

М. В. АЛЕШКОВ, д-р техн. наук, профессор, заместитель начальника по научной работе, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

М. Д. БЕЗБОРОДЬКО, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры пожарной техники, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

Н. П. КОПЫЛОВ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12)

О. В. ДВОЕНКО, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры пожарной техники, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, e-mail: dvoenko_oleg@mail.ru)

УДК 614.846.6(211)

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ТАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА В УСЛОВИЯХ ЭКСТРЕМАЛЬНО НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Рассмотрена проблематика тушения пожаров в условиях низких температур. Обозначены актуальные проблемы при тушении крупных пожаров в таких условиях. Определено, что наиболее уязвимыми элементами системы тушения пожара при низких температурах являются напорная рукавная линия и пожарный автомобиль. Приведены результаты полигонных исследований по определению интенсивности обледенения рукавных линий и рукавной арматуры. Представлена методика оценки работоспособности напорных рукавных линий в условиях низких температур, применяемых в тушении пожара согласно расписанию выезда. Дана математическая модель определения тактического потенциала подразделений пожарно-спасательного гарнизона при тушении пожаров в условиях низких температур.

Ключевые слова: тушение пожаров; низкие температуры; отказы пожарной техники; тактический потенциал подразделений; прогнозирование обледенения рукавных линий.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68

Под тактическим потенциалом подразделений пожарно-спасательного гарнизона подразумевается их способность выполнять максимальный объем работ по тушению пожаров или ликвидации чрезвычайных ситуаций. Тактический потенциал подразделений зависит от тактико-технических характеристик мобильной техники, которая стоит на их вооружении, численности и тактической подготовки боевых расчетов, слаженности действий подразделений, оперативно-тактических особенностей объекта защиты. Помимо этого, существует еще целый ряд факторов, влияющих на тактический потенциал подразделений [1, 2].

Следует учитывать, что значительная часть территории России (более 85 %) находится в холодных климатических районах. На этой территории проживает почти 35 % населения страны, расположено значительное количество критически важных объектов экономики, находятся основные ресурсные запасы [3].

Для этих территорий характерен суровый климат, особенно в зимний период года. Температура окружающей среды порой значительно отклоняется от обычных средних значений для данной местности, достигая минус 40, минус 50 и даже минус 60 °С. Такая аномально холодная погода с экстремально низкими температурами окружающей среды относится к опасным природным явлениям и характерна не только для России [3–5].

В результате этого могут развиваться чрезвычайные ситуации (ЧС) различного характера. Это прежде всего выход из строя объектов, генерирующих электрическую энергию и тепло, что в условиях низких температур может привести к ЧС, связанной с прямой угрозой жизнедеятельности людей. Однако наиболее сложные последствия могут возникать, когда два таких события, как пожар и экстремально низкие температуры окружающей среды, происходят одновременно [6].

Сочетание этих двух событий на объектах экономики может сопровождаться тяжелыми последствиями. В этом случае степень защиты объекта от угрозы развития пожара до крупных размеров во многом будет зависеть от эффективности действий оперативных служб пожаротушения, которая определяется уровнем подготовки личного состава, оснащенностью техникой, а также степенью влияния климатических факторов на мобильные средства тушения пожаров [7–9].

На основании анализа более 4000 крупных пожаров, происшедших в России с 1985 по 2015 гг., было установлено, что наибольшее количество таких пожаров приходится на зимний период года в холодных климатических районах (62 % крупных пожаров от их общего числа за зиму). Это свидетельствует о напряженной оперативной обстановке в этот период. Средняя продолжительность тушения таких пожаров зависит от температуры окружающей среды. Так, в среднем тушение крупного пожара, происшедшего зимой в России, занимает 4,7 ч, при температуре от минус 40 до минус 50 °С — почти 6 ч, ниже минус 50 °С — 7,5 ч [7, 10].

Сложные метеорологические условия крайне негативно влияют на мобильные средства пожаротушения, зачастую приводя к отказам в работе техники. Для анализа отказов пожарной техники было исследовано 993 крупных пожара. Установлено, что при тушении 129 пожаров (13 % от их общего числа за зиму) отказы мобильных средств пожаротушения были обусловлены воздействием низких температур воздуха [11, 12].

Как правило, в результате отказа возникала проблема, связанная с подачей огнетушащих веществ (ОТВ), что осложняло тушение пожара, и он разрастался до крупных размеров. Статистическая обработка собранных данных позволила установить, что наиболее уязвимыми элементами при воздействии низких температур являются напорная рукавная линия (37,2 % отказов) и пожарный автомобиль (42,6 % отказов).

При длительной подаче воды по рукавным линиям в условиях низких температур происходит ее замерзание внутри рукавов. Скорость формирования льда зависит от диаметра рукавов, скорости движения воды, ее температуры, а также от температуры окружающей среды [13, 14]. Возникает ситуация, когда подача воды на тушение пожара с течением времени уменьшается и из-за влияния климатических факторов не представляется возможным использовать тактический потенциал подразделений пожарно-спасательного гарнизона. В этом случае пожар свободно развивается и приобретает крупные размеры. В качестве примера можно привести пожар, происшедший в январе 2001 г. в центральном универмаге г. Новосибирска.

Пожар развивался при температуре окружающего воздуха минус 43 °С. Ему была присвоена 4-я категория сложности, поэтому на его тушение были задействованы все пожарные части города. Однако негативное влияние низких температур воздуха не позволило полностью реализовать тактический потенциал гарнизона пожарной охраны. В результате пожар приобрел крупные размеры, и здание центрального универмага выгорело почти полностью.

При такой ситуации определяющим условием для успешной борьбы с пожаром является возможность сосредоточить достаточное количество сил и средств для обеспечения подачи (расхода) огнетушащих веществ Q_{ϕ} (л/с) в больших количествах, чем требуется для локализации пожара $Q_{тр}$ (л/с):

$$Q_{тр} = J_{тр} S_{т}, \quad (1)$$

где $J_{тр}$ — требуемая для тушения интенсивность подачи огнетушащих веществ, л/(м²·с);

$S_{т}$ — площадь тушения, м² [15].

Реализацию этого условия обеспечивают силы и средства пожарной охраны с помощью мобильных средств пожаротушения. Так как для любого значительного объекта экономики существует расписание выезда подразделений гарнизона, где прописываются время прибытия и виды пожарных автомобилей (автоцистерна, насос, автолестница и т. д.), то можно заранее спрогнозировать силы и средства, которые нужны для ликвидации пожара. При этом необходимо решить задачу по оценке работоспособности насосно-рукавных систем пожарных автомобилей (НРС ПА) в условиях воздействия низких температур и по результатам оценки дать общий прогноз на вероятность успешного тушения пожара.

При этом следует учитывать, что одновременно могут функционировать НРС ПА, которые работают и в штатном режиме, и в режиме обледенения.

Так, для тушения пожара может быть задействовано N насосно-рукавных систем пожарных автомобилей:

$$N = N_{р.шт} + N_{р.обл}, \quad (2)$$

где $N_{р.шт}$ — общее число НРС ПА, работающих в штатном режиме;

$$N_{р.шт} = \sum_{i=1}^m N_i; \quad (3)$$

$N_{р.обл}$ — число НРС ПА, работающих в режиме обледенения;

$$N_{р.обл} = \sum_{j=1}^n N_j; \quad (4)$$

i, j — индексы, соответствующие штатному режиму работы НРС ПА и режиму обледенения.

Важно оценить, какова будет фактическая подача огнетушащих веществ на тушение. Предварительное планирование сил и средств позволяет определить, какое число стволов будет подано на тушение, и, соответственно, какое количество огнетушащих веществ.

Так, фактическая подача ОТВ посредством НРС ПА, работающей в штатном режиме, будет определяться как:

$$Q_{\text{р.шт}}^{\Phi} = \sum_{i=1}^{N_{\text{р.шт}}} Q_i, \quad (5)$$

где Q_i — номинальная подача ОТВ, л/с.

Необходимо учесть подачу ОТВ через НРС ПА, работающую в режиме обледенения, причем подача с течением времени будет уменьшаться из-за обледенения рукавной линии. С учетом этого запишем следующее выражение:

$$Q_{\text{р.обл}}^{\Phi} = \sum_{j=1}^{N_{\text{р.обл}}} \left(\int_0^{\tau_{\text{раб}}} Q_{\text{н}j} d\tau \right), \quad (6)$$

где $Q_{\text{н}j}$ — подача огнетушащих веществ через НРС ПА, работающую в режиме обледенения, в момент начала работы, л/с;

$\tau_{\text{раб}}$ — время, в течение которого работает НРС ПА, с.

Фактический расход огнетушащих веществ будет определяться как:

$$Q^{\Phi} = Q_{\text{р.шт}}^{\Phi} + Q_{\text{р.обл}}^{\Phi} = \sum_{i=1}^{N_{\text{р.шт}}} Q_i + \sum_{j=1}^{N_{\text{р.обл}}} \left(\int_0^{\tau_{\text{раб}}} Q_{\text{н}j} d\tau \right). \quad (7)$$

Преобразовав выражение (7) с учетом скорости изменения расхода воды в НРС ПА, работающей в режиме обледенения, получаем зависимость для оценки общего фактического расхода огнетушащих

веществ, подаваемых на тушение пожара в условиях низких температур:

$$Q^{\Phi} = \sum_{i=1}^{N_{\text{р.шт}}} Q_i + \sum_{j=1}^{N_{\text{р.обл}}} \left(\int_0^{\tau_{\text{раб}}} (Q_{\text{н}j} - \varphi \tau_{\text{раб}}) d\tau \right), \quad (8)$$

где φ — скорость изменения расхода воды в рукавной линии;

$$\varphi = \frac{n \sum_{i=1}^n Q \tau - \sum_{i=1}^n Q \sum_{i=1}^n \tau}{n \sum_{i=1}^n \tau^2 - \left(\sum_{i=1}^n \tau \right)^2}. \quad (9)$$

Для оценки скорости изменения расхода воды в рукавных напорных линиях необходимо было исследовать процессы, происходящие в них под воздействием низких температур. Для этого следовало установить, как изменяется температура протекающей по рукавной линии воды под воздействием низких температур воздуха, какова интенсивность охлаждения и от каких параметров она зависит.

Для проведения экспериментов был разработан измерительный комплекс, позволяющий определять температуру воды в водоеме, при входе и выходе из насоса и по длине рукавной линии; напор на стволе; время.

Для контроля температуры воды используются медьконстантановые термопары, которые размещаются по сечению рукава и через компенсационные провода и многопозиционный переключатель выводятся на цифровой вольтметр Ф-283. Нулевые провода термопар устанавливаются в изолированный термос со льдом и водой. Приборы подключаются к промышленной сети напряжением 220 В с помощью кабеля. Схема применения комплекса приведена на рис. 1.

Для эксперимента использовались прорезиненные рукава диаметром 65 мм для рабочей рукавной

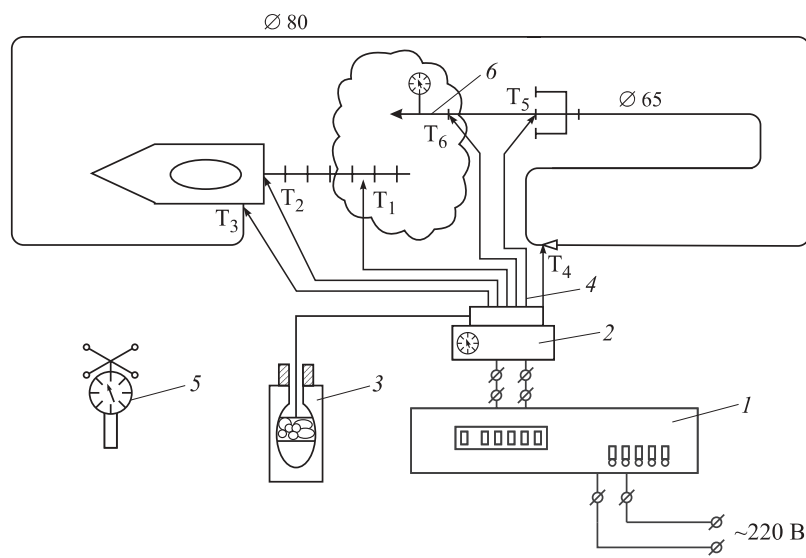


Рис. 1. Схема рукавной линии и измерительного комплекса для определения интенсивности охлаждения воды по длине линии: 1 — вольтметр цифровой; 2 — переключатель многопозиционный; 3 — термос с водой и льдом; 4 — контактные провода термопар; 5 — анемометр чашечный; 6 — ствол-расходомер; T_1 – T_6 — термопары

линии и рукава диаметром 80 мм — для магистральной. Длина рабочей рукавной линии составляла два рукава, при этом за длину магистральной линии принималось расстояние от пожарного автомобиля до точки охлаждения воды до 0 °С.

Измерительная аппаратура размещалась согласно схеме, показанной на рис. 1. От разветвления работало два ствола-расходомера — РС-50 и РС-70. Эксперимент проводился при температуре воздуха $t_{\text{возд}} = -31$ °С и скорости ветра $v_{\text{вет}} = 0,5$ м/с. При этом постоянно фиксировались температура воды, напор на насосе и в стволах, время. Напор на насосе ПА поддерживался постоянным. На стволах-расходомерах в каждый контролируемый момент времени выполнялось не менее трех замеров.

В результате эксперимента получены данные, приведенные в таблице и на рис. 2.

При проведении эксперимента наблюдалась следующая картина. Забираемая из водоема вода с температурой 0,4 °С, проходя всасывающую линию, охлаждалась до температуры, близкой к 0 °С. В насосе ПА происходило приращение температуры воды на 0,38...0,41 °С, после чего она поступала в магистральную линию. По мере продвижения по линии вода снова охлаждалась до 0 °С. Затем шел участок переохлаждения потока воды, и на последнем рукаве магистральной линии перед разветвлением на рукавной арматуре появлялось обледенение. По мере удаления от области переохлаждения интенсивность обледенения усиливалась. Формирующийся слой льда приводил к появлению в линии дополнительных сопротивлений, что определяло уменьшение напора на стволах, которое с течением времени усиливалось (см. рис. 2).

За время эксперимента, длившегося 3,5 ч, напор на стволе РС-70 уменьшился на 42 %, на стволе РС-50 — на 60 %. Соответственно, значительно снизился и расход подаваемой воды (см. таблицу).

После 3,5 ч работы насос был остановлен, и все рукава одновременно разъединены. Рукава, находившиеся в магистральной линии и не попавшие в об-

Результаты эксперимента по определению температуры воды в НРС

Время работы, мин	Расход ОТВ, л/с, в стволе			
	РС-70		РС-50	
	Эксперимент	Расчет	Эксперимент	Расчет
30	6,3	6,16	2,9	2,89
70	6,1	6,03	2,8	2,79
90	5,8	5,96	2,5	2,73
125	5,5	5,85	2,4	2,62
150	5,4	5,73	2,2	2,48
180	5,3	5,60	2,1	2,31
210	4,7	5,30	1,6	2,00

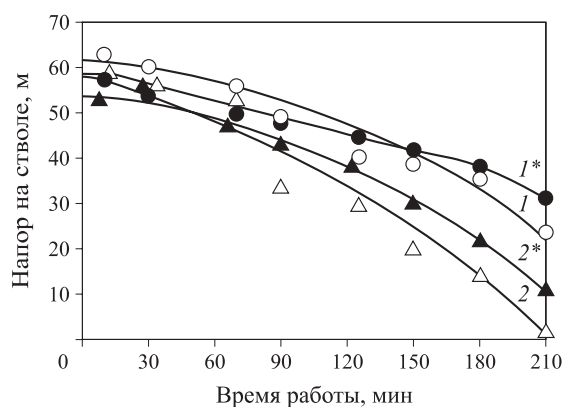


Рис. 2. Изменение напора на стволах РС-70 (1, 1*) и РС-50 (2, 2*) при обледенении линии ($t_{\text{возд}} = -31$ °С; $v_{\text{вет}} = 0,5$ м/с): 1, 2 — эксперимент; 1*, 2* — расчет

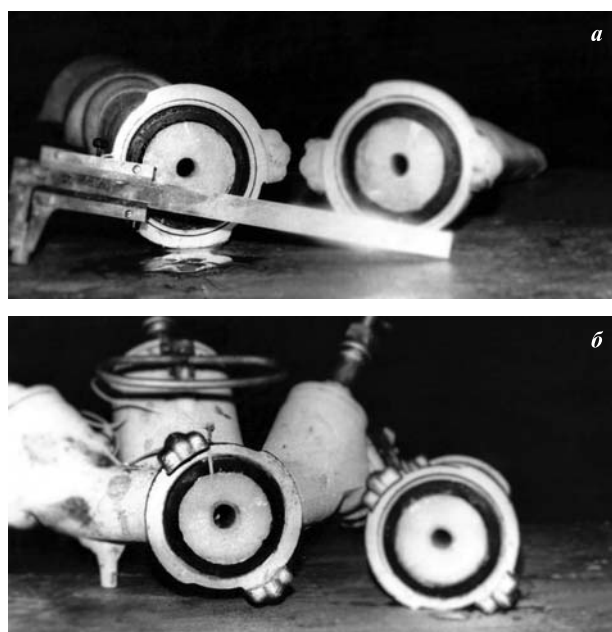


Рис. 3. Обледенение рукавной арматуры (а) и разветвления РТ-80 (б) в условиях низких температур

ласть обледенения, были без труда разъединены и после слива воды убраны в скатки. Те же рукава, которые находились в рабочих линиях и подверглись обледенению, разъединить удалось с большим трудом. Сборке они не подлежали, и их пришлось доставлять в часть на волокуше.

Наиболее значительное обледенение наблюдалось на рукавной арматуре. На выходе к рабочей линии со стволом РС-70 ее внутренний диаметр уменьшился с 58 до 18 мм, со стволом РС-50 — с 42 до 12 мм (рис. 3, а). Диаметр входного отверстия разветвления сократился с 70 до 30 мм (рис. 3, б).

Проведенный эксперимент позволил оценить изменение гидравлических параметров рукавной линии в результате обледенения. Кроме того, было проведено сопоставление экспериментальных и расчетных данных (см. рис. 2).

Для оценки параметров работы рукавных линий в режиме обледенения была разработана математическая модель. Дифференциальные уравнения баланса тепла и дифференциальное уравнение гидравлики составляют систему уравнений. Чтобы эту систему можно было использовать на практике, дифференциальные уравнения были заменены разностными:

$$\begin{cases} t_{i+1j} = t_{ij} + f_1(H_{ij}; r_{ij}; V_{жн})\Delta x; \\ H_{i+1j} = H_{ij} + f_3(r_{ij}; V_{жн})\Delta x; \\ r_{ij+1} = r_{ij} + f_2(H_{ij}; t_{ij}; V_{ж(n+1)})\Delta \tau, \end{cases} \quad (10)$$

где t_i — температура воды на рассматриваемом i -м участке рукавной линии, °C;

H_i — напор потока на рассматриваемом участке, м;

r_i — внутренний радиус рассматриваемого участка, м;

$V_{жн}$ — объемный расход воды в линии, м³/с.

Расчет проводился как по длине участка магистральной линии, так и по длине участков рабочих линий. Граничные условия для этого были следующими:

- для участка магистральной линии:

$$\begin{aligned} \tau = 0; \quad x = x_0; \quad t/x_0 = t_{00}; \quad H/x_0 = H_{00}; \quad r/x_0 = r_{00}; \\ t_{00} = t_0 + \beta H; \quad x_0 = L_0 + L_{кр}; \quad r_{00} = r_{нач}; \\ H_{00} = H_{нас} - \left[\left(\frac{x_0}{20} S V_{жн}^2 \right) \cdot 10^6 + Z \right]; \end{aligned} \quad (11)$$

- для участков рабочей линии:

$$\begin{aligned} \tau = 0; \quad x_m = x_0 + L_{раб}; \quad t/x_m = t_{i+mj}; \quad H/x_m = H_{i+mj}; \\ r/x_m = r_{00}; \quad r_{00} = r_{нач}; \quad H_{00} = A V_{ж}^2 + B V_{ж} + C, \end{aligned} \quad (12)$$

где t_{00} — температура воды на рассматриваемом участке рукавной линии;

H_{00} — напор на стволе, м;

r_{00} — радиус свободного сечения, м;

L_0 — участок рукавной линии, на котором вода охлаждается до 0 °C;

$L_{кр}$ — длина рукавной линии, на которой будет отдана теплота, необходимая для образования льда, м;

$r_{нач}$ — начальный внутренний радиус рассматриваемого участка, м;

$H_{нас}$ — напор на насосе, м;

S — гидравлическое сопротивление напорного рукава длиной 20 м;

Z — перепад высот, м;

x_m — общая длина рукавной линии, м;

x_0 — предельная длина рукавной линии;

$L_{раб}$ — длина рабочей линии, м;

A, B, C, β — опытные коэффициенты;

$V_{ж}$ — объемный расход воды в линии, м³/с.

В результате решения этой системы уравнений можно получить следующие функции:

$$r = f(x; \tau); \quad H = f(x; \tau); \quad t = f(x; \tau). \quad (13)$$

Оценивая полученные результаты (см. таблицу, рис. 2), можно утверждать, что модель адекватно описывает исследуемый процесс. Следовательно, используя математическую модель, можно прогнозировать работоспособность каждой насосно-рукавной системы пожарного автомобиля и в целом определить тактический потенциал подразделений пожарно-спасательного гарнизона при работе в условиях экстремально низких температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешков М. В., Безбородько М. Д. Применение мобильных средств пожаротушения для защиты объектов атомной энергетики от крупных пожаров в условиях экстремально низких температур // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2014. — № 3. — С. 37–45.
2. Сатин А. П., Рыженко А. А. Рационализация методов управления ресурсным обеспечением подсистем обеспечения пожарной безопасности // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2016. — № 2. — С. 81–86.
3. Makhutov N. A., Moskvichev V. V., Fomin V. M. Designing machinery for the Arctic: A problem of socioeconomic development of Russia's eastern regions // Herald of the Russian Academy of Sciences. — 2015. — Vol. 85, No. 1. — P. 79–86. DOI: 10.1134/s1019331615010104.
4. Вильфанд Р. М., Васильев П. П., Лукьянов В. И., Голубев А. Д. Методические указания по прогнозу опасного природного явления — аномально холодной (аномально жаркой) погоды на территории России. — Обнинск : ОАО «Фабрика офсетной печати», 2010. — 13 с.
5. Brohan P., Kennedy J. J., Harris I., Tett S. F. B., Jones P. D. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850 // Journal of Geophysical Research. — 2006. — Vol. 111, Issue D12. DOI: 10.1029/2005jd006548.
6. Акимов В. А., Молчанов В. П., Соколов Ю. И. Риски чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации. — М. : ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2011. — 300 с.
7. Алешков М. В. Особенности тушения крупных пожаров на территории Российской Федерации при внешнем воздействии опасных природных явлений // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 5. — С. 59–64.

8. Пивоваров В. В. Совершенствование парка пожарных автомобилей России. — М. : ВНИИПО, 2006. — 194 с.
9. Сатин А. П., Ле Тхань Бинь, Прус Ю. В. Прогнозирование готовности пожарной техники на основе марковской модели поломок и восстановления // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2012. — № 5(45). — 11 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-5/17-05-12.ttb.pdf> (дата обращения: 10.09.2016).
10. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году : статистический сборник / Под общ. ред. В. И. Климкина. — М. : ФГБУ ВНИИПО, 2012. — 137 с.
11. Алешков М. В., Двоенко О. В. Создание пожарной и аварийно-спасательной техники для работы в экстремальных метеорологических условиях // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2011. — № 4. — С. 4–10.
12. Семенов Н. В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. — М. : Транспорт, 1993. — 190 с.
13. Barahona D. Analysis of the effect of water activity on ice formation using a new thermodynamic framework // Atmospheric Chemistry and Physics. — 2014. — Vol. 14, Issue 14. — P. 7665–7680. DOI: 10.5194/acp-14-7665-2014.
14. Keary A. C., Bowen R. J. Analytical study of the effect of natural convection on cryogenic pipe freezing // International Journal of Heat and Mass Transfer. — 1998. — Vol. 41, Issue 10. — P. 1129–1138. DOI: 10.1016/s0017-9310(97)00269-x.
15. Теребнев В. В. Расчет параметров развития и тушения пожаров (Методика, примеры, задания). — Екатеринбург : Калан, 2011. — 460 с.

Материал поступил в редакцию 3 октября 2016 г.

Для цитирования: Алешков М. В., Безбородько М. Д., Копылов Н. П., Двоенко О. В. Факторы, определяющие тактический потенциал подразделений пожарно-спасательного гарнизона в условиях экстремально низких температур // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 12. — С. 61–68. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68.

English

FACTORS THAT DETERMINE THE TACTICAL POTENTIAL OF DEPARTMENTS OF FIRE-RESCUE GARRISON IN CONDITIONS OF EXTREMELY LOW TEMPERATURES

ALESHKOV M. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head of Scientific Work, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

BEZBORODKO M. D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Science Worker of the Russian Federation, Professor of Department of the Fire Fighting Equipment, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

KOPYLOV N. P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Science Worker of the Russian Federation, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (mkr. VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation)

DVOENKO O. V., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecture of Department of the Fire Fighting Equipment, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: dvoenko_oleg@mail.ru)

ABSTRACT

Extinguishing fires in low temperature conditions presents special challenges in view of the fact that there are breakages of mobile fire extinguishing means, reduction of supply of fire extinguishing

substances, owing to frosting of hose lines and fittings. Development of the fire to the large sizes in the conditions of low temperatures will depend in many respects on level of training of staff, the equipment technology, and also on extent of influence of climatic factors on mobile means of suppression of the fires. There is a situation when water supply decreases by fire extinguishing over time, and because of influence of a climatic factor it isn't possible to use the tactical capacity of divisions of rescue and fire fighting garrison. The results of a research directed to definition of intensity of frosting of hose lines and hose fittings depending on various factors are presented in this article.

Methods. Measuring complexes which allowed to take water temperature in each point of pumping and hose system of the fire truck developed by the staff of State Fire Academy of Emercom of Russia were used for conducting pilot study.

Results. As a result of the conducted researches it was established that possibility of chilling of water in the hose line and fittings depends on temperature of air, speed of wind, diameter and material of a fire hose, a water consumption in the hose line. On the basis of the received results of researches the mathematical model for assessment of parameters of work of hose lines in the frosting mode is offered.

Research application field. The received results allow to estimate previously possibilities of fire-fighters of divisions in case of suppression of the fires in the conditions of low temperatures.

Conclusion. As a result of the conducted researches the technique of assessment of operability of the pressure head hose lines functioning in the conditions of low temperatures is formulated.

Keywords: extinguish fires; low temperatures; fire fighting equipment failure; tactical capacity of divisions; hose lines frosting forecasting.

REFERENCES

1. Aleshkov M. V., Bezborodko M. D. Application of movable fire extinguishment means for protecting nuclear power plants from large fires under extremely low temperature conditions. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya (Fire and Emergencies: Prevention, Elimination)*, 2014, no. 3, pp. 37–45 (in Russian).
2. Satin A. P., Ryzhenko A. A. Rationalization of methods of resources' provision management of fire safety ensuring subsystems. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya (Fire and Emergencies: Prevention, Elimination)*, 2016, no. 2, pp. 81–86 (in Russian).
3. Makhutov N. A., Moskvichev V. V., Fomin V. M. Designing machinery for the Arctic: A problem of socioeconomic development of Russia's eastern regions. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2015, vol. 85, no. 1, pp. 79–86. DOI: 10.1134/s1019331615010104.
4. Vilfand R. M., Vasilyev P. P., Lukyanov V. I., Golubev A. D. *Methodical indications for the forecast of a natural hazard — abnormally cold (abnormally hot) weather in the territory of Russia*. Obninsk, OAO "Fabrika ofsetnoy pechati" Publ., 2010. 13 p. (in Russian).
5. Brohan P., Kennedy J. J., Harris I., Tett S. F. B., Jones P. D. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850. *Journal of Geophysical Research*, 2006, vol. 111, issue D12. DOI: 10.1029/2005jd006548.
6. Akimov V. A., Molchanov V. P., Sokolov Yu. I. *Risks of emergency situations in the Arctic zone of the Russian Federation*. Moscow, FGBU VNII GOChS (FTs) Publ., 2011. 300 p. (in Russian).
7. Aleshkov M. V. Peculiarities of extinguishing large-scale fires on the territory of the Russian Federation under the external effect of hazardous natural phenomena. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 5, pp. 59–64 (in Russian).
8. Pivovarov V. V. *Improvement of the park of fire trucks of Russia*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2006. 194 p. (in Russian).
9. Satin A. P., Le Thanh Bin, Prus Yu. V. Forecasting of readiness of fire equipment based on the markov model breakdowns and recovery. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2012, no. 5(45). 11 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2012-5/17-05-12.ttb.pdf> (Accessed 10 September 2016).
10. Klimkin V. I. (ed.). *Fire and fire safety in 2011. Statistical Book*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 2012. 137 p. (in Russian).
11. Aleshkov M. V., Dvoenko O. V. Creation of the fire and rescue technics for work in extreme weather conditions. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya (Fire and Emergencies: Prevention, Elimination)*, 2011, no. 4, pp. 4–10 (in Russian).

12. Semenov N. V. *Operation of cars in the conditions of low temperatures*. Moscow, Transport Publ., 1993. 190 p. (in Russian).
13. Barahona D. Analysis of the effect of water activity on ice formation using a new thermodynamic framework. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2014, vol. 14, issue 14, pp. 7665–7680. DOI: 10.5194/acp-14-7665-2014.
14. Keary A. C., Bowen R. J. Analytical study of the effect of natural convection on cryogenic pipe freezing. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 1998, vol. 41, issue 10, pp. 1129–1138. DOI: 10.1016/s0017-9310(97)00269-x.
15. Terebnev V. V. *Calculation of parameters of development and suppression of the fires (Methods, examples, tasks)*. Yekaterinburg, Kalan Publ., 2011. 460 p. (in Russian).

For citation: Aleshkov M. V., Bezborodko M. D., Kopylov N. P., Dvoenko O. V. Factors that determine the tactical potential of departments of fire-rescue garrison in conditions of extremely low temperatures. *Pozharovzryvobezопасnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 12, pp. 61–68. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.61-68.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ : монография.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 104 с. : ил.



Изложены современные подходы к нормированию площадей пожарных отсеков и раскрыты требования к ним. Предложен метод научно-технического обоснования размеров пожарных отсеков с учетом вероятностного подхода на основе расчета пожарного риска. Рассмотрены возможности расчета вероятностных показателей, используемых в разработанном методе. Представлены основные достижения в данном направлении отечественной и зарубежной науки; приведены сведения о положительных и отрицательных сторонах действующей системы технического регулирования.

Монография ориентирована на научных и инженерных работников, занимающихся вопросами проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений, а также на научных и практических работников пожарной охраны, преподавателей и слушателей учебных заведений строительного и пожарно-технического профиля, специалистов страховых компаний, занимающихся вопросами оценки пожарного риска.

Монография рекомендуется к использованию при выполнении научно-исследовательских и нормативно-технических работ по оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, в том числе тех, на которые отсутствуют нормы проектирования, а также при проведении оценки страхования пожарных рисков.

Разработанный метод расчета может быть положен в основу технических регламентов и сводов правил в области строительства и пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru