residues is eliminated.

It's developed a method for evaluation of fire and explosion fire maintenance and repair works on technological equipment. The methods of assessing the fire and explosion safety includes: calculating the duration of the explosive period of each stage of the technologies of liquidation of the accident or pre-training; the evaluation of the total time the technologies of liquidation of the accident or pre-training; definition of probability of prevention of combustible environment and a source of ignition; evaluation of the number of emergency crews and the frequency of technological operations; calculation of the probability of prevention of fire.

Keywords: pre-training; fire work; fire and explosion safety; permissible fire load; safety coefficients; phlegmatization; isolation of ignition sources.

REFERENCES

1. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123. *Sobraniye zakonodatelstva RF (Collection of Laws of the Russian Federation)*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).
2. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects*. Order of Emercom of Russia on 10.07.2009 No. 404 (rev., order on 14.12.2010 No. 649). Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2009 (in Russian).
3. Brushlinskiy N. N., Sokolov S. V., Klepko Ye. A., Belov V. A., Ivanova O. V., Popkov S. Yu. *Fundamentals of the theory of fire risk and its application. Monograph*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2012. 192 p. (in Russian).
4. Goryachev S. A., Molchanov S. V., Nazarov V. P., Panasevich L. T., Petrov A. P., Rubtsov V. V., Shvyrkov S. A. *Fire safety of technological processes. Part 2. Fire hazard analysis and protection of technological equipment*. Textbook. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2007. 221 p. (in Russian).
5. Kirshev A. A., Nazarov V. P., Korotovskikh Ya. V. *Method for degassing of vertical cylindrical vessels before repair*. Patent RU, no. 2518970, publ. date 10.06.2014 (in Russian).
6. Kornilov A. A., Borodin A. A., Zykov P. I. Experimental evaluation of the effect of mode inert gas process phlegmatizing horizontal tanks for petroleum and petroleum products. *Tekhnosfernaya bezopasnost (Technosphere Safety)*, 2014, no. 4(5), pp. 29–33 (in Russian).
7. Nazarov V. P., Giletich A. N., Korotovskikh Ya. V. Estimation of the source data for forecasting risk of ignition and combustion of hydrocarbon films on the surface waters. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, August 2012, issue 4(44) (in Russian). Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb> (Accessed 19 August 2016).
8. Koshmarov Yu. A. *Forecasting of dangerous factors of fire in the premises*. Moscow, State Fire Academy of Ministry of the Interior of Russian Federation Publ., 2000. 118 p. (in Russian).
9. Puzach S. V. *Methods of calculation of heat and mass transfer during fire indoors and their application in solving practical problems of fire and explosion*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2005. 336 p. (in Russian).
10. Gudim S. V., Khabibulin R. Sh., Rubtsov D. N. Problems of decision making in the fire risks management at the territories of oil processing facilities using modern software products. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 12, pp. 40–45 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.40-45.
11. Vianello C., Maschio G. Quantitative risk assessment of the Italian gas distribution network. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2014, vol. 32, pp. 5–17. DOI: 10.1016/j.jlp.2014.07.004.
12. Dey P. K. Decision supports system for inspection and maintenance: a case study of oil pipelines. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2004, vol. 51, no. 1, pp. 47–56. DOI: 10.1109/tem.2003.822464.
13. Tanaka T., Yamada S. BRI2002: Two layer zone smoke transport model — Chapter 1. Outline of the model. *Fire Science and Technology*, 2004, vol. 23, no. 1, pp. 1–44. DOI: 10.3210/fst.23.1.

For citation: Nazarov V. P., Korotovskikh Ya. V., Shvyrkov S. A., Petrov A. P. Basis for ensuring fire and explosion safety by modern innovative methods of pre-preparation process equipment. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 10, pp. 41–47. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.41-47.

Д. А. ЧЕРЕПАНОВ, аспирант кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: supfear@yandex.ru)

А. С. ЕРМАКОВ, канд. техн. наук, доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: tkei2011@yandex.ru)

УДК 614.854

СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТУРИСТСКИХ ПАЛАТОК В КЕМПИНГЕ

Рассмотрены требования к туристским палаткам по пожарной безопасности в отношении их исполнения, обеспечения эффективной эвакуации обитающих в них людей и работы пожарных, а также по нормативам их размещения, установки в палаточных лагерях в России и за рубежом. Проведено исследование различных палаточных материалов по разным показателям, характеризующим их пожарную безопасность: огнестойкости, дымовыделению, теплопередаче и др. Установлено особое влияние на огнестойкость палаточных материалов нанесения на их поверхность огнезащитной пропитки, светоотражающих и светящихся покрытий. Предложено учитывать при нанесении светоотражающих или светящихся красок применение связующих составов. Показано, что нанесение покрытий из особых (светящихся, светоотражательных) материалов на конструктивные элементы туристской палатки позволяет туристу легко ориентироваться как в палатке, так и вне ее в темное время суток. Установлено, что предложенные способы обеспечения пожарной безопасности туристских палаток в кемпинге дают возможность снизить пожарный риск от возгорания палаток, сократить время на эвакуацию из палаток, исключить наезд на палатку транспортных средств в темное время суток.

Ключевые слова: пожарная безопасность; караванинг; кемпинг; туристская палатка; огнестойкость.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.48-58

Введение

В Российской Федерации отдых автотуристов на природе традиционно предполагает использование в качестве основного средства их размещения туристских палаток [1, 2]. В кемпингах туристские палатки располагаются в ограниченном пространстве, на отдельных площадках [3–7] или рядом со стоянкой автомобиля туриста [8, 9]. Потребитель к палатке предъявляет требования по комфорту, удобству, малому весу, компактности в собранном виде и защите от непогоды (прежде всего ее водонепроницаемости) ([10], ГОСТ 28917–91). В европейском стандарте [11] по палаткам для кемпингов основными требованиями являются обеспечение их прочности (устойчивость к ветровым нагрузкам) и особенности, связанные с местами расположения застегивки. Данное требование относится к тентам и навесам для автофургонов и автодомов в кемпинге. Однако, как показали исследования [2–4, 12–17], наиболее важным элементом безопасности при использовании палаток в кемпингах в случае угрозы пожаров является их пожарная безопасность.

Ежегодно в России [18] и за рубежом в кемпингах нередко возникают пожары, которые приводят порой к человеческим жертвам [13]. Наибольшая из известных трагедий произошла в кемпинге в 1978 г. в Испании, приведшая к гибели 210 чел. В 2015 г. в России зарегистрировано около 248 пожаров в сооружениях временного проживания (к которым относятся и кемпинги с туристскими палатками и личным автотранспортом туристов) с прямым ущербом около 296 млн. руб., около 20 тыс. пожаров транспортных средств с общим ущербом более 2 млрд. руб. Наличие открытого огня (костер, барбекю и др.) в кемпинге часто служит причиной пожара, который может распространиться за пределы его территории и привести к травяному или лесному пожару в районе отдыха автотуристов (особенно при “диком” кемпинге). Около 60 % лесных пожаров в Испании происходят из-за неосторожного обращения человека с огнем. Туристская палатка [13] менее других объектов размещения защищена от возгорания от горящей травы, упавшей головешки из костра или крупной искры. Это особенно опасно в ночное время, в пере-

полненном или не обустроенном для эвакуации кемпинге, что может привести к гибели и травматизму людей, а также к нанесению тяжелого ущерба не только личному имуществу, но и окружающей среде. Исследований, посвященных пожарной безопасности таких сооружений, как туристская палатка, недостаточно для определения безопасных условий их использования в кемпинге [5, 6, 16, 17, 19–21].

Общие сведения о конструкции палаток и требования пожарной безопасности к ним

Существующие разновидности туристских палаток (ГОСТ 28917–91) имеют общие конструктивные признаки — сборно-разборную конструкцию; наличие материала, покрывающего размещаемое пространство; дуги, формирующие объем палатки; растяжки для придания устойчивости конструкции и поверхностного натяжения полотна (рис. 1).

Для изготовления туристских палаток применяют следующие материалы:

- для покрытия наружной поверхности и чехла — ткани с водоотталкивающим покрытием, хлопковые, синтетические (полиамидные или полиэстеровые) или смешанные;
- для внутреннего покрытия спального помещения — ткани воздухопроницаемые; для пола — ткани хлопковые, синтетические или смешанные с водоотталкивающей отделкой и с пленочным покрытием;
- для вентиляционных отверстий, окон и входных полотнищ — сетчатые синтетические ткани или прозрачные пленки;
- для растяжек — хлопковые и синтетические шнуры и жгуты;
- для каркаса, стоек, кольшкков, натяжных устройств и др. — легкие металлические или пластиковые материалы.

Пожарная безопасность палатки определяется в основном ее материалами и конструктивными решениями. В стандарте ИСО 7152:1997 “Палатки ту-

ристические и навесы для жилых прицепов. Словарь и перечень эквивалентных терминов” [20] противопожарные требования по туристским палаткам сведены к выполнению противопожарных мер, а именно к установке внутри палатки средств для приготовления пищи и обогрева, запрету игр детей вблизи осветительных приборов и загромождения выхода из палатки. Для выхода из палатки предусмотрено применение молнии-застежки с бегунком.

Методы исследования

Для определения рациональных способов обеспечения пожарной безопасности туристских палаток в кемпинге решено было провести исследования их конструктивных элементов и способов защиты палаток и находящихся в них туристов при пожаре.

В настоящей работе исследованы материалы на воспламеняемость, дымообразующую способность, токсичность [22, 23] и пропускание теплового потока (для наружных тканей и шпагатов для растяжек к палаткам).

Экспериментальные исследования проводились с применением стандартных методик испытаний, обработка результатов испытаний — методами математической статистики и математического планирования эксперимента.

Определение воспламеняемости тканей осуществлялось по ГОСТ Р 50810–95. Для испытаний изготавливали образцы размером 220×170 мм двух видов — по направлению основы (по длине) и по направлению утка (по ширине). Перед испытаниями образцы кондиционировали, подвергали погружению в воду и испытанию до гидролиза и после него. Затем образцы отжимали и высушивали при температуре 70 °С в течение 6 ч. Часть образцов для проведения испытаний обрабатывали антипиренами.

Для испытаний тканей на воспламеняемость была применена испытательная установка, представленная на рис. 2.

Перед началом испытаний на основании установки под образцом ткани укладывали слой хлопковой ваты толщиной 10 мм, которую кондиционировали вместе с образцами. Перед испытаниями газовую горелку прогревали в течение 2 мин. Установка горелки представлена на рис. 2,а.

При проведении испытаний образец ткани закрепляли на рамке. Время воздействия пламени на образец составляло 4 с. В случае отсутствия устойчивого горения образца ткани увеличивали время воздействия пламени до 15 с или изменяли положение горелки, устанавливая ее под углом 60° к горизонтальной поверхности (см. рис. 2,б).

В ходе проведения испытаний образцов устанавливали: время остаточного горения, наличие про-

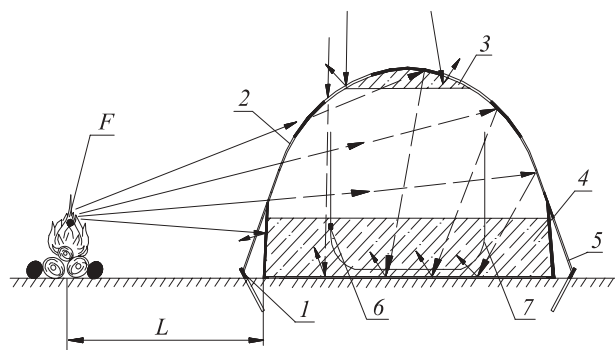


Рис. 1. Общий вид туристской палатки: 1 — кольшкки; 2 — каркас; 3 — натяжное полотно; 4 — светоотражающее покрытие; 5 — растяжки; 6 — бегунок; 7 — молния-застежка



Рис. 2. Схема установки газовой горелки (а) и ее положение в процессе испытаний тканей на воспламеняемость — прямое (б) и с наклоном 60° (в): 1 — рамка; 2 — газовая горелка

бежки пламени по поверхности образца, наличие загорания или тления хлопковой ваты от падающих частей или горящих капель испытуемого образца, а по окончании испытаний — длину обугленного участка.

Данные образцы ткани подвергали испытаниям на определение группы токсичности и дымообразующей способности по методам ГОСТ 12.01.044–89 (соответственно пп. 4.20 и 4.18).

Вид установок для испытания на дымообразующую способность и токсичность представлен на рис. 3.

Для определения коэффициента дымообразования тканей были подготовлены их образцы размером 40×40 мм из тех же материалов, что и при испытаниях на воспламеняемость. Проверку режимов работы установки для определения дымообразующей способности (см. рис. 3,а) проводили с помощью стандартного образца, описание которого приведено в прил. 9 ГОСТ 12.01.044–89. При этом значения коэффициента дымообразования D_m (м²/кг) должны находиться в пределах: при режиме тления $D_m = (360 \pm 20)$ м²/кг, при режиме горения $D_m = (120 \pm 8)$ м²/кг.



Рис. 3. Общий вид установок по определению коэффициента дымообразования (а) и токсичности (б)

Испытания образцов ткани проводили в двух режимах — тления и горения с использованием газовой горелки. Электропитание установки поддерживалось в режиме, при котором плотность теплового потока, падающего на образец, составляла 35 кВт/м^2 . С помощью теплоприемника типа Гордона контролировали с погрешностью не более 8 % плотность падающего теплового потока. Исходное значение светопропускания, принимаемое за 100 %, устанавливалось соответствующим верхнему пределу измерений регистрирующего прибора. Образец ткани для проведения испытаний помещали в лодочку установки, которую затем устанавливали в камеру сгорания. При достижении минимального значения светопропускания испытания прекращали. При испытаниях в режиме тления не допускалось самовоспламенения образцов тканей.

Для определения *токсичности* готовили по пять образцов тканей длиной (320 ± 2) мм и шириной (140 ± 2) мм, которые кондиционировали в лабораторных условиях не менее 48 ч. Перед радиационной панелью устанавливали в рабочее положение держатель образца ткани с закрепленной асбоцементной плитой, в первом контрольном отверстии которой находился датчик теплового потока. При нагреве радиационной панели в первой контрольной точке достигалась плотность теплового потока в стационарном режиме $(32 \pm 3) \text{ кВт/м}^2$. Переустанавливая датчик теплового потока поочередно в следующие контрольные отверстия асбоцементной плиты, измеряли вдоль поверхности образца профиль падающего теплового потока. Во второй и третьей контрольных точках он должен быть равен соответственно (20 ± 3) и $(12,0 \pm 1,5) \text{ кВт/м}^2$. По окончании замеров уровней тепловых потоков датчик снимали и приступали к определению теплового коэффициента установки β . По результатам данных испытаний определяли следующие параметры: время от начала испытания до момента прохождения фронтом пламени нулевой отметки τ_0 (с); время прохождения фронтом пламени i -го участка поверхности образца ($i = 1, 2, \dots, 9$) τ_i (с); расстояние, на которое распространился фронт пламени, l (мм); максимальную температуру дымовых газов t_{max} ($^{\circ}\text{C}$); время от начала испытания до достижения максимальной температуры τ_{max} (с).

Определение *воспламеняемости растяжек* проводили по разработанной методике с использованием положений ГОСТ Р 50810–95 на установке, представленной на рис. 2. Образец растяжки закрепляли на рамке с помощью прищепок за нижние шпильки. Горелку устанавливали под углом 60° к горизонтали таким образом, чтобы пламя находилось на расстоянии не более 5 мм от испытуемого образца. Образец растяжки подвергали воздействию пламени

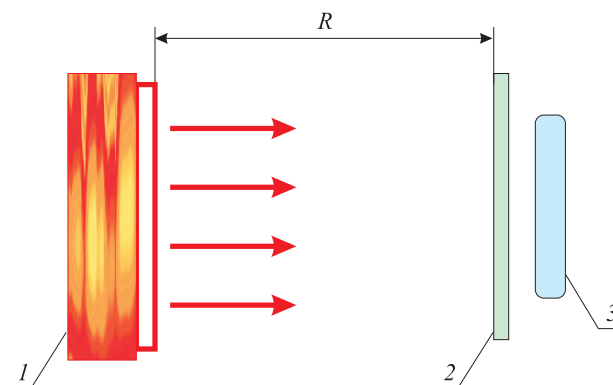


Рис. 4. Схема установки для определения плотности теплового потока, проходящего через образцы ткани: 1 — источник излучения; 2 — образец; 3 — датчик

до момента ее обрыва. При проведении испытаний регистрировали: время обрыва растяжки, время самостоятельного горения, наличие загорания или тления хлопковой ваты от падающих частей или горящих капель испытуемого образца. После проведения испытаний измеряли остаточную длину образца.

Оценку *влияния состава покрытия ткани на плотность теплового потока*, проходящего через него, проводили с применением установки, представленной на рис. 4.

При испытаниях фиксировали расстояние R от источника теплового излучения (нагревательного элемента) до образца, а датчиком — плотность теплового потока, проходящего через ткань.

Исходный материал для проведения испытаний и анализ результатов

Для испытаний тканей на воспламеняемость, дымообразующую способность и токсичность были взяты два вида тканей:

1) водоотталкивающая тентовая, палаточная, сумочная ткань Oxford 600D PU2000: состав по лицевой стороне — 100 % полиэстер, плетеная фактурная ткань; по изнаночной части — полиуретан водостойкостью 2000. Поверхностная плотность $220\text{--}240 \text{ г/м}^2$; ширина полотна (150 ± 2) см;

2) полотно палаточное: состав — 100 % хлопок (хлопковая ткань), поверхностная плотность 250 г/м^2 ; ширина полотна 160 см (Россия).

Для испытаний были взяты оба варианта тканей в двух исполнениях — стандартном и с обработкой антипиренами.

Классификационные испытания проводили на пяти образцах в направлении основы (по длине) и на пяти образцах в направлении утка (по ширине) при тех же условиях, что и при испытаниях на воспламеняемость. Вид образцов тканей до и после испытаний представлен на рис. 5 и 6.



Рис. 5. Вид образцов тканей перед испытаниями: *a* — хлопковая ткань, обработанная антипиренами; *б* — полиэстер; *в* — хлопковая ткань без обработки

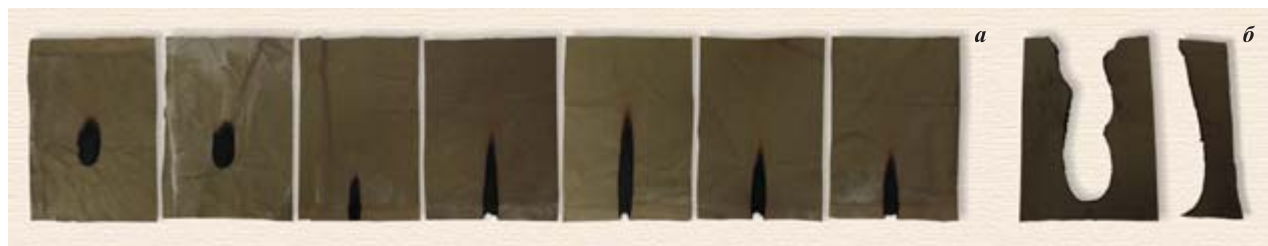


Рис. 6. Вид образцов тканей после испытаний: *a* — хлопковая ткань, обработанная огнестойкой пропиткой; *б* — хлопковая ткань без обработки

По завершении испытаний образцов палаточных тканей на воспламеняемость были получены результаты, которые приведены на рис. 7–9.

Из представленных на рис. 7–9 данных видно, что направление по утку или по основе несущественно влияет на воспламеняемость как для хлопковых тканей, так и для полиэстера. Результаты эксперимента показали также более быстрое (на 2 с) воспламенение полиэстеровой ткани с поверхностной плотностью 230 г/м^2 в сравнении с хлопковой тканью с поверхностной плотностью 250 г/м^2 . Время самостоятельного горения для хлопковой ткани оказалось также выше, чем для полиэстеровой, более чем в 2 раза.

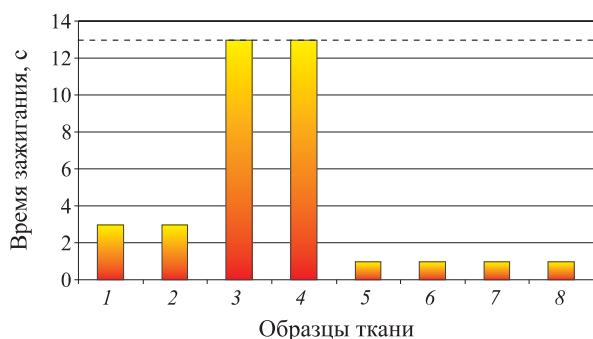


Рис. 7. Время зажигания образцов ткани (время зажигания образцов хлопковых тканей с обработкой антипиренами не установлено): 1 — хлопковая ткань по основе без обработки; 2 — хлопковая ткань по утку без обработки; 3 — хлопковая ткань по основе с обработкой; 4 — хлопковая ткань по утку с обработкой; 5 — полиэстер по основе без обработки; 6 — полиэстер по утку без обработки; 7 — полиэстер по основе с обработкой; 8 — полиэстер по утку с обработкой

Применение пропитки на палаточных хлопковых тканях дало положительные результаты: воспламенения материала не наблюдалось, а лишь обуглились его края. Для полиэстеровой ткани применение огнезащитной пропитки привело к увеличению времени зажигания более чем в 2 раза — с 25 до 50 с.

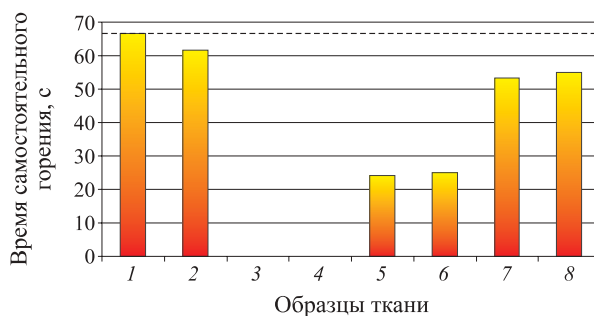


Рис. 8. Время самостоятельного горения образцов ткани (горения образцов хлопковых тканей с обработкой антипиренами не происходило) (обозначения см. на рис. 7)

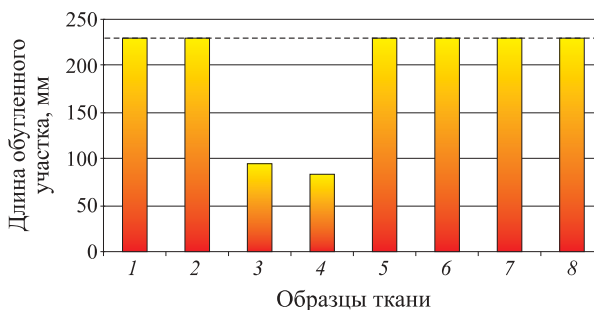


Рис. 9. Результаты испытаний по определению длины обугленного участка образцов ткани (обозначения см. на рис. 7)

При обработке результатов эксперимента по определению дымообразующей способности ткани коэффициент дымообразования D_m вычисляли по формуле

$$D_m = \frac{V}{Lm} \ln \frac{T_0}{T_{\min}}, \quad (1)$$

где V — вместимость камеры измерения, м^3 ;
 L — длина пути луча света в задымленной среде, м;
 m — масса образца, кг;
 T_0, T_{\min} — начальное и конечное значения светопропускания, %.

Коэффициент дымообразования D_m по каждому режиму испытаний определяли как среднееарифметическое по результатам пяти испытаний. При этом принимали большее из значений коэффициента дымообразования, вычисленных для двух режимов испытания. Сходимость и воспроизводимость метода при доверительной вероятности 95 % не превышали 15 %. После испытаний и обработки их данных были получены результаты, представленные на рис. 10.

Из результатов эксперимента (см. рис. 10) наглядно видно существенное уменьшение дымообразующей способности для образцов хлопковой ткани, обработанной огнестойкой пропиткой, а для синтетических материалов наблюдался обратный эффект — увеличение дымообразующей способности при применении пропитки.

В результате экспериментальных исследований по дымообразующей способности получен коэффициент дымообразования D_m , который оказался минимальным для хлопковой ткани с огнезащитной пропиткой (от 38 до $64 \text{ м}^2/\text{кг}$) и максимальным для полиэстеровой ткани (от 1054 до $1248 \text{ м}^2/\text{кг}$). Его увеличение для полиэстеровой ткани объясняется химическим составом ее волокон.

При определении группы токсичности для образцов палаточных тканей использовали тепловой коэффициент β , который вычисляли по формуле

$$\beta = \frac{qQ}{t_1 - t_0}, \quad (2)$$

где q — удельная теплота сгорания газа, кДж/л ;
 Q — расход газа из запальной горелки, л/с .

После испытаний были получены результаты, представленные на рис. 11.

Испытания по определению коэффициента токсичности H_{CL50} палаточных тканей показали его увеличение после обработки огнестойкой пропиткой для полиэстеровой ткани с 69 до 100 мг/м^3 и его уменьшение для хлопковой ткани с 36 до 27 мг/м^3 .

Для проведения испытаний нитей (шпагата для растяжек) были взяты следующие образцы нитей: хлопок с добавлением полиэстера диаметром

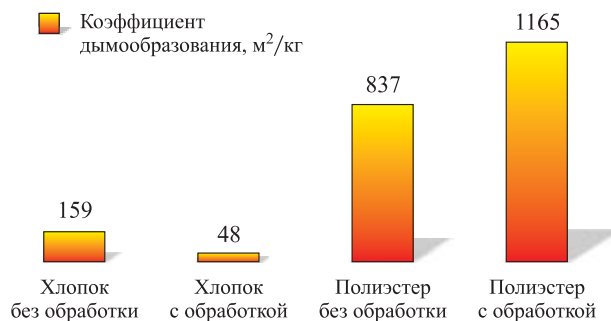


Рис. 10. Результаты испытаний образцов палаточных тканей на дымообразующую способность

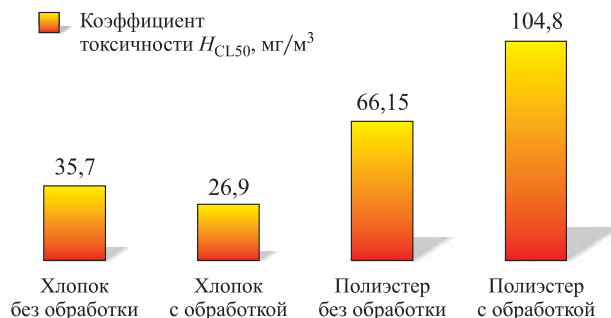


Рис. 11. Результаты испытаний образцов палаточных тканей на токсичность

$d = 2,5 \text{ мм}$; полиамидная, $d = 2 \text{ мм}$; сизалевая, $d = 2,8 \text{ мм}$; джутовая, $d = 3 \text{ мм}$. Испытывали образцы в трех вариантах исполнения: стандартные; с нанесенной на них светоотражающей краской; обработанные антипиренами, с нанесенной на них светоотражающей краской.

В ходе испытаний получены результаты, приведенные на рис. 12–14. На них представлены виды тканей для растяжек без обработки и с обработкой различными способами.

При испытаниях растяжек (нитей), используемых для крепления палатки, определяли время обрыва и самостоятельного горения после обрыва нитей (хлопок + полиэстер и полиамидная с нанесением светоотражающей краски и без нее). По результатам эксперимента установлено, что с нанесением светоотражающей краски увеличивается более чем 2 раза время самостоятельного горения для жгутов из хлопка с полиэстером с $d = 2,5 \text{ мм}$ и время обрыва нити полиамида с $d = 2 \text{ мм}$.

На рис. 15 приведены результаты эксперимента по пропусканию теплового потока тканью из хлопка без обработки и с нанесением на нее светоотражающей краски.

Из полученных данных видно влияние нанесения светоотражающей краски на палаточную ткань на плотность теплового потока. Так, по сравнению с тканью без светоотражающей краски наблюдалось его уменьшение для хлопковой ткани на расстоянии 200 мм от 3,01 до $2,54 \text{ кВт/м}^2$, а на расстоянии

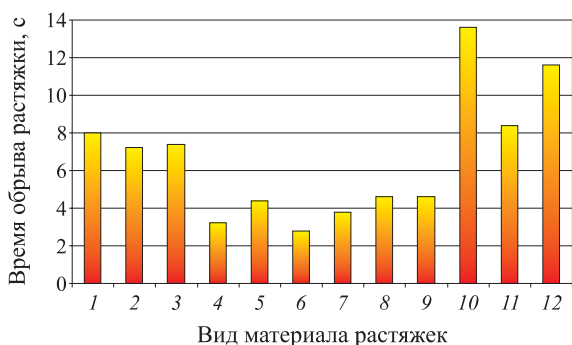


Рис. 12. Время обрыва растяжки из различных материалов без обработки и с их обработкой: 1 — хлопок + полиэстер; 2 — хлопок + полиэстер с нанесением краски; 3 — хлопок + полиэстер с нанесением краски и огнезащитной пропиткой; 4 — полиамид; 5 — полиамид с нанесением краски; 6 — полиамид с нанесением краски и огнезащитной пропиткой; 7 — сизалевая; 8 — сизалевая с нанесением краски; 9 — сизалевая с нанесением краски и огнезащитной пропиткой; 10 — джутовая; 11 — джутовая с нанесением краски; 12 — джутовая с нанесением краски и огнезащитной пропиткой

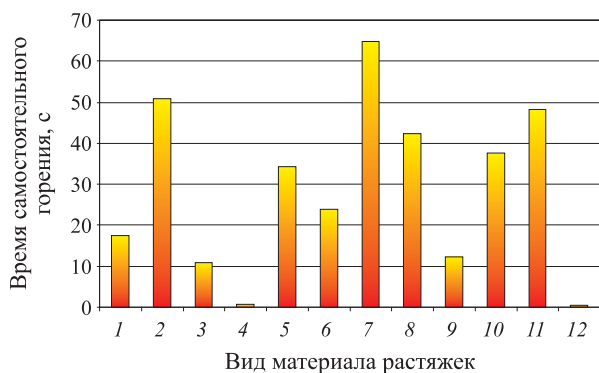


Рис. 13. Время самостоятельного горения после обрыва растяжки из различных материалов без обработки и с их обработкой (обозначения см. на рис. 12)

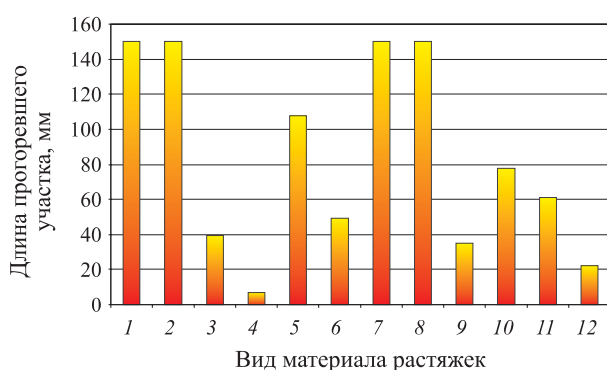


Рис. 14. Длина прогоревшего участка растяжки из различных материалов без обработки и с их обработкой (обозначения см. на рис. 12)

300 мм — от 1,21 до 1,15 кВт/м²; при нанесении светящегося пигмента снижение составляло на расстоянии 200 мм от 3,01 до 2,49 кВт/м², а на расстоянии 300 мм — от 1,21 до 1,09 кВт/м². Для ткани из полиэстера со светоотражающей краской плотность теп-

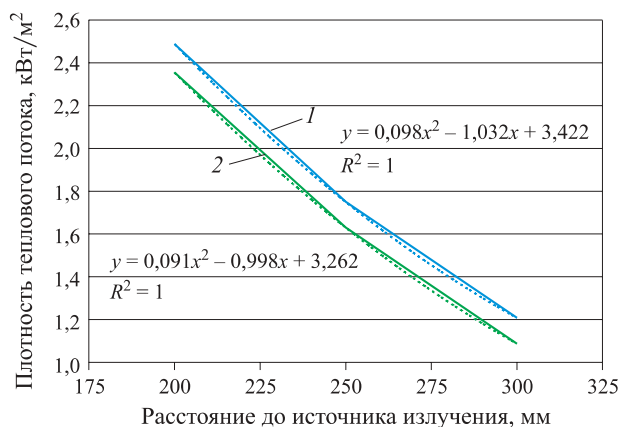


Рис. 15. Сравнительный анализ результатов эксперимента по пропусканию теплового потока хлопковой тканью (—) и полиэстером (---) с нанесенной на нее светоотражающей краской (1) и со светящимся покрытием (2)

лового потока уменьшалась на расстоянии 200 мм от 3,2 до 2,82 кВт/м², а на расстоянии 300 мм — от 1,27 до 1,22 кВт/м²; при нанесении светящегося пигмента его снижение составляло на расстоянии 200 мм от 3,2 до 2,47 кВт/м², а на расстоянии 300 мм — от 1,27 до 1,15 кВт/м².

Обсуждение результатов испытаний по повышению пожарной безопасности туристских палаток

Представленные результаты экспериментальных исследований палаточных материалов и растяжек туристских палаток показывают существенное влияние на их пожаробезопасность обработки огнестойкими пропитками и покрытия светящимися и светоотражающими красками. Обработка наружной поверхности палаточной ткани светящейся краской по контуру и светоотражающей краской ее нижней и верхней частей позволяет повысить не только пожаробезопасность, но и предотвратить перегрев палатки при попадании в ее внутренний объем прямых солнечных лучей или инфракрасного излучения от костра F (см. рис. 1), что создает комфортные условия для ее обитателей.

Для предотвращения возгорания палатки от костра он должен быть также удален от ее контура на расстояние L . Чтобы исключить возгорание не только палаточных тканей, но и ее растяжек и кольщиков, они должны быть обработаны светящимися красками и располагаться на расстоянии L от костра F (см. рис. 1). Расстояние L зависит от состояния погодных условий и ландшафта и должно исключать вероятность попадания искр на ткань и стяжки. В работе [24] рекомендуется палатки в детских лагерях устанавливать как минимум на расстоянии 9 м от общего костра.

Применение светоотражающей и светящейся красок для палаточной ткани позволяет:

- водителям автотранспорта в темное время суток различать палатки;
- туристам лучше ориентироваться в палаточном городке и при массовой эвакуации быстро находить пути эвакуации.

Уменьшению времени эвакуации в темное время суток способствует и нанесение светящейся краски на бегунок застежки-молнии. Это дает возможность туристу в ночное время быстро выбраться из палатки.

Принятое в нормативах противопожарное расстояние 1,5 м [25, 26] между палатками в кемпинге может гарантировать их пожарную безопасность. При применении светящихся красок противопожарное расстояние между крепежными элементами палаток может быть установлено равным 1,2 м, как это рекомендуется для караван-парков в Австралии [9].

Выводы

Разработанные способы обеспечения пожарной безопасности туристской палатки основаны на результатах испытаний палаточных тканей и растяжек палаток, которые выявили повышение их огнестойкости при обработке антипиренами.

На повышение пожарной безопасности и уменьшение травматизма влияет также обработка палаточных тканей и растяжек палаток светящимися и светоотражающими пигментами. Важным в обеспечении их огнестойкости является применение связующих элементов.

Нанесение светящейся краски на конструктивные элементы палатки улучшает ориентирование туристов в палаточной части кемпинга, а применение светящейся краски на молнии-застежке сокращает время эвакуации туриста в темное время суток.

Таким образом, обработка светоотражающей и светящейся красками и огнестойкой пропиткой палаточной ткани и растяжек в нижней части конструкции палатки повышает ее огнестойкость, а при возгорании снижает дымообразование и токсичность хлопковой ткани и в меньшей степени ткани из полиэстера. Покрытие из светящейся и светоотражающей красок позволяет уменьшить проникновение излучения от солнца и искусственных источников и создать комфортную среду, а также снижает вероятность воспламенения палатки от сфокусированного излучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахарчук Е. С., Ермаков А. С., Корнеев А. А. Дестинации самостоятельного туризма в Российской Федерации: разработка схемы развития сервисных зон на основе анализа транспортных потоков : монография. — М. : РГУТиС, 2014.
2. Сахарчук Е. С., Ермаков А. С., Корнеев А. А., Черепанов Д. А. Состояние и перспективы развития автотуризма в Российской Федерации : монография. — М. : РГУТиС, 2016.
3. Gomes G., Ward P., Lorenzo A., Hoffman K., Stapleton H. M. Characterizing flame retardant applications and potential human exposure in backpacking tents // *Environmental Science & Technology*. — 2016. — Vol. 50, No. 10. — P. 5338–5345. DOI: 10.1021/acs.est.6b00923.
4. Tolkach D., King B., Whitelaw P. A. Creating Australia's National Landscapes: Issues of collaborative destination management // *Journal of Destination Marketing & Management*. — June 2016. — Vol. 5, Issue 2. — P. 117–132. DOI: 10.1016/j.jdmm.2015.11.006.
5. McLennan J., Elliott G., Omodei M., Whittaker J. Householders' safety-related decisions, plans, actions and outcomes during the 7 February 2009 Victorian (Australia) wildfires // *Fire Safety Journal*. — October 2013. — Vol. 61. — P. 175–184. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.003.
6. Ronchi E., Uriz F. Nieto, Criel X., Reilly P. Modelling large-scale evacuation of music festivals // *Case Studies in Fire Safety*. — May 2016. — Vol. 5. — P. 11–19. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.12.002.
7. The quarries scout campsite. Fire Risk Assessment. Stratford Road, Cosgrove, Milton Keynes, MK19 7BD. URL: <http://www.thequarriescampsite.co.uk/sites/default/files/documents/Fire%20risk%20assessment%202015%20The%20Oswald%20Hamilton%20Centre.pdf> (дата обращения: 15.03.2016).
8. Caravan park emergency management plan template. URL: <http://www.ses.vic.gov.au/get-ready/caravan-park-information/resources/Caravan%20EMP%20-%20Template.pdf> (дата обращения: 15.03.2016).
9. Caravan Park Fire Safety. Guideline–2012. URL: http://www.cfa.vic.gov.au/fm_files/attachments/plan_and_prepare/caravan-park-fire-safety-guideline-print.pdf (дата обращения: 15.03.2016).
10. Александров Л. Комбриг. Выбор палатки. Все о туристических палатках. URL: <http://www.kombrig.net/snar-hilleberg-staika.htm#badscenario> (дата обращения: 15.03.2016).
11. BS EN ISO 5912:2005. Camping tents. — British Standards Institution Publ., 2004. — 32 p.
12. Ali Karouni, Bassam Daya, Samia Bahlak, Pierre Chauvet. A simplified mathematical model for fire spread predictions in wildland fires combining between the models of Anderson and Rothermel // *International Journal of Modeling and Optimization*. — June 2014. — Vol. 4, No. 3. — P. 192–200. DOI: 10.7763/IJMO.2014.V4.372.

13. Almeida M., Azinheira J. R., Barata J., Bousson K., Ervilha R., Martins M., Moutinho A., Pereira J. C., Pinto J. C., Ribeiro L. M., Silva J., Viegas D. X. Analysis of fire spread in camping park areas // *Advances in forest fire research*. — Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014. — P. 635–647. DOI: 10.14195/978-989-26-0884-6_72.
14. CFPA-E No. 20:2012 F. Fire safety in camping sites. URL: http://cfpa-e.eu/wp-content/uploads/files/guidelines/CFPA_E_Guideline_No_20_2012_F.pdf (дата обращения: 15.03.2016).
15. Willstrand O., Brandt J., Svensson R. Detection of fires in the toilet compartment and driver sleeping compartment of buses and coaches — Installation considerations based on full scale tests // *Case Studies in Fire Safety*. — May 2016. — Vol. 5. — P. 1–10. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.11.002.
16. Spearpoint M. J., Tohir M. Z. M., Abu A. K., Xie P. Fire load energy densities for risk-based design of car parking buildings // *Case Studies in Fire Safety*. — May 2015. — Vol. 3. — P. 44–50. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.04.001.
17. Okano Yasushi, Yamano Hidemasa. Forest fire propagation simulations for a risk assessment methodology development for a nuclear power plant // *Case Studies in Fire Safety*. — October 2015. — Vol. 4. — P. 1–10. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.05.001.
18. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году : статистический сборник / Под общ. ред. А. В. Матюшина. — М. : ВНИИПО, 2016. — 124 с.
19. Wahlqvist Jonathan, van Hees Patrick. Influence of the built environment on design fires // *Case Studies in Fire Safety*. — May 2016. — Vol. 5. — P. 20–33. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.12.001.
20. ИСО 7152:1997. Палатки туристические и навесы для жилых прицепов. Словарь и перечень эквивалентных терминов. — Введ. 13.02.1997. — 41 с. (in Russian). URL: www.iso.org/iso/ru/iso_catalogue_detail.htm?csnumber=13747 (дата обращения: 15.03.2016).
21. Методические рекомендации по обустройству автокемпингов и специализированных автостоянок на территории Краснодарского края : приказ Департамента комплексного развития курортов и туризма Краснодарского края от 16.03.2009 № 22. URL: <http://www.kurortkuban.ru> (дата обращения: 15.03.2016).
22. Корольченко А. Я. Процессы горения и взрыва. — М. : Пожнаука, 2007.
23. Корольченко Д. А., Корольченко А. Я. Основы пожарной безопасности предприятия : полный курс пожарно-технического минимума. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Пожнаука, 2011.
24. Campsite selection and setup. URL: <https://www.ctyankee.org/fs/page/001654/campsite-selection-handout02.pdf> (дата обращения: 15.03.2016).
25. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (ред. от 06.03.2015) : постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390; введ. 01.09.2012 // *Собр. законодательства РФ*. — 07.05.2012. — № 19, ст. 2415.
26. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изм. от 23.06.2014) // *Собр. законодательства РФ*. — 2008. — № 30 (ч. I), ст. 3579.

Материал поступил в редакцию 29 июля 2016 г.

Для цитирования: Черепанов Д. А., Ермаков А. С. Способы обеспечения пожарной безопасности туристских палаток в кемпинге // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2016. — Т. 25, № 10. — С. 48–58. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.48-58.

WAYS TO ENSURE FIRE SAFETY OF CAMPING TENTS

CHEREPANOV D. A., Postgraduate Student, Department of Complex Safety in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: supfear@yandex.ru)

ЕРМАКОВ А. С., Candidate of Technical Sciences, Associated Professor of Department of Complex Safety in Construction, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail address: tkei2011@yandex.ru)

ABSTRACT

The ways to ensure fire safety of camping tents and campgrounds are considered in this article. To reduce the risk of fire it was developed a number of rules and requirements for location of camping tents at the campground; for organization of a special places for firepits; for indoor usage of fire and electrical appliances, etc. Coating of a tent fabric and its constructive elements by special compounds is also important.

To identify the most efficient ways of coating the surface of a tent there were conducted the experimental studies of the tent fabrics and cords and defined appropriate formulations of paints and impregnations. Experimental researches were conducted using fabrics with different density and fibrous structure determining ignition time, self-combustion time and edge burning out time.

Application of impregnations for coating the tent fabrics gave the positive results. Effect of the flame on the cotton fabric resulted only in charring its edges, without ignition. The value of self-combustion time of polyester fabric was increased in two times: from 25 to 50 s. The results of experiment showed that polyester fabric with density of 230 g/m² has ignited on 2 seconds faster than cotton fabric with density of 250 g/m².

Experimental studies on smoke-forming ability showed the minimum value for cotton fabric samples containing from 38 to 64 m²/kg of a flame retardant impregnation and maximum value for polyester fabric samples containing from 1054 to 1248 m²/kg.

Tests on toxicity of tent fabrics showed increased toxicity coefficient for polyester fabric samples coated by fire retardant impregnation (from 69 to 100 mg/m³) and decreased toxicity coefficient for coated cotton fabric samples (from 36 to 27 mg/m³).

During the tests of cords used for tent fastening it was determined the breakage time and the self-ignition time after breakage. As a result of experiment it was defined that the reflective paint coating increases the self-ignition time of cotton and polyester cords, with diameter of 2.5 mm, more than in two times and increases the breakage time of polyamide cords with diameter of 2 mm.

The main conclusion is that coating of tent fabrics and fastening cords by fire retardant impregnation, reflecting and luminous paints increases fire resistance and decreases smoke-forming and toxicity coefficients. Coating of tent fabrics by special paints allows reducing penetration of radiation from the sun and artificial light sources, creating comfortable environment inside the tent.

Keywords: fire safety; caravanning; campground; camping tent; fire resistance.

REFERENCES

1. Sakharchuk E. S., Ermakov A. S., Korneev A. A. *Destinations of amateur tourism in the Russian Federation: the development of a scheme for the development of the service zones based on the analysis of TRANS-tailors of threads*. Monograph. Moscow, RGUTiS Publ., 2014 (in Russian).
2. Sakharchuk E. S., Ermakov A. S., Korneev A. A., Cherepanov D. A. *The state and prospects of development of trailering in Russia*. Monograph. Moscow, RGUTiS Publ., 2016 (in Russian).
3. Gomes G., Ward P., Lorenzo A., Hoffman K., Stapleton H. M. Characterizing flame retardant applications and potential human exposure in backpacking tents. *Environmental Science & Technology*, 2016, vol. 50, no. 10, pp. 5338–5345. DOI: 10.1021/acs.est.6b00923.
4. Tolkach D., King B., Whitelaw P. A. Creating Australia's National Landscapes: Issues of collaborative destination management. *Journal of Destination Marketing & Management*, June 2016, vol. 5, issue 2, pp. 117–132. DOI: 10.1016/j.jdmm.2015.11.006.
5. McLennan J., Elliott G., Omodei M., Whittaker J. Householders' safety-related decisions, plans, actions and outcomes during the 7 February 2009 Victorian (Australia) wildfires. *Fire Safety Journal*, October 2013, vol. 61, pp. 175–184. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.003.
6. Ronchi E., Uriz F. Nieto, Criel X., Reilly P. Modelling large-scale evacuation of music festivals. *Case Studies in Fire Safety*, May 2016, vol. 5, pp. 11–19. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.12.002.
7. *The quarries scout campsite. Fire Risk Assessment*. Stratford Road, Cosgrove, Milton Keynes. MK19 7BD. Available at: <http://www.thequarriescampsite.co.uk/sites/default/files/documents/Fire%20risk%20assessment%202015%20The%20Oswald%20Hamilton%20Centre.pdf> (Accessed 15 March 2016).
8. *Caravan park emergency management plan template*. Available at: <http://www.ses.vic.gov.au/get-ready/caravan-park-information/resources/Caravan%20EMP%20-%20Template.pdf> (Accessed 15 March 2016).

9. *Caravan Park Fire Safety. Guideline–2012*. Available at: http://www.cfa.vic.gov.au/fm_files/attachments/plan_and_prepare/caravan-park-fire-safety-guideline-print.pdf (Accessed 15 March 2016).
10. Alexandrov L. Kombrig. *Choice of tent. All about tourist tents* (in Russian). Available at: <http://www.kombrig.net/snar-hilleberg-staika.htm#badscenario> (Accessed 15 March 2016).
11. *BS EN ISO 5912:2005. Camping tents*. British Standards Institution Publ., 2004. 32 p.
12. Ali Karouni, Bassam Daya, Samia Bahlak, Pierre Chauvet. A simplified mathematical model for fire spread predictions in wildland fires combining between the models of Anderson and Rothermel. *International Journal of Modeling and Optimization*, June 2014, vol. 4, no. 3, pp. 192–200. DOI: 10.7763/IJMO.2014.V4.372.
13. Almeida M., Azinheira J. R., Barata J., Bousson K., Ervilha R., Martins M., Moutinho A., Pereira J. C., Pinto J. C., Ribeiro L. M., Silva J., Viegas D. X. Analysis of fire spread in camping park areas. In: *Advances in forest fire research*. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014, pp. 635–647. DOI: 10.14195/978-989-26-0884-6_72.
14. *CFPA-E No. 20:2012 F. Fire safety in camping sites*. Available at: http://cfpa-e.eu/wp-content/uploads/files/guidelines/CFPA_E_Guideline_No_20_2012_F.pdf (Accessed 15 March 2016).
15. Willstrand O., Brandt J., Svensson R. Detection of fires in the toilet compartment and driver sleeping compartment of buses and coaches — Installation considerations based on full scale tests. *Case Studies in Fire Safety*, May 2016, vol. 5, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.11.002.
16. Spearpoint M. J., Tohir M. Z. M., Abu A. K., Xie P. Fire load energy densities for risk-based design of car parking buildings. *Case Studies in Fire Safety*, May 2015, vol. 3, pp. 44–50. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.04.001.
17. Okano Yasushi, Yamano Hidemasa. Forest fire propagation simulations for a risk assessment methodology development for a nuclear power plant. *Case Studies in Fire Safety*, October 2015, vol. 4, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.05.001.
18. Matyushin A. V. (ed.). *Fire and fire safety in 2015. Statistical Book*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2016. 124 p. (in Russian).
19. Wahlqvist Jonathan, van Hees Patrick. Influence of the built environment on design fires. *Case Studies in Fire Safety*, May 2016, vol. 5, pp. 20–33. DOI: 10.1016/j.csfs.2015.12.001.
20. *ISO 7152:1997. Camping tents and caravan awnings — Vocabulary and list of equivalent terms*. Available at: www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=13747 (Accessed 15 March 2016).
21. *Guidelines for the development of camping and speciation of parking lots on the territory of Krasnodar region*. Approved by order of Department of Complex Development of Resorts and Tourism of Krasnodar Territory on 16.03.2009 No. 22 (in Russian). Available at: <http://www.kurortkuban.ru> (Accessed 15 March 2016).
22. Korolchenko A. Ya. *Processes of burning and explosion*. Moscow, Pozhnauka Publ., 2007 (in Russian).
23. Korolchenko D. A., Korolchenko A. Ya. *Basics of fire safety of the enterprise: a full course of fire-technical minimum*, 2nd edition, revised and enlarged. Moscow, Pozhnauka Publ., 2011 (in Russian).
24. *Campsite selection and setup*. Available at: <https://www.ctyankee.org/fs/page001654/campsite-selectionhandout02.pdf> (Accessed 15 March 2016).
25. Rules of the fire prevention regime in the Russian Federation. Decision of Government of RF on 25.04.2012 No. 390 (ed. on 06.03.2015). *Sobraniye zakonodatelstva RF (Collection of Laws of Russian Federation)*, 2012, no. 19, art. 2415 (in Russian).
26. Technical regulations for fire safety requirements. Federal Law on 22.07.2008 No. 123 (ed. on 23.06.2014). *Sobraniye zakonodatelstva RF (Collection of Laws of the Russian Federation)*, 2008, no. 30 (part I), art. 3579 (in Russian).

For citation: Cherepanov D. A., Ermakov A. S. Ways to ensure fire safety of camping tents. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 10, pp. 48–58. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.48-58.