

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»

Объект авторского права
УДК 614.897.2:614.84

ШУМАЙ
Сергей Михайлович

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТНАЯ ОБУВЬ
СПАСАТЕЛЯ-ПОЖАРНОГО С УЛУЧШЕННЫМИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.26.01 – охрана труда
(топливная и химическая промышленность)

Новополоцк
2024

Работа выполнена в государственном учреждении образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

- Научный руководитель: **Иванов Юрий Сергеевич**, кандидат технических наук, первый заместитель начальника учреждения «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь
- Официальные оппоненты: **Богданова Валентина Владимировна**, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией огнетушащих материалов учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»
Дронченко Владимир Александрович кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»
- Оппонирующая организация: Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Защита состоится 17 мая 2024 года в 13.00 на заседании совета по защите диссертаций К 02.19.01 при по адресу: 211446, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, аудитория 263, телефон ученого секретаря: +37529718-92-53.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой».

Автореферат разослан «12» 04 2024 года.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



Ю.А. Булавка

ВВЕДЕНИЕ

Работа при ликвидации чрезвычайных ситуаций сопряжена с большим риском для жизни и здоровья спасателя-пожарного. Внешние воздействия и физические нагрузки при этом часто граничат с предельными уровнями для человека и материалов специальной экипировки или превышают их. Наиболее сложными в плане ликвидации являются пожары на взрывопожароопасных производствах, к которым относятся предприятия топливной и химической промышленности. Обращающиеся на таких предприятиях вещества и используемое технологическое оборудование являются сами по себе потенциально опасными и любая чрезвычайная ситуация, произошедшая на них, сопровождается наличием большого количества опасных факторов, что требует обеспечения спасателей-пожарных надежными средствами индивидуальной защиты. В настоящее время в Республике Беларусь действует более 600 промышленных предприятий с взрывопожароопасным производством.

Как правило, термические ожоги у пожарных имеют местный характер и основной причиной их получения являются недостаточные теплозащитные свойства экипировки, одним из элементов которой является специальная защитная обувь (далее – СЗОП). При выполнении спасателем-пожарным оперативно-тактических задач, связанных с воздействием повышенных тепловых потоков и намоканием обуви, происходит значительное снижение ее теплозащитных свойств, а также создаются условия, при которых возможно получение ожогов.

Функциональность защитной экипировки связана с необходимостью обеспечения безопасности при работе, ее комфортности в носке и эргономичности. СЗОП должна удовлетворять нескольким требованиям, одно из которых – избегать недопустимого теплового напряжения во время выполнения работы, проявления активности при нахождении в агрессивной среде (при экстремальных температурах и различной влажности).

Таким образом, актуальность диссертационных исследований обоснована необходимостью комплексного решения проблемы обеспечения надежной защиты ног спасателя-пожарного от опасных факторов чрезвычайных ситуаций различного характера при выполнении аварийно-спасательных работ в определенных условиях окружающей среды и с учетом многих важных физических и физиологических факторов, влияющих на работу человека в стрессовых условиях.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Результаты диссертационной работы получены в ходе выполнения задания «Обоснование оптимальных технических решений производства специальной защитной обуви пожарных» государственной программы научных исследований «Информатика, космос и безопасность» (№ государственной регистрации 20162665, срок выполнения 2016-2017 г.).

Цель, задачи, объект и предмет исследования

Целью работы является обеспечение безопасных условий работы спасателей-пожарных за счет создания элемента специализированной экипировки – специальной защитной обуви, обеспечивающей защиту ног работников органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям от воздействия опасных факторов, возникающих при ликвидации чрезвычайных ситуаций различного характера.

Для достижения цели работы потребовалось решить следующие задачи:

- выполнить анализ показателей качества, конструктивных особенностей, применяемых материалов и методов проведения испытаний СЗОП;

- проанализировать показатели, определяющие теплозащитные свойства обуви и математические модели процесса охлаждения/нагрева стопы, позволяющие подобрать материалы для изготовления обуви с различными теплофизическими свойствами;

- разработать физико-математическую модель для прогнозирования теплопередачи и влагообмена в системе «стопа – обувь – окружающая среда», учитывающую условия окружающей среды и режимы работы спасателя-пожарного;

- провести исследования процессов теплопередачи в специальной защитной обуви при учете внутренней терморегуляции стопы для обеспечения комфортных условий (по температуре и влажности) при проведении аварийно-спасательных работ, которые предполагают воздействие как низких, так и высоких температур;

- определить конструкцию, а также теоретически и экспериментально обосновать материалы для изготовления специальной защитной обуви спасателя-пожарного с улучшенными потребительскими свойствами.

Объектом исследования является СЗОП, **предметом исследования** – ее эксплуатационные свойства.

Научная новизна

Разработана и обоснована математическая модель тепловлагопереноса в СЗОП, учитывающая терморегуляционные процессы в стопе, которая положена в основу методики расчета тепловлагопереноса в специальной защитной обуви спасателя-пожарного, что в свою очередь позволило научно обосновать модель СЗОП облегченной конструкции, предназначенной для защиты ног от механических повреждений, теплового потока, агрессивных сред и воды, а также от неблагоприятных климатических воздействий при проведении работ по тушению пожаров и аварийно-спасательных работ.

Положения, выносимые на защиту

1. Зависимости тепловлагопереноса в системе «стопа – обувь – окружающая среда» от геометрического образа модели защитной обуви, режима работы спасателя-пожарного, теплофизических свойств материалов деталей верха и низа обуви и опасных факторов окружающей среды, отличающиеся возможностью рассчитать температуру в любой части обуви для соответствующего момента времени, что позволяет получить температуру внутриобувного пространства как функцию времени, которая является критерием температурной комфортности стопы при эксплуатации обуви в условиях повышенной температуры.

2. Обоснование темпа деструкции кожного покрова стопы Ω при тепловом воздействии на специальную защитную обувь, отличающееся возможностью оптимизации конструкции обуви путем выбора различных пакетов материалов с требуемыми защитными свойствами, исходя из теплофизических характеристик материалов, составляющих обувной пакет, температурных условий окружающей среды и теплового потока к стопе (при $\Omega < 0,5$ деструкция кожи не наступает, при $0,5 \leq \Omega \leq 1$ наступают болевые ощущения, связанные с ожогом первой степени, при $\Omega > 1$ наступает ожог второй степени).

3. Установленный и экспериментально подтвержденный отрезок значений эффективного коэффициента теплопроводности ($\lambda = 0,03-0,06$ Вт/(м·К)) пакета материалов для изготовления специальной защитной обуви, при применении которого, с учетом внутренней терморегуляции в стопе и тяжести выполняемой работы, обеспечивается безопасная работа спасателя-пожарного, характеризующаяся не достижением во внутриобувном пространстве критической температуры 50 °С, при которой начинается разрушение ткани кожного покрова стопы, в течение времени ($t_{кр} = 10$ мин) при интенсивности теплового воздействия на верхний слой обуви 5 кВт/м², что в два раза выше нормативно установленного ($t_{кр} = 5$ мин).

4. Разработка и обоснование модели специальной защитной обуви спасателя-пожарного, включающие эксплуатационные испытания с опытным использованием при тушении пожаров и выполнении аварийно-спасательных работ, отличающиеся от стандартных лабораторных испытаний, возможностью учитывать факторы реальной эксплуатации изделия, что позволило определить защитные и эргономические свойства обуви, корректировать ее конструктивные особенности, повысить эргономические и защитные свойства и получить конструкцию модели специальной защитной обуви, у которой 40% нормативных защитных характеристик превосходят показатели серийно выпускаемых аналогов (компания «DOLENC JANEZ s.p.», Словения; ООО «Спецобувь», Беларусь).

Личный вклад соискателя ученой степени в результаты диссертации

Все результаты и положения, выносимые на защиту, получены лично автором. Научный руководитель принимал участие в постановке задач, определении возможных путей их решения, предварительном анализе и обсуждении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно. В публикациях с соавтором вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертационной работе результатов.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты проведенных исследований докладывались автором на Международной научно-практической конференции «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: противодействие современным вызовам и угрозам» (г. Минск, 2017 г.), VIII Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (г. Минск, 2019 г.), IX Международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (г. Минск, 2021 г.).

Разработанные ботинки специальные защитные пожарных облегченной конструкции модель 490011 (ТО ВУ 29119354.064-2020) внедрены в промышленное производство УП «Вердимар» холдинга «Белорусская

кожевенно-обувная компания «Марко». На данный момент произведено и реализовано в органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 8330 пар на общую сумму 2 989 470 белорусских рублей.

Опубликование результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 16 работ, из них 4 (1,55 авторского листа) соответствуют п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 4 (1,35 авторского листа) – статьи в рецензируемых научных журналах и сборниках, 7 (0,95 авторского листа) – материалы научных конференций, 1 патент на промышленный образец.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов, заключения и приложений. Работа изложена на 126 страницах, содержит 56 рисунков, 19 таблиц, 9 приложений на 46 страницах, библиографический список из 84 наименований.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе приведен аналитический обзор литературы по проблеме диссертационного исследования.

Анализ показателей качества, предъявляемых к кожаной обуви, показал, что наиболее важными потребительскими качествами СЗОП будут являться ее защитные свойства. Выделены защитные свойства СЗОП, представляющие наибольший интерес для исследований, а именно: влагообменные, влагозащитные и теплозащитные свойства.

Рассмотрены результаты исследований различных авторов по определению влагозащитных и теплозащитных свойств кожаной обуви. Установлены методы повышения влагозащитных свойств, которые зависят от гидрофобных свойств материалов, применяемых при изготовлении обуви, методов крепления материалов верха и низа, а также способов герметизации.

Проанализированы показатели, определяющие теплозащитные свойства обуви, основными из которых являются тепловое сопротивление пакета материалов, коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности. Рассмотрена математическая модель процесса охлаждения стопы, позволяющая подобрать материалы для изготовления обуви с различными теплофизическими свойствами. Однако приведенная модель не позволяет рассматривать случай нахождения стопы в обуви при

длительном воздействии повышенной температуры окружающей среды, что будет характерным для выполнения спасателем-пожарным работ по тушению пожара.

Анализ физико-математических моделей системы «стопа – обувь – окружающая среда» позволил установить, что при моделировании тепловлагопереноса в пакетах различных материалов, используемых для изготовления верха и низа обуви, должна учитываться их геометрическая форма. При моделировании, как правило, применяются математические модели нестационарного процесса теплопереноса для плоской пластины, цилиндрических и сферических сегментов с краевыми условиями 1–4-го рода. Такие модели позволяют рассчитать температуру в любой части обуви для соответствующего момента времени, в частности, можно получить температуру внутриобувного пространства как функцию времени, которая является критерием температурной комфортности стопы при эксплуатации обуви только в условиях низких температур.

Таким образом, в нашем исследовании решались актуальные задачи построения методики расчета теплопередачи и влагообмена в системе «стопа – обувь – окружающая среда» и проведения исследования процессов теплопередачи в специальной защитной обуви при учете внутренней терморегуляции стопы для обеспечения комфортных условий (по температуре и влажности) при проведении аварийно-спасательных работ, которые предполагают воздействие как низких, так и высоких температур.

На основании проведенного анализа обоснованы основные задачи и направления исследований.

Во второй главе проведен расчет тепловлагопереноса в СЗОП с учетом терморегуляционных процессов в стопе.

В системе «стопа – обувь – окружающая среда» передача тепла и влаги происходит непрерывно за счет теплопроводности, конвекции, радиационного переноса, диффузии.

Температура тела человека и в первую очередь кожного покрова определяется соотношением тепла и влаги (пота), подводимой к телу при терморегуляции, и интенсивности передачи тепла и влаги в/из окружающей среды при определенных теплоизоляционных свойствах обуви и ее конструктивных элементов (пакета материалов).

Температура в месте контакта между поверхностью кожи стопы и внутренней поверхностью обуви будет являться параметром теплового комфорта. Температура зоны контакта зависит от теплофизических свойств материала обуви, условий окружающей среды (температура, влажность, давление и т. д.), температуры кожи, наличия влаги (пота), времени контакта и т. д.

В основу построения модели передачи тепла и влаги в обувном материале с учетом потоотделения на поверхности кожи человека положены биотепловое уравнение (1) и обобщенное уравнение теплопередачи (2), решая которые можно получить результаты теплового состояния стопы при различных условиях:

$$\rho C_p \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{1}{x_{skin}^\omega} \frac{\partial}{\partial x_{skin}} x^\omega k_{skin} \frac{\partial T}{\partial x_{skin}} + \rho_b C_{pb} w_b T_a - T + q_m, \quad (1)$$

где ρ – плотность ткани стопы, кг/м^3 ; C_p – удельная теплоемкость ткани стопы, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; T – температура во внутриобувном пространстве, К ; t – время, с ; x_{skin} – толщина ткани стопы, м ; k_{skin} – теплопроводность ткани стопы, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; ω – коэффициент, определяющий форму рассматриваемого фрагмента ($\omega = 0$ – плоский фрагмент, $\omega = 1$ – цилиндрический фрагмент, $\omega = 2$ – сферический фрагмент); ρ_b – плотность крови, кг/м^3 ; C_{pb} – удельная теплоемкость крови, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; w_b – перфузия крови, $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{м}^3)$; T_a – температура артериальной крови, К ; $q_m = q_{m,0} + \Delta q_m$ – суммарная теплопродукция за счет метаболических процессов и дополнительной теплопродукции за счет локальной терморегуляции, $\text{Вт}/\text{м}^3$; $q_{m,0}$ – базальная метаболическая выработка тепла, $\text{Вт}/\text{м}^3$; Δq_m – дополнительная теплопродукция в мускульной ткани при изменении активности человека.

$$\rho_{ef} C_{pef}(x, T) \frac{\delta T}{\delta t} = \frac{1}{x^\omega} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^\omega k_{ef}(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + Q(t, x, T, \varphi), \quad (2)$$

где ρ_{ef} – плотность материала обуви, кг/м^3 ; C_{pef} – удельная теплоемкость материала обуви, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; k_{ef} – теплопроводность материала обуви, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; Q – вырабатываемая теплота, $\text{Вт}/\text{м}^3$; x – толщина материала обуви, м ; φ – влажность, $\%$.

Граничные условия для уравнения (1) ставятся следующим образом: нулевой тепловой поток в центре стопы и условие равенства тепловых потоков. Граничные условия для уравнения (2) ставятся как конвективные условия окружающей среды на поверхности последнего слоя материала обуви.

Температура кожи стопы T_{sk} рассчитывается из условия на границе поверхности кожи стопы и внутреннего слоя пористого материала обуви:

$$k_{skin} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=skin-0} = k_{clo} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=skin+0} \quad (3)$$

или

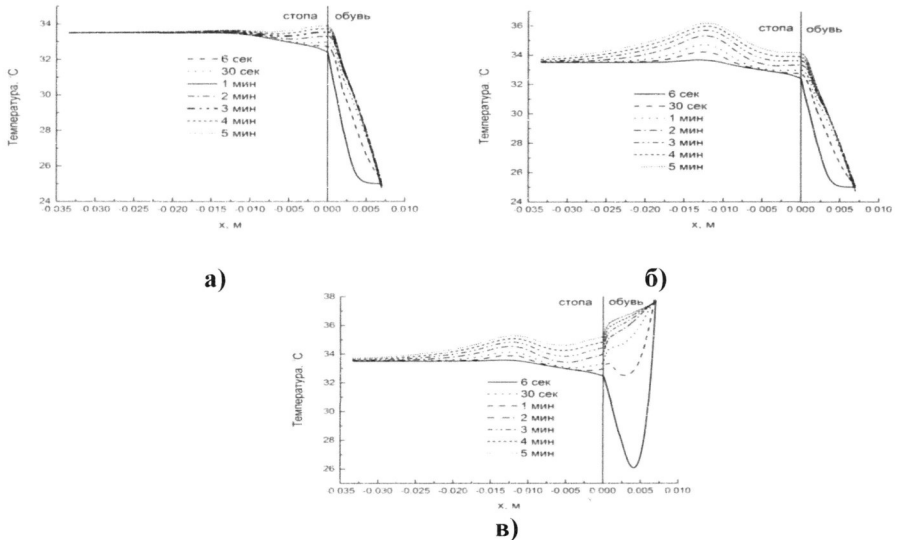
$$\frac{k_{skin}}{0,5\Delta x_i} T_{sk} - T_i = \frac{k_{clo}}{0,5\Delta x_{i+1}} (T_{i+1} - T_{sk}), \quad (4)$$

где k_{clo} – теплопроводность кожи пористого материала обуви, Вт/(м·К).

Таким образом, температуру кожи стопы можно определить из формулы (5)

$$T_{sk} = \left(\frac{k_{clo}}{\Delta x_{i+1}} T_{i+1} + \frac{k_{skin}}{\Delta x_i} T_i \right) / \left(\frac{k_{skin}}{\Delta x_i} + \frac{k_{clo}}{\Delta x_{i+1}} \right), \quad (5)$$

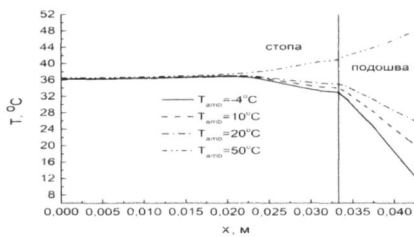
Проведено моделирование тепловлагопереноса для трех случаев активности человека: состояние покоя, ходьба со скоростью 4,8 км/ч, легкая работа. При этом принимались условия, что верхняя часть стопы покрыта многослойным пористым материалом: хлопок (1 мм) – воздушная прослойка (1 мм) – полиэстер (5 мм), начальная температура стопы – 25 °С, начальная влажность стопы – 80 %. Результаты моделирования представлены на графиках (рисунок 1).



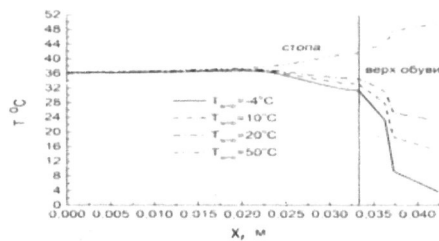
а – состояние покоя; **б** – ходьба со скоростью 4,8 км/ч; **в** – легкая работа

Рисунок 1 – Распределение температуры в стопе и обуви

Рассмотрено воздействие температуры на низ и верх обуви. Предполагалось, что человек стоит и на него воздействует температура окружающей среды, характерная для климатических условий Республики Беларусь зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов. В качестве пакета материалов рассматривались: низ обуви: хлопок – полиэстер – полиамид – полиуретан; верх обуви: хлопок – полиэстер – кожа.



а)



б)

а – низ обуви; б – верх обуви

Рисунок 2 – Изменение температуры в стопе и материалах обуви при различной температуре окружающей среды и влажности 90 % через 20 минут после начала эксплуатации

Графики на рисунке 2 показывают изменение температуры в стопе и материалах низа и верха обуви после 20 минут воздействия температуры. За счет меньшего теплосопrotивления температура поверхности стопы немного меньше, однако остается в пределах комфортности, за исключением случая повышенных температур окружающей среды.

Модель тепловлагопереноса в защитной обуви с учетом терморегуляционных процессов в стопе может быть использована для прогнозирования функциональности материалов, используемых для изготовления низа и верха обуви, с точки зрения возможности наступления ожога поверхности кожи. Разрушение слоя ткани кожного покрова человека, начинается, когда температура этого слоя поднимается выше 50 °С. Темп деструкции кожи моделируется с помощью аналогии с химической реакцией первого порядка

$$\frac{d\Omega}{dt} = P \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right), \quad (6)$$

где Ω – количественная оценка деструкции от ожога на любой глубине кожного покрова; P – частотный множитель, 1/с; ΔE – энергия активации для кожи, Дж/моль; T – температура рассматриваемого слоя кожи, К; $R = 8,314$ – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К).

$$\Omega = \int_0^t P \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right) dt. \quad (7)$$

Интегрирование уравнения (6) производится от момента, когда температура достигает критической ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$), до времени окончания воздействия.

Если $\Omega < 0,5$, то деструкции кожи не наступает. Если Ω изменяется от $0,5$ до 1 , то наступают болевые ощущения, связанные с ожогом первой степени, тогда как при $\Omega > 1$ наступает ожог второй степени.

Таким образом, результаты моделирования указывают на то, что при повышенных температурах окружающей среды в рассмотренном интервале времени хоть и может наступить дискомфортное состояние стопы, но критических явлений, связанных с поражением поверхности кожи за счет ожоговых воздействий, не происходит.

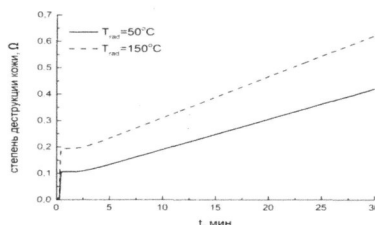


Рисунок 3 – Изменение степени деструкции кожи Ω со стороны поверхности подошвы обуви от времени t

На рисунке 3 приведено изменение степени деструкции кожи Ω при интенсивных внешних тепловых воздействиях на обувь. Здесь принято условие, что на расстоянии 5 м от фронта пламени при развитом пожаре возникают тепловые лучистые потоки до 5 кВт/м^2 , поглощаемые экипировкой спасателя-пожарного. В таком случае видно, что за рассмотренный промежуток времени может достигаться ситуация, когда при эксплуатации обуви возникает возможность получения ожога первой степени ($\Omega > 0,5$).

Для численной реализации построенной математической модели теплообмена совместно с «Институтом тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси» написана программа «Термокомфорт: расчет». Программа позволяет рассчитать степень деструкции кожи при интенсивных тепловых воздействиях на обувь.

В программе применен подход к построению виртуальной модели стопы для описания тепловых процессов в ней. Определялось влияние окружающей среды на тепловой комфорт с точки зрения наличия тепловой защиты обуви и функционирования системы терморегуляции в стопе и теле человека. Производилось моделирование передачи тепла и влаги от окружающей среды через обувь к слою кожи стопы (задание параметров теплопередачи за счет излучения, конвекции, испарения с поверхности кожи, теплофизических свойств материала обуви, кожи человека и т. д.).

Расчеты, проведенные с помощью программы «Термокомфорт: расчет» для пакета материалов (верх обуви: гидрофобная натуральная кожа

и текстильный материал с мембраной, низ обуви: полиуретановая подошва, металлическая антипрокольная стелька с войлочной накладкой), позволили определить значения эффективного коэффициента теплопроводности пакета материалов, при котором будет выполняться условие комфортности обуви. Расчетное значение коэффициента теплопроводности находилось в пределах 0,03–0,06 Вт/(м·К).

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям свойств материалов, предназначенных для изготовления СЗОП.

Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности пакета материалов, используемых для изготовления СЗОП, осуществлялось на лабораторной установке согласно приложению В СТБ 1971-2009. Испытанию был подвергнут пакет материалов, для которого осуществлен расчет коэффициента теплопроводности с помощью программы «Термокомфорт: расчет». В результате испытаний установлено, что значения коэффициента теплопроводности пакета материалов, используемых в экспериментальном образце специальной защитной обуви, составили: $\lambda = 0,035$ Вт/(м·К) для пакета материалов верха и $\lambda = 0,057$ Вт/(м·К) для пакета материалов низа.

Для определения участков стопы, наиболее подверженных нагреву в процессе эксплуатации, и времени достижения во внутриобувном пространстве критической температуры проводилось экспериментальное определение устойчивости экспериментального образца обуви к воздействию теплового потока 5 кВт/м^2 на испытательном стенде согласно приложению Б СТБ 2137-2010. Схема размещения термоэлектрических преобразователей в экспериментальном образце приведена на рисунке 4.

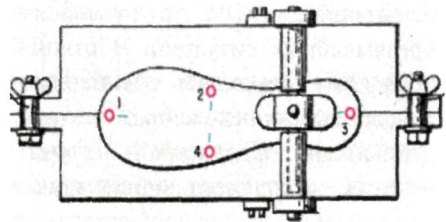


Рисунок 4 - Схема расположения термопар внутри обуви с указанием контрольных точек

Результаты проведенных испытаний представлены на рисунке 5, из которых видно, что наиболее подверженными нагреву в процессе эксплуатации обуви являются точки 1 и 3.

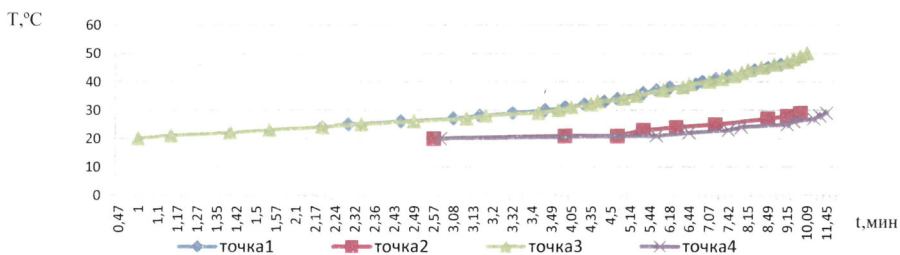


Рисунок 5 - Зависимость температуры внутриобувного пространства от времени теплового воздействия

Экспериментально установлено время достижения во внутриобувном пространстве критической температуры 50°C , при которой начинается разрушение кожного покрова человека, при интенсивном тепловом воздействии на верхний слой обуви 5 кВт/м^2 ($t_{кр} > 10 \text{ мин}$).

С целью определения фактических защитных и эргономических свойств и корректировки конструктивных особенностей СЗОП, снижающих эти свойства, разработана методика выполнения эксплуатационных испытаний СЗОП в условиях, моделирующих опасные факторы чрезвычайных ситуаций. В отличие от лабораторных испытаний, которые позволяют определить только основные технические характеристики обуви в условиях, определенных техническим нормативным правовым актом на данный вид продукции и не учитывают факторы реальной эксплуатации изделия, эксплуатационные испытания дополняют характеристики обуви, определенные при проведении лабораторных исследований, и позволяют оценить качество обуви в условиях реальной эксплуатации.

Методика эксплуатационных испытаний включает в себя два этапа: эксплуатационные испытания и непосредственно опытную носку при тушении пожаров и выполнении аварийно-спасательных работ. При предварительном осмотре дается оценка конструктивной составляющей обуви, а также оценка на предмет отсутствия острых и жестких краев и других элементов, способных привести к повреждению кожи стопы и вызвать дискомфорт при носке.

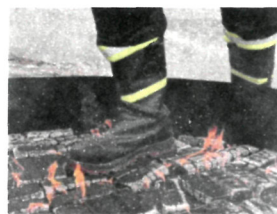
Испытание по оценке водонепроницаемости обуви заключается в прохождении испытателем определенного количества шагов в ванне, заполненной водой до установленной глубины (рисунок 6а).



а)



б)



в)

а – определение водонепроницаемости; б – определение устойчивости к прокалыванию; в – определение устойчивости к открытому пламени

Рисунок 6 – Эксплуатационные испытания

Водонепроницаемость оценивают визуальным и органолептическим способами. Если проникновение воды произошло, обозначают его местоположение и площадь.

Устойчивость к прокалыванию проверяется путем наступания испытателем поочередно левой и правой ногой на испытательную доску, изготовленную из обрезного пиломатериала и гвоздей. Дается оценка комфортности при проведении испытания. Фиксируют повреждения обуви (рисунок 6б).

Устойчивость к воздействию открытого пламени (имитация нахождения в очаге пожара) проверяется путем оценки комфортности нахождения в условиях имитации очага пожара. В квадратном металлическом поддоне имитируется очаг пожара при помощи деревянного бруса, который укладывается в поддон, заливается бензином и поджигается. После прогорания бруса до отсутствия открытого пламени испытатель поочередно левой и правой ногой вступает внутрь поддона на 5 с в течение 5 минут. Фиксируются повреждения обуви (рисунок 6в).

Для осуществления опытной носки работнику выдается пара обуви для несения боевого дежурства. В процессе эксплуатации оцениваются следующие параметры: удобство бега, удобство подъема/спуска по лестничному маршу, удобство ходьбы с оборудованием, удобство приседания/принятия положения стоя на колене, удобство подъема по выдвижной лестнице/автолестнице, водонепроницаемость. Результаты опытной носки оцениваются путем анкетирования испытателей.

С целью выбора улучшенной конструкции специальной защитной обуви и оценки ее эргономических показателей было организовано изготовление опытной партии базовой модели СЗОП из пакета материалов с эффективным коэффициентом теплопроводности в количестве двенадцати пар, и организованы их эксплуатационные испытания.

Результат эксплуатационных испытаний показал высокую стойкость образцов к открытому пламени и тепловому потоку, а также к проколу. Кроме того были определены конструктивные недоработки опытных образцов, а именно низкая водонепроницаемость, наличие большого количества выступающих элементов, недостаточный безопасный зазор в носочной части, плохая фиксация на ноге.

Четвертая глава направлена на разработку модели СЗОП с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Анализ результатов испытаний опытной партии позволил оптимизировать конструкцию СЗОП, разработать технологию увеличения водонепроницаемости и получить образцы с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Экспериментально установлено, что 40 % показателей доработанной СЗОП в сравнении с другими аналогами имеют лучшие значения. Например, показатель по сопротивлению проколу подошвы должен быть не менее 1200 Н, в свою очередь разработанная модель имеет показатель 1800 Н, а у аналогов не более 1440 Н. Глубина рифа подошвы и глубина рифа каблука в 4 раза больше нормативного значения, что составляет 5,7 мм и 6,2 мм. Разработанная модель обладает более высокой защитой носочной части ноги от воздействия температуры 200 °С. Повышение температуры на внутренней поверхности образцов составляет 39 °С, что указывает на лучшую защиту в сравнении с ботинками спасателя-пожарного BRANDBULL и ботинками с высокими берцами «Holik». Эксплуатационные испытания показали, что технические характеристики разработанных образцов обуви не ухудшаются после года активной эксплуатации.

Технологический процесс изготовления ботинок специальных защитных пожарных состоит из следующих операций: раскрой и обработка деталей; пошив заготовки; герметизация; затяжка заготовки на колодку; сборка узла низа обуви; прилив подошвы; отделка и придание товарного вида. Разработанная технология изготовления ботинок специальных защитных пожарных апробирована на действующих производственных линиях УП «Вердимар» холдинга «Белорусская коженно-обувная компания «Марко» и освоено их серийное производство (рисунок 10).



Рисунок 10 – Ботинки специальные защитные пожарных

В настоящее время в ОПЧС МЧС Республики Беларусь поставлено 8330 пар ботинок кожаных специальных пожарных модели 490011 (ТО ВУ 29119354.064-2020) облегченной конструкции на сумму 2 989 470 рублей.

Случаев травмирования ног спасателей-пожарных, применявших в качестве средства индивидуальной защиты ботинки кожаные специальные пожарные модели 490011 не зафиксировано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана модель теплового переноса в специальной защитной обуви спасателя-пожарного, в основу которой положена система уравнений переноса, включающая биотепловое уравнение для стопы и уравнение теплопроводности, переноса влаги и водяного пара в материалах обуви, которая позволила получить зависимости теплового переноса в системе «стопа – обувь – окружающая среда» от геометрического образа модели защитной обуви, режима работы спасателя-пожарного, теплофизических свойств материалов деталей верха и низа обуви и опасных факторов окружающей среды и рассчитать температуру в любой части обуви для соответствующего момента времени, которая является критерием температурной комфортности стопы при эксплуатации обуви в условиях повышенной температуры [4–А, 8–А].

2. Получены значения темпа деструкции кожного покрова стопы Ω при интенсивных тепловых воздействиях на специальную защитную обувь, которые позволяют оценить возможность получения ожога (при $\Omega < 0,5$ деструкция кожи не наступает, при $0,5 \leq \Omega \leq 1$ наступают болевые ощущения, связанные с ожогом первой степени, при $\Omega > 1$ наступает ожог второй степени) и положены в основу методики расчета теплового переноса в специальной защитной обуви спасателя-пожарного, позволяющую проводить оптимизацию конструкции обуви путем выбора различных пакетов материалов [4–А, 8–А].

3. Установлен и экспериментально подтвержден отрезок значений эффективного коэффициента теплопроводности пакета материалов для изготовления специальной защитной обуви ($\lambda = 0,03-0,06$ Вт/(м·К)) при применении которого, с учетом внутренней терморегуляции в стопе и тяжести выполняемой работы, обеспечивается безопасная работа спасателя-пожарного, характеризующаяся не достижением во внутриобувном пространстве критической температуры 50 °С, при которой начинается разрушение ткани кожного покрова стопы, в нормативного времени ($t_{кр} = 5$ мин) (применение материалов со значениями $\lambda = 0,035$ Вт/(м·К) для

пакета материалов верха и $\lambda = 0,057$ Вт/(м·К) для пакета материалов низа обеспечило экспериментально установленное время безопасной работы в 2 раза превышающее нормативное ($t_{кр} = 10$ мин) [4–А, 8–А].

4. Получены результаты экспериментальных исследований специальной защитной обуви спасателя-пожарного в условиях, моделирующих опасные факторы чрезвычайных ситуаций, по методике, которая включает в себя эксплуатационные испытания и опытную носку при тушении пожаров и выполнении аварийно-спасательных работ, позволившие определить фактические защитные и эргономические свойства обуви (защита от механических воздействий, теплового потока, агрессивных сред и воды, а также от неблагоприятных климатических воздействий) и осуществить корректировку конструктивных особенностей обуви, снижающих эти свойства [1–А, 2–А, 3–А, 5–А, 6–А, 7–А].

5. Разработана модель специальной защитной обуви спасателя-пожарного облегченной конструкции, предназначенная для защиты ног спасателя-пожарного от механических воздействий, теплового потока, агрессивных сред и воды, а также от неблагоприятных климатических воздействий при проведении работ по тушению пожаров и аварийно-спасательных работ, у которой 40% нормативных защитных характеристик превосходят показатели серийно выпускаемых аналогов (компания «DOLENC JANEZ s.p.», Словения; ООО «Спецобувь», Беларусь) [3–А, 16–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработано техническое описание на ботинки кожаные специальные пожарных модель 490011 (ТО ВУ 29119354.064-2020) облегченной конструкции, предназначенные для защиты ног спасателя-пожарного от механических воздействий, теплового потока, агрессивных сред и воды, а также от неблагоприятных климатических воздействий при проведении работ по тушению пожаров и аварийно-спасательных работ [16–А].

2. Разработана и апробирована на действующих производственных линиях УП «Вердимар» холдинга «Белорусская кожевенно-обувная компания «Марко» технология изготовления ботинок специальных защитных пожарных и освоено их серийное производство (сертификат соответствия № ЕАЭС ВУ 112 02.1.0.0042) [16–А]. На данный момент произведено и реализовано в органы и подразделения по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 8330 пар на общую сумму 2 989 470 белорусских рублей.

3. СЗОП используется в органах и подразделениях по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в качестве основного средства защиты ног от опасных факторов чрезвычайных ситуаций (акт о практическом использовании результатов исследований утвержден заместителем министра по чрезвычайным ситуациям от 13.01.2023 г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных изданиях, включенных в перечень ВАК

1–А. Разработка кожаной специальной защитной обуви пожарных / О. Д. Навроцкий, Ю. С. Иванов, С. М. Шумай, Я. А. Романенко, А. А. Старовойтов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2017. – № 1. – С. 143–150.

2–А. Шумай, С. М. Анализ технических требований и конструктивных особенностей современной специальной защитной обуви пожарных-спасателей / С. М. Шумай, Ю. С. Иванов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2019. – № 2. – С. 117–127.

3–А. Методика эксплуатационных испытаний специальной защитной обуви спасателей-пожарных / С.М. Шумай, Ю. С. Иванов, А.А. Старовойтов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 2. – С. 106–115.

4–А. Шумай, С.М. Теплозащитные свойства специальной защитной обуви пожарного-спасателя / С.М. Шумай // Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 4. – С. 27–34.

Статьи в рецензируемых научных журналах и сборниках

5–А. Разработка защитной обуви для пожарных и спасателей / О. Д. Навроцкий, Ю. С. Иванов, С. М. Шумай, Я. А. Романенко, А. А. Старовойтов // Инновационные технологии производства и хранения материальных ценностей для государственных нужд :междунар. науч. сб. / редкол.: С.Н. Рассоха [и др.]. – М., 2017. –Вып. 7. – С. 220–232.

6–А. Разработка специальной защитной обуви пожарных. Основные вопросы и решения / С. М. Шумай, О. Д. Навроцкий, Я. А. Романенко, О. Е. Игнашева, Ю. С. Иванов // Навуковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека. – 2018. – № 1. – С. 37–44.

7–А. Обеспечение водонепроницаемости специальной защитной обуви пожарных / С. М. Шумай, Ю. С. Иванов, О. Д. Навроцкий, Я. А. Романенко, О. Е. Игнашева, С. П. Асташов // Пожарная безопасность. – 2019. – № 1. – С. 55–58.

8–А. Шумай, С. М. Методика расчета тепловлагодопереноса защитной обуви пожарного спасателя / С. М. Шумай, Ю. С. Иванов, А. А. Старовойтов, Ю.С. Шатилов // Пожарная безопасность. – 2023. – № 2. – С. 55–63.

Статьи в сборниках научных трудов, конференций

9–А. Испытание опытной партии специальной защитной обуви пожарных / О. Д. Навроцкий, С. М. Шумай, Я. А. Романенко, А. А. Старовойтов // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: противодействие современным вызовам и угрозам : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11 апр. 2017 г. / Ун-т гражданской защиты МЧС Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – С. 152–155.

10–А. Исследование водонепроницаемости специальной защитной обуви пожарных / С. М. Шумай, О. Д. Навроцкий, Я. А. Романенко, О. А. Кримачева // Технологии ликвидации чрезвычайных ситуаций : сб. материалов III междунар. заоч. науч.-практ. конф., Минск, 28 апр. 2017 г. / Ун-т гражданской защиты МЧС Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – С. 63–65.

11–А. Водонепроницаемость специальной защитной обуви пожарных / О. Д. Навроцкий, С. М. Шумай, Я. А. Романенко, О. А. Кримачева // Горение и проблемы тушения пожаров : XXIX междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию ФБУ ВНИИПО МЧС России, Балашиха, 5 июля 2017 г. : тез. докл. : в 2 ч. / отв. ред. Е. Ю. Сушкина. – Балашиха, 2017. – Ч. 2. – С. 550–552.

12–А. Шумай, С. М. Опытная носка кожаной защитной обуви пожарных / С. М. Шумай, О. Д. Навроцкий, Я. А. Романенко // Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций : сб. материалов I междунар. науч.-практ. конф., Минск 16–17 нояб. 2017 г. / Ун-т гражданской защиты МЧС Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – С. 161–164.

13–А. Шумай, С. М. Улучшение эксплуатационных характеристик специальной защитной обуви пожарных-спасателей за счет достижения оптимального показателя по водонепроницаемости / С. М. Шумай, Ю. С. Иванов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : Материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 20-летию органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям, Минск, 16–17 окт. 2019 г. / НИИ ПБ и ЧС МЧС Респ. Беларусь ; науч. ред. Ю. С. Иванов. – Минск, 2019. – С. 9–12.

14–А. Шумай, С. М. Разработка модели теплового состояния специальной защитной обуви пожарного-спасателя при воздействии различных опасных факторов пожара и интенсивности выполняемой работы, позволяющей спрогнозировать теплофизические свойства материалов для изготовления специальной защитной обуви пожарного / С. М. Шумай, Ю. С. Иванов // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXXII междунар. науч.-практ. конф., Балашиха, 5–6 нояб. 2020 г. / отв. ред. Е. Ю. Сушкина. – Балашиха, 2020. – С. 804–808.

15–А. Шумай, С. М. Моделирование тепловлагопереноса в специальной защитной обуви спасателя пожарного / С. М. Шумай, Ю. С. Иванов, А. Д. Чорный // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : материалы IX междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию создания первого в Республике Беларусь научного подразделения в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров, Минск, 30 сент. 2021 г. / редкол.: Ю. С. Иванов. – Минск, 2021. – С. 249–256.

Патенты

16–А. Специальная защитная обувь пожарного : пат. на промышленный образец ВУ 4092 [Электронный ресурс] / Н. В. Мартынов, С. М. Шумай. – Оpubл. 28.02.2019. – Режим доступа: <https://search.ncip.by/database/index.php?pref=prom&lng=ru&page=3&target=4669>. – Дата доступа: 18.07.2023.

РЭЗІЮМЭ

Шумай Сяргей Міхайлавіч

Спецыяльны ахоўны абутак ратавальніка-пажарнага з палешанымі эксплуатацыйнымі характарыстыкамі

Ключавыя словы: спецыяльны ахоўны абутак ратавальніка-пажарнага, мадэляванне, цеплавагаперанос, эксплуатацыйныя выпрабаванні

Мэтай працы з'яўляецца тэарэтычнае і эксперыментальнае абгрунтаванне цеплаахоўных уласцівасцяў матэрыялаў, з якіх вырабляецца спецыяльны ахоўны абутак ратавальніка-пажарнага, якія дазваляюць праводзіць адзнаку цеплавых паводзін матэрыялаў пры розных вонкавых уздзеяннях, тым самым праводзіць наступную аптымізацыю канструкцыі абутку шляхам выбару розных пакетаў матэрыялаў.

Метады даследавання. Агульная метадалогія работы прадугледжвала спалучэнне тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў характарыстык спецыяльнага ахоўнага абутку ратавальніка-пажарнага. У дысертацыйнай рабоце прымяняюцца фарміруючы эксперымент і матэматычна-статыстычная апрацоўка эксперыментальных даных.

Атрыманыя вынікі. На падставе матэматычнага мадэлявання атрымана метадыка разліку цеплавагапераносу ў спецыяльным ахоўным абутку ратавальніка-пажарнага, якая дае магчымасць праводзіць аптымізацыю канструкцыі абутку шляхам выбару розных пакетаў матэрыялаў або ацэнку цеплавых паводзін пры розных знешніх уздзеяннях. Эксперыментальна ўсталяваны час дасягнення ваўнутрыабутковай прасторы крытычнай тэмпературы 50 °С, пры якім пачынаецца разбурэнне пластатканіны, размешчанай у скурным покрыве чалавека, пры інтэнсіўным цеплавым уздзеянні на верхні пласт абутку 5 кВт/м² ($t_{кр} > 5$ хвілін) і значэнне каэфіцыента цеплаправоднасці пакета матэрыялаў для вырабу спецыяльнага ахоўнага абутку ($\lambda = 0,03-0,06$ Вт/(м·К)). Распрацавана метадыка эксплуатацыйных выпрабаванняў спецыяльнага ахоўнага абутку ратавальніка-пажарнага ва ўмовах, якія мадэлююць небяспечныя фактары надзвычайных сітуацый, вынікі выпрабаванняў дазволілі вызначыць канструкцыю абутку з палешанымі эксплуатацыйнымі ўласцівасцямі па вільганепранікальнасці і стойкасці да механічных пашкоджанняў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Атрыманыя вынікі могуць быць выкарыстаны для ўкаранення і эфектыўнага выкарыстання спецыяльнага ахоўнага абутку ратавальніка-пажарнага ў практыцы ліквідацыі надзвычайных сітуацый.

Вобласць ужывання. Пажарная і прамысловая бяспека, пажарная прафілактыка, прагназаванне і маніторынг надзвычайных сітуацый.

РЕЗЮМЕ

Шумай Сергей Михайлович

Специальная защитная обувь спасателя-пожарного
с улучшенными эксплуатационными характеристиками

Ключевые слова: специальная защитная обувь спасателя-пожарного, моделирование, тепловлагоперенос, эксплуатационные испытания

Целью работы является теоретическое и экспериментальное обоснование теплозащитных свойств материалов, из которых изготавливается специальная защитная обувь спасателя-пожарного, позволяющее оценить тепловое поведение материалов при различных внешних воздействиях, проводить тем самым дальнейшую оптимизацию конструкции обуви путем выбора различных пакетов материалов.

Методы исследования. Общая методология работы предусматривала сочетание теоретических и экспериментальных исследований характеристик специальной защитной обуви спасателя-пожарного. В диссертационной работе применяются формирующий эксперимент и математико-статистическая обработка экспериментальных данных.

Полученные результаты. На основании математического моделирования получена методика расчета тепловлагопереноса в специальной защитной обуви спасателя-пожарного, позволяющая проводить оптимизацию конструкции обуви путем выбора различных пакетов материалов или оценку теплового поведения при различных внешних воздействиях. Экспериментально установлено время достижения во внутриобувном пространстве критической температуры $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, при которой начинается разрушение слоя ткани, расположенной в кожном покрове человека, при интенсивном тепловом воздействии на верхний слой обуви 5 кВт/м^2 ($t_{\text{кр}} > 5$ мин) и значение коэффициента теплопроводности пакета материалов для изготовления специальной защитной обуви ($\lambda = 0,03\text{--}0,06\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$). Разработана методика эксплуатационных испытаний специальной защитной обуви спасателя-пожарного в условиях, моделирующих опасные факторы чрезвычайных ситуаций. Результаты испытаний позволили определить конструкцию обуви с улучшенными эксплуатационными свойствами по влагонепроницаемости и стойкости к механическим повреждениям.

Рекомендации по использованию. Полученные результаты могут быть использованы для внедрения и эффективного использования специальной защитной обуви спасателя-пожарного в практике ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Область применения. Пожарная и промышленная безопасность, пожарная профилактика, прогнозирование и мониторинг чрезвычайных ситуаций.

SUMMARY

Shumay Sergey Mikhailovich

Special protective boots for firefighters with improved performance

Keywords: special protective boots for firefighters, modeling, heat and moisture transfer, exploitation tests

The purpose of the work is the theoretical and experimental substantiation of the heat-shielding properties of the materials of the special boots for firefighters. This makes it possible to evaluate the thermal behavior of materials under various external influences, thereby to further optimize the design of boots by choosing different materials.

Methodsof research. The general methodology of the work included a combination of theoretical and experimental studies of the characteristics of the special protective boots for firefighters. A formative experiment and mathematical-statistical processing of experimental data are used in the research.

Obtained results. Based on mathematical modeling, a method for calculating heat and moisture transfer in special protective boots for firefighters was obtained. It allows to optimize the design of boots by choosing different materials or to evaluate thermal behavior under various external influences. The time to reach the critical temperature of 50 °C in the intra-boot space, at which the destruction of the tissue layer that located in the human skin begins, was experimentally established. An intense thermal effect on the upper layer of the boot was 5 kW/m² ($t_{cr} > 5$ min) and the thermal conductivity coefficient of the materials of special protective boots was $\lambda = 0,03-0,06$ W/m·K.

The methodology for operational testing of special protective boots for firefighters under simulating conditions of hazardous factors of emergency situations has been developed. The test results made it possible to determine the design of boots with improved performance properties in terms of moisture and mechanical damage resistance.

Use recommendations. The obtained results can be used for the introduction and effective use of special protective boots for firefighters in the practice of emergency response.

Field of application. Fire and industrial safety, fire prevention, forecasting and monitoring of emergency situations.



Научное издание

Шумай Сергей Михайлович

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТНАЯ ОБУВЬ
СПАСАТЕЛЯ-ПОЖАРНОГО С УЛУЧШЕННЫМИ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.26.01 – охрана труда
(топливная и химическая
промышленность)

Ответственный за выпуск *Е. С. Памей*

Подписано в печать 04.04.2024. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,2.

Тираж 65 экз. Заказ 24348.

Полиграфическое исполнение:
общество с ограниченной ответственностью «Колорград».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 1/471 от 28.07.2015.

Пер. Велосипедный, 5-904, 220033, Минск.

+375 17 361 91 40

post@segment.by

segment.by

ЛИСТ ИСПРАВЛЕНИЙ

в тексте автореферата диссертации Шумая Сергея Михайловича
«Специальная защитная обувь спасателя-пожарного с улучшенными
эксплуатационными характеристиками» на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – охрана труда
(топливная и химическая промышленность)

№ страни- цы	Исходный текст	Исправленный текст
14	Рисунок 10 – Ботинки специальные защитные пожарных Технологический процесс изготовления ботинок ... и освоено их серийное производство (рисунок 10).	Рисунок 7 – Ботинки специальные защитные пожарных Технологический процесс изготовления ботинок ... и освоено их серийное производство (рисунок 7).
15, 16	Заключение (ссылки на список публикаций соискателя ученой степени) 1. [4-А, 8-А] 2. [4-А, 8-А] 3. [4-А, 8-А] 4. [1-А, 2-А, 3-А, 5-А, 6-А, 7-А]	Заключение (ссылки на список публикаций соискателя ученой степени) 1. [4-А, 8-А, 14-А, 15-А] 2. [4-А, 8-А, 14-А, 15-А] 3. [4-А, 8-А, 14-А, 15-А] 4. [1-А, 2-А, 3-А, 5-А, 6-А, 7-А, 9-А, 10-А, 11-А, 12-А, 13-А]
17	4-А. Шумай, С.М. Теплозащитные свойства специальной защитной обуви пожарного-спасателя / С.М. Шумай // Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 4. – С. 27–34	4-А. Шумай, С.М. Теплозащитные свойства специальной защитной обуви пожарного-спасателя / С.М. Шумай // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2023. – № 4. – С. 27–34

Соискатель



С.М.Шумай

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций
кандидат технических наук, доцент



Ю.А. Булавка