

Научная статья

УДК 536.244

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПАКЕТА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОГО СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ

✉ **Гутовский Алексей Вениаминович.**

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки, Россия.

Морозов Александр Юрьевич.

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, Москва, Россия.

Турсенев Сергей Александрович.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ gutovskiy.alexey@mail.ru

Аннотация. На основе результатов расчетов уравнений зависимости температуры поверхности пакетов материалов от их толщины в период воздействия пламени на противоположную сторону выполнен выбор состава пакета для создания мобильного средства защиты людей. С помощью разработанного алгоритма расчета системы дифференциальных уравнений, описывающих нестационарный теплообмен пакета материалов с окружающей средой, проведены вычисления в системе программных средств Integrated Development Environment, результаты которых сравнили с результатами, полученными с помощью эмпирических формул.

Ключевые слова: экспериментальная установка, пакет материалов, температура поверхности, воздействие пламени, средство защиты, пожар

Для цитирования: Гутовский А.В., Морозов А.Ю., Турсенев С.А. Обоснование выбора пакета материалов для создания мобильного средства защиты людей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 167–175.

Scientific article

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF A PACKAGE OF MATERIALS FOR THE CREATION OF A MOBILE MEANS OF PROTECTING PEOPLE

✉ **Gutovsky Alexey V.**

Civil defence academy of EMERCOM of Russia, Khimki, Russia.

Morozov Alexander Yu.

Federal research center «Informatics and management» of the Russian academy of sciences, Moscow, Russia.

Tursenev Sergey A.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ gutovskiy.alexey@mail.ru

Abstract. Based on the results of calculations of the equations of the dependence of the surface temperature of the packages of materials on their thickness during the period of exposure to the flame on the opposite side, the composition of the package was selected to create a mobile means of protecting people. With the help of the developed algorithm for calculating a system of differential equations describing the unsteady heat exchange of a package of materials with the environment, calculations were carried out in the Integrated Development Environment software system, the results of which were compared with the results obtained using empirical formulas.

Keywords: experimental installation, package of materials, surface temperature, flame exposure, protective equipment, fire

For citation: Gutovsky A.V., Morozov A.Yu., Tursenev S.A. Justification of the choice of a package of materials for creating a mobile means of protecting people // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 2 (66). P. 167–175.

Введение

По причине глобального изменения климата на нашей планете природные явления все чаще проявляют непредсказуемый характер, что приводит к увеличению масштабов последствий природных пожаров на территории Российской Федерации. Наиболее опасными считают верховые лесные пожары, которые обладают самыми высокими значениями параметров тепловых воздействий и способны привести к окружению людей горячей кромкой, что нередко заканчивалось трагедией. В этом отношении наиболее уязвимой категорией являются пожарные подразделения, которые по роду своей деятельности вынуждены выполнять работы в непосредственной близости от горячей кромки пожара. Согласно указу Президента Российской Федерации [1] одной из основных задач является совершенствование спасательных технологий, технических средств и экипировки, предназначенных для оснащения спасательных воинских формирований, аварийно-спасательных служб и аварийно-спасательных формирований, пожарно-спасательных подразделений. Кроме того, согласно ст. 212 Трудового кодекса Российской Федерации [2] работодатель обязан обеспечить применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников. Однако, как показывает практика, периодически происходят случаи гибели личного состава пожарных подразделений (иногда в полном составе) при окружении верховым лесным пожаром.

Анализ современных средств защиты от тепловых воздействий показал, что значения теплофизических параметров, которыми они обладают, не в полной мере обеспечивают безопасность пожарных в условиях верхового лесного пожара. Одним из возможных путей решения данной проблемы является разработка мобильного средства защиты людей от тепловых воздействий (МСЗ), а также научное обоснование его теплофизических параметров, способных обеспечить безопасность личного состава пожарных подразделений в условиях верхового лесного пожара.

В связи с тем, что для создания МСЗ планируется применение пакетов материалов из теплоотражательной и теплоизоляционной ткани, были проведены экспериментальные исследования с воздействием открытого пламени на исследуемые образцы в течение заданного времени, позволившие определить температуру на противоположной нагреву поверхности [3].

На основе математической модели нестационарного теплообмена, применяемой при проектировании специальной защитной одежды в системе программных средств Integrated Development Environment (IDE), составлен алгоритм расчета и получены значения температур на границах системы теплообмена материалов пакета с окружающей средой, что позволило сравнить результаты экспериментальных исследований с расчетными значениями.

Методика исследования

Для обеспечения безопасности людей в период воздействия на МСЗ верхового лесного пожара необходимо, чтобы материалы обладали термостойкостью в течение 15 мин [4], в связи с чем проведены экспериментальные исследования по выбору кремнеземных тканей для создания пакетов материалов. Исследования [3] позволили из нескольких наиболее распространенных образцов теплоотражательных и теплоизоляционных материалов выбрать экземпляры, которые не подверглись разрушению под воздействием открытого пламени

в течение заданного времени. Выбранные образцы были использованы для создания пакетов материалов, с которыми проведены исследования на экспериментальной установке (рис. 1).

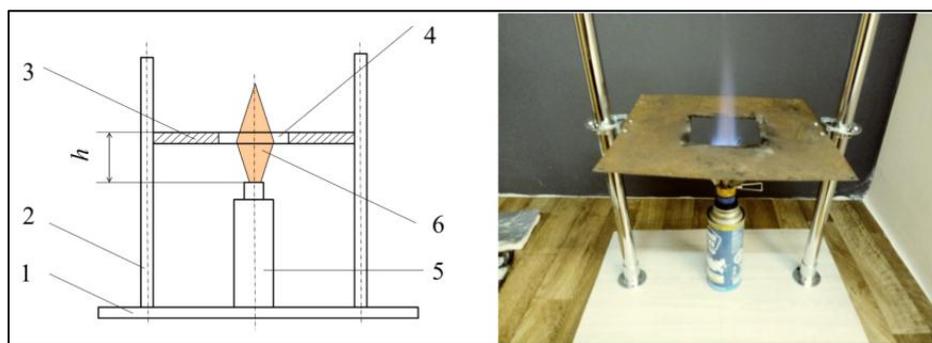


Рис. 1. Экспериментальная установка:

1 – подставка; 2 – стойка; 3 – платформа; 4 – окно факела;
5 – газовая горелка; 6 – факел; h – расстояние от газовой горелки до платформы

Целью исследования являлся выбор пакета материалов, обеспечивающего наименьшую температуру поверхности на противоположной нагреву стороне.

Образцы размещали на платформе сверху окна факела и подвергали воздействию открытого пламени с температурой $T_s = 1\,200\text{ °C}$ в течение времени тепловой экспозиции $t = 15$ мин. После чего инфракрасным термометром измеряли температуру поверхности на противоположной нагреву стороне. Эксперименты проводились с образцами толщиной $\delta = 8, 16, 24, 32$ и 40 мм (рис. 2).



Рис. 2. Комплекты материалов толщиной $\delta = 8, 16, 24, 32$ и 40 мм

Результаты исследования

На основе результатов экспериментальных исследований были выведены уравнения зависимости температуры поверхности пакетов материалов на противоположной нагреву стороне от их толщины. Уравнения составлены для двух комплектов пакетов материалов:

– комплект № 1 – кремнеземная ткань с металлизированным покрытием костюма ТК-800 и теплоизоляционная ткань «Eko wool» (формула (1));

– комплект № 2 – кремнеземная ткань КТ-11-С8/3 и теплоизоляционная ткань «Eko wool» (формула (2)).

$$T_{3(1)} = 440,67 \cdot e^{-0,073 \delta}, \quad (1)$$

где T_3 – температура внутренней поверхности пакета материалов (на противоположной нагреву стороне), °C; δ – толщина пакета материалов, мм; e – основание натурального логарифма, равное значению 2,72.

$$T_3(2) = 536,4 \cdot e^{-0,076 \delta} \quad (2)$$

Полученные уравнения позволяют определять температуру поверхности на противоположной нагреву стороне при заданной толщине пакета материалов.

Подставив значения δ (табл. 1) в формулы (1) и (2), было установлено, что при воздействии открытого пламени с температурой 1 200 °С в течение 15 мин на пакет материала на его противоположной стороне температура поверхности достигает: у комплекта № 1 – 95 °С; у комплекта № 2 – 109 °С.

В настоящее время для определения температур на границах системы «окружающая среда – средство защиты» широко используется математическая модель нестационарного теплообмена [5–9], основой которой является система дифференциальных уравнений теплопроводности.

Для решения системы дифференциальных уравнений, описывающих процессы теплопередачи [10] для математической модели нестационарного теплообмена в системе программных средств IDE, составлен алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 3.

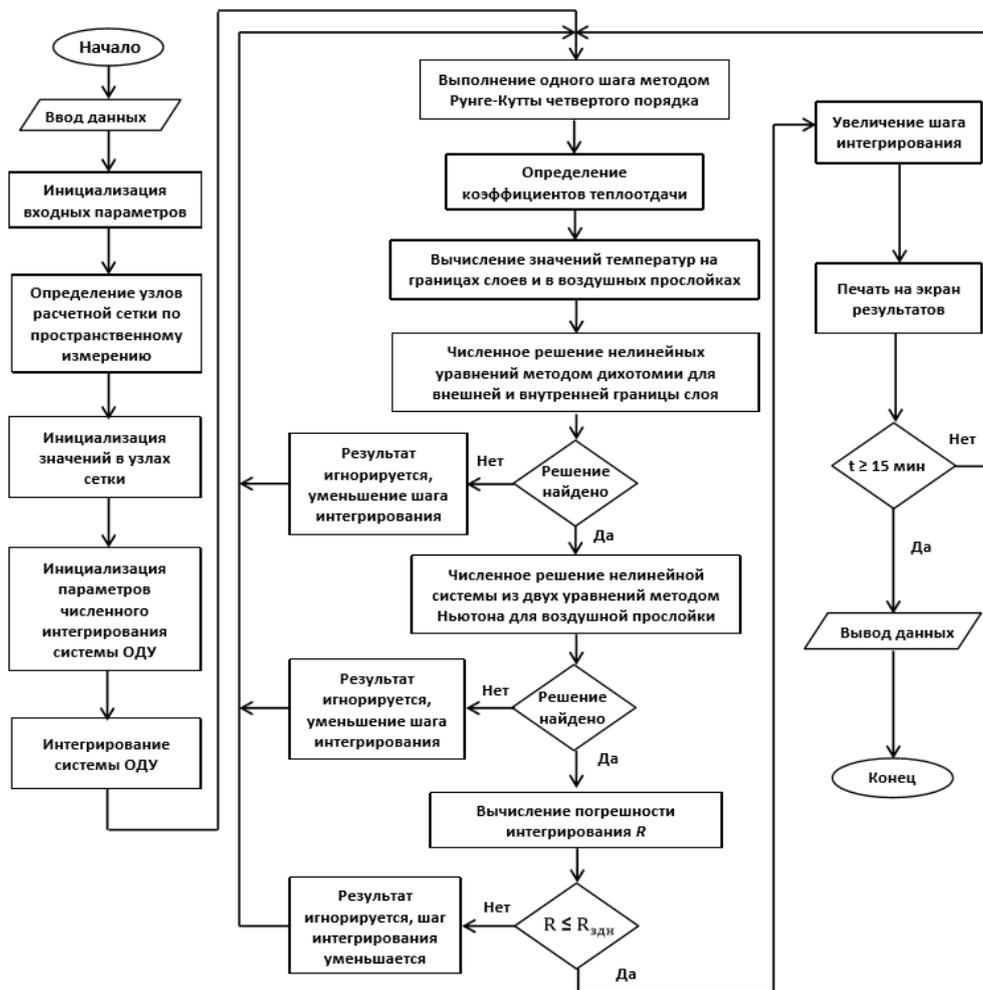


Рис. 3. Блок-схема алгоритма расчета температур на границах системы нестационарного теплообмена: t – время тепловой экспозиции пожара; R – расчетная погрешность интегрирования; $R_{здин}$ – заданная погрешность интегрирования

Исходными данными для вычислений являются теплофизические параметры окружающей среды, геометрические и теплофизические параметры материалов, а также время тепловой экспозиции (табл. 1).

**Исходные данные для расчета температур на границах системы нестационарного теплообмена
«окружающая среда – средство защиты» в системе программных средств IDE**

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	2	3
Параметры окружающей среды		
1	Температура воздуха и экспериментального образца в начальный момент времени, °С	20
2	Температура пламени, °С	1 200
4	Скорость ветра, м/с	0
5	Степень черноты воздуха	0,85
Время тепловой экспозиции		
6	Время тепловой экспозиции, с	900
Параметры кремнеземной ткани с металлизированным покрытием (ТК-800)		
7	Температура ткани в начальный момент времени, °С	26
8	Степень черноты поверхности	0,7
9	Поверхностная плотность, кг/м ²	0,75
10	Коэффициент теплопроводности, Вт·м ⁻¹ ·°С ⁻¹ при температуре 20 °С	0,03
	500 °С	0,04
	1 000 °С	0,05
	1 200 °С	0,06
11	Удельная теплоемкость, Дж/кг·°С при температуре 250 °С	1 006
	450 °С	1 100
	1 000 °С	1 215
12	Толщина ткани, м	0,0006
13	Геометрические размеры ткани, м	0,12×0,12
Параметры кремнеземной ткани КТ-11-С8/3		
14	Температура ткани в начальный момент времени, °С	26
15	Степень черноты поверхности	0,9
16	Поверхностная плотность, кг/м ²	0,6
17	Коэффициент теплопроводности, Вт·м ⁻¹ ·°С ⁻¹ при температуре 20 °С	0,03
	500 °С	0,14
	1 000 °С	0,22
18	Удельная теплоемкость, Дж/кг·°С при температуре 250 °С	1 006
	450 °С	1 100
	1 000 °С	1 215
19	Толщина ткани, м	0,0006
20	Геометрические размеры ткани, м	0,12×0,12
Параметры теплоизоляционной ткани «Eko wool»		
21	Температура ткани в начальный момент времени, °С	26
22	Степень черноты поверхности	0,9
23	Поверхностная плотность, кг/м ²	0,6
24	Коэффициент теплопроводности, Вт·м ⁻¹ ·°С ⁻¹ при температуре 20 °С	0,03
	600 °С	0,16
	1 000 °С	0,34
25	Удельная теплоемкость, Дж/кг·°С при температуре 250 °С	1 006
	450 °С	1 100
	1 000 °С	1 215
26	Толщина ткани, м	0,021
27	Геометрические размеры ткани, м	0,12×0,12

Вышеуказанный программный продукт позволяет определить на границах системы теплообмена в период теплового воздействия открытого пламени в заданное время t : температуру поверхности теплоотражательной ткани T1 (со стороны пламени); температуру на границе поверхностей теплоотражательной ткани и теплоизоляционной T12; температуру поверхности теплоизоляционной ткани на противоположной нагреву стороне пакета материалов Tr (рис. 4).

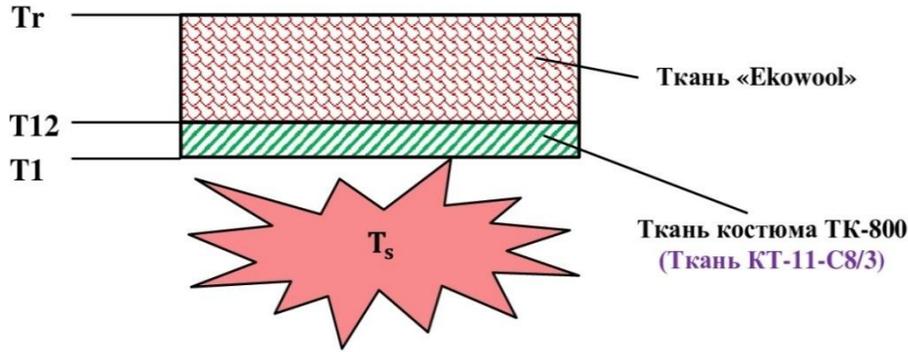


Рис. 4. Границы системы теплообмена пакета термостойких материалов с окружающей средой

Расчет, выполненный в системе IDE, позволил установить, что через 15 мин воздействия открытого пламени с температурой $T_s = 1\ 200\ ^\circ\text{C}$ в течение 15 мин на комплект № 1 и № 2 температуры поверхностей на противоположных нагреву сторонах пакетов составляют $102\ ^\circ\text{C}$ (рис. 5) и $107\ ^\circ\text{C}$ соответственно (рис. 6).

t	T1	T12	Tr	4.400	899.800	800.194	100.282	8.900	903.122	804.001	101.617	13.400	903.127	804.007	101.619
0.000	28.787	20.000	20.000	4.500	900.247	800.691	100.447	9.000	903.123	804.002	101.617	13.500	903.128	804.008	101.620
0.100	224.317	90.744	20.000	4.600	900.618	801.127	100.593	9.100	903.180	803.980	101.617	13.600	903.132	804.006	101.620
0.200	321.951	184.674	20.000	4.700	900.945	801.502	100.722	9.200	903.123	804.003	101.618	13.700	903.128	804.008	101.620
0.300	402.391	264.547	20.003	4.800	901.232	801.826	100.836	9.300	903.124	804.003	101.618	13.800	903.128	804.007	101.620
0.400	468.750	331.463	20.046	4.900	901.476	802.110	100.936	9.400	903.125	804.004	101.618	13.900	903.134	804.005	101.620
0.500	524.452	388.529	20.252	5.000	901.690	802.355	101.023	9.500	903.136	803.999	101.618	14.000	903.128	804.007	101.620
0.600	571.536	436.382	20.819	5.100	901.877	802.569	101.099	9.600	903.125	804.005	101.618	14.100	903.127	804.007	101.620
0.700	610.823	476.629	21.943	5.200	902.038	802.754	101.166	9.700	903.125	804.005	101.619	14.200	903.127	804.007	101.619
0.800	643.765	511.076	23.724	5.300	902.178	802.916	101.224	9.800	903.141	803.999	101.619	14.300	903.165	803.992	101.619
0.900	671.906	541.021	26.228	5.400	902.301	803.057	101.275	9.900	903.125	804.005	101.619	14.400	903.128	804.008	101.619
1.000	696.080	567.158	29.427	5.500	902.407	803.179	101.319	10.000	903.126	804.006	101.619	14.500	903.129	804.008	101.619
1.100	717.155	590.263	33.233	5.600	902.500	803.286	101.358	10.100	903.159	803.993	101.619	14.600	903.128	804.008	101.619
1.200	735.747	610.900	37.524	5.700	902.588	803.376	101.391	10.200	903.127	804.007	101.619	14.700	903.129	804.008	101.619
1.300	752.276	629.414	42.147	5.800	902.652	803.460	101.421	10.300	903.131	804.006	101.619	14.800	903.144	804.002	101.619
1.400	766.974	646.120	46.943	5.900	902.713	803.530	101.446	10.400	903.127	804.007	101.619	14.900	903.131	804.006	101.619
1.500	780.295	661.340	51.804	6.000	902.767	803.592	101.469	10.500	903.127	804.007	101.619	15.000	903.128	804.008	101.620
1.600	792.339	675.197	56.581	6.100	902.814	803.646	101.488	10.600	903.129	804.007	101.619				
1.700	803.288	687.861	61.175	6.200	902.856	803.692	101.505	10.700	903.128	804.007	101.619				
1.800	813.279	699.465	65.512	6.300	902.889	803.733	101.520	10.800	903.128	804.007	101.619				
1.900	822.399	710.089	69.533	6.400	902.919	803.768	101.533	10.900	903.128	804.007	101.619				
2.000	830.714	719.793	73.206	6.500	902.947	803.799	101.544	11.000	903.132	804.005	101.619				
2.100	838.306	728.661	76.530	6.600	903.025	803.803	101.554	11.100	903.127	804.007	101.619				
2.200	845.245	736.737	79.515	6.700	902.990	803.849	101.562	11.200	903.127	804.007	101.619				
2.300	851.510	744.089	82.174	6.800	903.007	803.869	101.570	11.300	903.127	804.007	101.619				
2.400	857.214	750.747	84.535	6.900	903.023	803.887	101.576	11.400	903.128	804.006	101.619				
2.500	862.361	756.753	86.619	7.000	903.066	803.890	101.582	11.500	903.127	804.007	101.619				
2.600	867.020	762.138	88.453	7.100	903.048	803.916	101.586	11.600	903.129	804.007	101.619				
2.700	871.156	766.998	90.067	7.200	903.059	803.928	101.591	11.700	903.131	804.006	101.619				
2.800	874.891	771.342	91.487	7.300	903.068	803.938	101.594	11.800	903.128	804.008	101.619				
2.900	878.218	775.207	92.728	7.400	903.075	803.947	101.598	11.900	903.128	804.007	101.619				
3.000	881.192	778.659	93.820	7.500	903.082	803.954	101.600	12.000	903.128	804.008	101.619				
3.100	883.826	781.716	94.772	7.600	903.088	803.962	101.603	12.100	903.127	804.007	101.619				
3.200	886.168	784.431	95.606	7.700	903.093	803.967	101.605	12.200	903.129	804.007	101.619				
3.300	888.238	786.829	96.335	7.800	903.098	803.973	101.607	12.300	903.134	804.005	101.619				
3.400	890.075	788.954	96.975	7.900	903.104	803.976	101.609	12.400	903.127	804.007	101.619				
3.500	891.694	790.823	97.533	8.000	903.105	803.981	101.610	12.500	903.127	804.007	101.619				
3.600	893.120	792.478	98.022	8.100	903.107	803.984	101.611	12.600	903.127	804.007	101.619				
3.700	894.378	793.930	98.448	8.200	903.111	803.987	101.612	12.700	903.160	803.993	101.619				
3.800	895.485	795.208	98.821	8.300	903.113	803.990	101.613	12.800	903.127	804.007	101.619				
3.900	896.454	796.332	99.147	8.400	903.114	803.992	101.614	12.900	903.128	804.007	101.619				
4.000	897.310	797.321	99.433	8.500	903.116	803.994	101.615	13.000	903.128	804.007	101.619				
4.100	898.062	798.183	99.682	8.600	903.127	803.992	101.615	13.100	903.128	804.008	101.619				
4.200	898.717	798.945	99.900	8.700	903.119	803.998	101.616	13.200	903.144	804.002	101.619				
4.300	899.294	799.612	100.097	8.800	903.123	803.998	101.616	13.300	903.128	804.008	101.619				

Рис. 5. Результаты вычислений IDE значений температуры на границах системы теплообмена в зависимости от времени (комплект № 1)

0.000	21.835	20.000	20.000	4.400	861.441	846.159	105.358	8.900	864.999	849.698	106.824	13.400	865.003	849.702	106.826
0.100	187.322	153.909	20.000	4.500	861.971	846.619	105.564	9.000	865.000	849.700	106.824	13.500	865.003	849.703	106.826
0.200	302.922	266.915	20.000	4.600	862.398	847.053	105.742	9.100	864.992	849.710	106.824	13.600	865.002	849.704	106.826
0.300	392.927	355.529	20.000	4.700	862.763	847.424	105.895	9.200	864.995	849.709	106.825	13.700	865.003	849.703	106.826
0.400	464.313	425.971	20.107	4.800	863.077	847.744	106.026	9.300	865.001	849.701	106.825	13.800	865.003	849.704	106.826
0.500	528.353	481.272	20.506	4.900	863.339	848.030	106.139	9.400	865.002	849.702	106.825	13.900	865.004	849.703	106.826
0.600	565.389	526.883	21.492	5.000	863.581	848.256	106.236	9.500	865.000	849.701	106.825	14.000	865.004	849.703	106.826
0.700	600.000	563.207	23.275	5.100	863.782	848.461	106.319	9.600	865.000	849.699	106.825	14.100	865.004	849.704	106.826
0.800	600.000	571.406	25.956	5.200	863.954	848.636	106.390	9.700	865.002	849.702	106.825	14.200	865.000	849.708	106.826
0.900	600.000	574.153	29.543	5.300	864.101	848.786	106.452	9.800	865.001	849.703	106.825	14.300	865.004	849.703	106.826
1.000	600.000	576.093	33.884	5.400	864.228	848.917	106.505	9.900	865.000	849.706	106.825	14.400	865.004	849.703	106.826
1.100	600.000	577.609	38.698	5.500	864.338	849.026	106.550	10.000	865.001	849.704	106.825	14.500	865.004	849.704	106.826
1.200	600.243	578.924	43.654	5.600	864.431	849.121	106.589	10.100	865.003	849.702	106.825	14.600	865.005	849.704	106.826
1.300	601.904	581.399	48.479	5.700	864.514	849.205	106.622	10.200	865.004	849.703	106.825	14.700	865.005	849.704	106.826
1.400	602.129	582.372	52.989	5.800	864.582	849.275	106.651	10.300	865.004	849.704	106.825	14.800	865.002	849.707	106.826
1.500	606.805	586.338	57.082	5.900	864.643	849.336	106.676	10.400	865.003	849.703	106.826	14.900	864.996	849.713	106.826
1.600	613.842	593.285	60.718	6.000	864.692	849.388	106.697	10.500	865.004	849.704	106.826	15.000	865.003	849.703	106.826
1.700	629.571	613.472	63.899	6.100	864.737	849.431	106.715	10.600	865.004	849.704	106.826				
1.800	674.585	657.030	66.676	6.200	864.771	849.478	106.731	10.700	865.003	849.702	106.826				
1.900	707.200	690.317	69.165	6.300	864.807	849.503	106.744	10.800	865.001	849.707	106.826				
2.000	732.394	715.541	71.622	6.400	864.835	849.532	106.756	10.900	865.004	849.703	106.826				
2.100	752.534	735.780	74.235	6.500	864.859	849.556	106.766	11.000	865.003	849.702	106.826				
2.200	769.029	752.400	77.010	6.600	864.877	849.580	106.774	11.100	865.003	849.703	106.826				
2.300	782.760	766.287	79.856	6.700	864.898	849.596	106.781	11.200	865.003	849.703	106.826				
2.400	794.376	778.033	82.666	6.800	864.899	849.625	106.788	11.300	865.004	849.703	106.826				
2.500	804.292	788.064	85.353	6.900	864.925	849.623	106.793	11.400	865.004	849.704	106.826				
2.600	812.807	796.711	87.855	7.000	864.932	849.642	106.798	11.500	864.990	849.716	106.826				
2.700	820.141	804.152	90.142	7.100	864.946	849.644	106.802	11.600	865.002	849.706	106.826				
2.800	826.395	810.470	92.201	7.200	864.954	849.653	106.805	11.700	864.981	849.730	106.826				
2.900	831.699	815.938	94.034	7.300	864.962	849.660	106.808	11.800	865.005	849.704	106.826				
3.000	836.331	820.557	95.650	7.400	864.966	849.667	106.811	11.900	865.004	849.704	106.826				
3.100	840.282	824.579	97.064	7.500	864.974	849.673	106.813	12.000	865.004	849.703	106.826				
3.200	843.699	828.041	98.294	7.600	864.977	849.677	106.815	12.100	865.005	849.704	106.826				
3.300	846.646	831.036	99.358	7.700	864.980	849.679	106.816	12.200	865.005	849.706	106.826				
3.400	849.191	833.624	100.293	7.800	864.983	849.684	106.818	12.300	865.001	849.705	106.826				
3.500	851.383	835.853	101.167	7.900	864.986	849.686	106.819	12.400	865.003	849.705	106.826				
3.600	853.275	837.776	101.939	8.000	864.989	849.688	106.820	12.500	865.001	849.709	106.826				
3.700	854.995	839.433	102.612	8.100	864.991	849.690	106.821	12.600	865.004	849.704	106.826				
3.800	856.309	840.861	103.196	8.200	864.991	849.692	106.821	12.700	865.004	849.703	106.826				
3.900	857.520	842.092	103.702	8.300	864.989	849.699	106.822	12.800	865.000	849.706	106.826				
4.000	858.561	843.153	104.138	8.400	864.994	849.693	106.822	12.900	865.003	849.703	106.826				
4.100	859.462	844.066	104.514	8.500	864.996	849.696	106.823	13.000	865.004	849.703	106.826				
4.200	860.235	844.854	104.839	8.600	864.928	849.771	106.823	13.100	865.002	849.702	106.826				
4.300	860.903	845.533	105.118	8.700	864.998	849.698	106.824	13.200	864.968	849.747	106.826				
				8.800	864.998	849.698	106.824	13.300	864.991	849.716	106.826				

Рис. 6. Результаты вычислений IDE значений температуры на границах системы теплообмена в зависимости от времени (комплект № 2)

Погрешность значений температур, полученных с помощью эмпирических формул и рассчитанных с применением системы IDE, составила: для комплекта № 1 – 7 %; для комплекта № 2 – 2 %.

Заключение

Согласно проведенным расчетам установлено, что после теплового воздействия пламенем с температурой 1 200 °С на пакеты материалов в течение 15 мин наименьшей температурой поверхности при прочих равных условиях обладает комплект № 1, следовательно, среди исследуемых образцов для создания МСЗ целесообразно использовать пакет материалов, в состав которого входит теплоотражательная ткань с металлизированным покрытием костюма ТК-800 и теплоизоляционная ткань «Ekwool».

Так как расхождения между значениями температур, рассчитанными эмпирическими формулами и с помощью системы IDE, незначительны (7 % – для комплекта № 1 и 2 % – для комплекта № 2), то в дальнейшем при проектировании средств защиты людей от тепловых воздействий целесообразно использовать указанный программный продукт, осуществляющий вычисления на основе разработанного алгоритма, что позволит получать необходимые данные без проведения многочисленных трудоемких и дорогостоящих экспериментов.

Список источников

1. О Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 16 окт. 2019 г. № 501. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 дек. 2001 г. № 197-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Выбор материала для средства защиты людей от теплового воздействия лесного пожара / А.В. Готовский [и др.] // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. Химки: Акад. гражданской защиты МЧС России, 2019. № 4. С. 56–61.

4. Справочно-информационная система «Ландшафтные пожары». Средства борьбы. Коллективные средства спасения. URL: http://sibpsa.ru/sis_pp/sr_br/sredstva/view.php?code=2 (дата обращения: 02.03.2023).

5. Логинов В.И. Конструирование и комплексная оценка качества специальной защитной одежды пожарных: дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВНИИПО МЧС России, 2010. 244 с.

6. Соколянский В.В. Обоснование параметров средств тепловой защиты спасателей в кабине пожарного автомобиля: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Донецк, 2016. 21 с.

7. Исхаков Х.И. Защита автотранспортных средств при воздействии тепловых потоков пожара: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: МГТУ, 1991. 32 с.

8. Определение параметров теплообмена замкнутых систем с окружающей средой / Х.И. Исхаков [и др.]. М.: ГФАП СССР, 1990. 55 с.

9. Безбородько М.Д., Исхаков Х.И. О защите пожарных автомобилей от теплового излучения на пожарах // Горение и проблемы тушения пожаров: сб. науч. трудов. М.: ВНИИПО МЧС России, 1979. С. 121–126.

10. Федоров Р.М. Термодинамика и теплопередача: учеб. М: Издание АИР, 2012. 328 с.

References

1. О Стратегии в области развития гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах на период до 2030 года: Указ Президента Рос. Федерации от 16 окт. 2019 г. № 501. Доступ из информ.-правового портала «Garant».

2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 дек. 2001 г. № 197-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Выбор материала для средства защиты людей от теплового воздействия лесного пожара / А.В. Готовский [и др.] // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. Химки: Акад. гражданской защиты МЧС России, 2019. № 4. С. 56–61.

4. Справочно-информационная система «Ландшафтные пожары». Средства борьбы. Коллективные средства спасения. URL: http://sibpsa.ru/sis_pp/sr_br/sredstva/view.php?code=2 (дата обращения: 02.03.2023).

5. Loginov V.I. Konstruirovaniye i kompleksnaya ocenka kachestva special'noj zashchitnoj odezhdy pozharnyh: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M.: VNIIPPO MCHS Rossii, 2010. 244 s.

6. Sokolyanskiy V.V. Obosnovaniye parametrov sredstv teplovoj zashchity spasatelej v kabine pozharnogo avtomobilya: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Doneck, 2016. 21 s.

7. Iskhakov H.I. Zashchita avtotransportnyh sredstv pri vozdejstvii teplovyh potokov pozhara: avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. M.: MGTU, 1991. 32 s.

8. Opredeleniye parametrov teploobmena zamknutyh sistem s okruzhayushchej sredoy / H.I. Iskhakov [i dr.]. M.: GFAP SSSR, 1990. 55 s.

9. Bezborod'ko M.D., Iskhakov H.I. O zashchite pozharnyh avtomobilej ot teploвого izlucheniya na pozharah // Goreniiye i problemy tusheniya pozharov: sb. nauch. trudov. M.: VNIIPPO MCHS Rossii, 1979. S. 121–126.

10. Fedorov R.M. Termodinamika i teploperedacha: ucheb. M: Izdanie APR, 2012. 328 s.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 07.03.2023; одобрена после рецензирования: 04.05.2023;
принята к публикации: 16.06.2023

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 07.03.2023; approved after review: 04.05.2023;
accepted for publication: 16.06.2023

Сведения об авторах:

Гутовский Алексей Вениаминович, старший преподаватель кафедры инженерной защиты населения и территорий Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Московская обл., г. Химки, мкр. Новогорск, ул. Соколовская, стр. 1 А), кандидат технических наук, e-mail: gutovskiy.alexey@mail.ru

Морозов Александр Юрьевич, научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (119333, Москва, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2), кандидат физико-математических наук, e-mail: morozov@infway.ru

Турсенев Сергей Александрович, начальник кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: stursenev@yandex.ru

Information about the authors:

Gutovskiy Alexey V., senior lecturer of the department engineering protection of population and territories of Civil defence academy of EMERCOM of Russia (141435, Moscow region, Khimki, md. Novogorsk, Sokolovskaya str., bld. 1 A), candidate of technical sciences, e-mail: gutovskiy.alexey@mail.ru

Morozov Alexander Yu., researcher at the Federal research center «Computer science and control» of the Russian academy of sciences» (119333, Moscow, Vavilova str., 44, bld. 2), candidate of physical and mathematical sciences, e-mail: morozov@infway.ru

Tursenev Sergey A., head of the department of fire extinguishing and emergency rescue operations of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: stursenev@yandex.ru