

На правах рукопису
УДК 687.17:620.17

ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ Дмитро Веніамінович

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕРМОЗАХИСНОГО ОДІГУ НА ОСНОВІ
СТВОРЕННЯ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ЙОГО
СПЕЦІАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Спеціальність С5.19.04 - "Технологія швейних
виробів"

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1994

Робота виконана у Державній академії легкої промисловості України.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00778351 (V)

Науковий керівник

кандидат технічних наук, професор
Л.І.Третьякова

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор,
академік В.О.Скатерний

кандидат технічних наук,
академік А.В.Соколов

Провідна організація - Український науково-дослідний інститут пожежної охорони, м.Київ.

Захист відбудеться 23.11 1994 р. о 10⁰⁰ год.
на засіданні спеціалізованої Ради Д 01.17.02 при Державній академії легкої промисловості України, ауд.

Адреса: 252101, Київ, вул.Немировича-Данченко,2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Академії.

Автореферат розіслано 21.10 1994 р.

Вчений секретар спеціалізованої
Ради к.т.н., професор

В.П.Коновал

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АБ України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Існує достатньо широке коло діяльності людини, яке пов'язане з необхідністю її перебування в екстремальних теплових умовах (металургія, пожежна справа, аварійно-рятувальні роботи). Створення спеціального одягу для захисту людини від дії комплексу теплових факторів середовища (інфрачервоного (ІЧ) випромінювання, високої температури невітря, полум'я) становить проблему, при розв'язанні якої виявляється недостатність інженерних методів проектування. Її вирішення можливе тільки науковими методами: для виявлення потреб та постановки цілей проектування, аналізу та синтезу альтернативних проектних рішень потрібне залучення теорії системного підходу, для оцінки та вибору оптимального рішення необхідне проведення комплексних експериментальних досліджень властивостей елементів одягу (матеріалів, пакетів), а також одягу в цілому.

Розробку методів і засобів лабораторних випробувань спеціальних властивостей термозахисного одягу можна взяти за основу при вирішенні центральної проблеми проектування – забезпечення відповідності одягу, що розробляється, до мети й умов його експлуатації.

Мета роботи. Створення спецодягу для роботи в екстремальних умовах дії комплексу теплових факторів на основі досліджень спеціальних властивостей матеріалів за розробленими методиками. Досягнення цієї мети реалізується завдяки вирішенню наступних задач:

- 1) аналіз проблем проектування спецодягу для захисту людини від теплових діянь середовища;
- 2) вибір системи цілей проектування термозахисного спецодягу;
- 3) теоретичне обґрунтування методу теплових випробувань захисних властивостей елементів одягу;
- 4) розробка пристроїв і методик теплових випробувань спеціальних властивостей елементів одягу: захисної спроможності, стійкості та потенційної безпечності;
- 5) експериментальні дослідження спеціальних властивостей матеріалів та пакетів матеріалів при комплексних теплових діях;
- 6) проектування термозахисного одягу на прикладі спеціальних

рукавиць для виконання аварійно-рятувальних робіт.

Об'єктами досліджень є: спецодяг для захисту від теплових діянь середовища, композиційні тепловідбивні матеріали, тканини та неткані полотна з натуральних та термостійких синтетичних волокон, пакети матеріалів.

Методи та засоби досліджень. При постановці цілей проектування й досліджень використано основні положення системного підходу. У теоретичних дослідженнях використано теорію складного (радіаційно-конвективного) теплообміну, методи проведення обчислювальних експериментів на математичних моделях. При експериментальних дослідженнях використано створені методи теплових випробувань спеціальних властивостей матеріалів, а також стандартні методи визначення показників властивостей матеріалів. Реалізацію обчислювального експеримента й обробку результатів багатфакторних фізичних експериментів проведено за допомогою ЕОМ.

Наукова новина роботи. Методами системного аналізу побудована багаторівнева система проектних цілей для розробки термозахисного одягу. Запропоновано критерії оцінки цільових функцій (спеціальних властивостей): ефектів захисту, стійкості та потенційної безпеки одягу.

Теоретично обґрунтовано й розроблено пристрої та методики оцінки спеціальних властивостей елементів термозахисного одягу.

Одержано емпіричні математичні моделі взаємозв'язку параметрів зовнішнього теплового режиму (умов експлуатації) з величинами критеріїв спеціальних властивостей пакетів матеріалів одягу. Визначено гранично-припустимі значення параметрів зовнішніх умов, за яких гарантується стійкість захисної функції одягу, виготовленого з різноманітних матеріалів.

Практична значущість. Розроблена структура проектних цілей, що дозволяє оптимізувати процес створення спецодягу для роботи людини в екстремальних теплових умовах за рахунок виключення непродуктивної витрати матеріальних ресурсів та скорочення терміну розробки одягу.

Опрацьовані методи лабораторних випробувань дозволяють з достатньою достовірністю оцінювати та прогнозувати комплекс

спеціальних властивостей термозахисного одягу, що проектується, у певних теплових умовах його експлуатації, що створє передумови для обґрунтування тактики використання одягу.

Розроблено конструкторсько-технологічне рішення спеціальних термозахисних рукавиць для виконання аварійно-рятувальних робіт. Виготовлену дослідну партію (200 пар) впроваджено в Українській воєнізованій частині Мінгазпрому (м.Харків).

Розроблені пристрої та методи випробувань використовуються в Українському науково-дослідному інституті по переробці хімічних волокон (УкрНДХВ) при створенні нових матеріалів для бойового одягу підрозділів пожежної охорони України (акт використання 1992 р.).

Апробація роботи. Основні положення і результати дисертаційної роботи деповідались і отримали позитивну оцінку наукової конференції країн СНД в м.Хмельницькому (1993 р.), науково-практичної конференції в Ужгороді (1991 р.), щорічних наукових конференцій професорсько-викладацького складу та молодих вчених ДАДТУ (м.Київ, 1990-1994 р.р.), розширеного наукового семінару кафедри ТВ (1994 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 6 наукових праць.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів з висновками, загальних висновків, списку використаної літератури 94 найменувань, 4 додатків. Роботу виконано на 152 сторінках, вона містить 30 малюнків, 4 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ присвячено аналізу проблем проектування термозахисного спецодягу.

Вивчення умов праці та досвіду експлуатації існуючого спецодягу показало, що однією з невирішених проблем є створення спецодягу для захисту людини від дії комплексу теплових факторів середовища (ІЧ-випромінювання, високої температури повітря, відкритого полум'я). Встановлено, що основні причини недовolenості споживачів цього спецодягу полягають у недостатньому рівні захисної спроможності одягу, а також у низькій стійкості мате-

ріалів, що використовуються, до дії теплових факторів. Окрім того, в екстремальних ситуаціях (вимушений локальний контакт з відкритим вогнем) одяг може ставати чинником додаткової теплової небезпеки для носія в наслідок залишкового горіння матеріалів. Недостатність обсягу і змісту супровідної інформації щодо властивостей одягу, який перебуває в експлуатації, не дозволяє споживачам розробляти тактику його використання у конкретних виробничих умовах.

Виходячи із загальної методології системного підходу до проектування спецодягу (В.Б.Романов), сформульовано гіпотезу про можливу структуру проектних цілей. Обрана структура проектних цілей має такі характерні особливості.

Порядок цілей є ієрархічним. Головна функція термозахисного спецодягу – забезпечення теплового комфорту людини – розглядається як проектна ціль I-го порядку. Мається на увазі, що основним засобом досягнення цілі I-го порядку є реалізація в одязі таких функцій: захисного ефекту, ефекту стійкості та ефекту потенційної безпечності (цілі 2-го порядку). Перелічені функції (ефекти) є складними, мають у структурі ряд простих функцій – цілей 3-го порядку. Виконання простих функцій забезпечується властивостями матеріалів (цілі 4-го порядку).

Обрані засоби досягнення захисного ефекту повинні забезпечити тепловий захист від комплексної дії теплових факторів різного походження: ІЧ-випромінювання та конвективного нагріву.

Під ефектом стійкості розуміють здатність одягу до збереження вихідного рівня тих функцій, від яких залежить його захисний ефект (функції відбивання, випромінювання та теплоізоляції).

Ефект потенційної безпечності одягу виражається мінімізацією можливих внутрішніх джерел теплових дій в одязі, зокрема, при протіканні екаотермічних процесів у його матеріалах: залишковому горінні, джевінні, піролізі, тощо.

У відповідності до запропонованої системи цілей розроблена функціональна модель проектованого одягу, яка відображає техніко-технологічні засоби, обрані для досягнення цілей. Встановлено, що реалізація необхідних складних функцій (ефектів) є можливою тільки за рахунок складної структури пакету матеріалів. Запропоновано номенклатуру критеріїв оцінки проектних рішень спецодягу,

яка складається з показників ефектів захисту, стійкості та потенційної безпечності одягу.

Аналіз існуючої приладо-методичної бази процесу проектування термозахисного одягу показав:

1. Критеріальні показники, передбачені у методиках теплових випробувань, є недостатньо інформативними щодо оцінки відповідності проектних рішень одягу до обраної системи цілей.

2. Випробувальна апаратура не дозволяє адекватно моделювати умови експлуатації одягу, що проектується.

3. Відсутність надійних лабораторних методів випробування проектних варіантів одягу викликає збільшення тривалості розробки, призводить до зниження прогностичної глибини проектних рішень, вимагає непродуктивної витрати матеріалів в разі виготовлення експериментальних зразків одягу для полігонних випробувань, які дорого коштують.

Таким чином, виявлена необхідність розробки нових науково-обґрунтованих методів лабораторних випробувань захисних елементів одягу, що дозволить підвищити ефективність одягу, а також оптимізувати процес його проектування.

У другому розділі теоретично обґрунтовано методику випробувань захисного ефекту елементів одягу.

Як критерій захисного ефекту обраний внутрішній тепловий режим, що реалізується в елементах одягу в результаті його ІЧ-опромінення та конвективного нагріву у рухливому повітряному середовищі.

Поставлено задачу виявлення найбільш значущих факторів складного конвективно-радіаційного теплообміну, які впливають на величину критерію захисного ефекту. Задачу розв'язано шляхом постановки обчислювального експерименту на математичній моделі теплообміну ізотермічних елементів ("вузлів") одягу.

Теплова взаємодія i -того вузла одягу з випромінюючим рухливим повітряним середовищем може бути описана за допомогою рівнянь теплового балансу, які мають вигляд

$$-(mc)_i \frac{dT_i}{dt} + Q_{\text{пол}} i - Q_{\text{вип}} i \pm Q_{\text{конв}} i - \sum_{j=1}^m Q_{\text{пр}j} = 0 \quad (1)$$

де m_i - маса i -того елемента, кг; C_i - питома теплоємність i -того елемента, Дж/кг.К; T_i - температура i -того елемента, К; τ - час, с; $Q_{\text{погл}i}$ - потік ІЧ-випромінювання, який поглинула поверхня i -того елемента, Вт; $Q_{\text{вип}i}$ - ІЧ-потік, який випромінює поверхня i -того елемента, Вт; $Q_{\text{конв}i}$ - конвективний потік тепла від поверхні i -того елемента оболонки до повітря, Вт; $Q_{\text{пр}j}$ - тепловий потік, що йде від i -того елемента оболонки до j -тих елементів внутрішнього пакета ізолюючих матеріалів, з якими i -тий елемент має тепловий зв'язок, Вт.

Щільність теплових потоків визначено з урахуванням ряду припущень:

променистий теплообмін у системі вважався дифузним;

спектральний склад падаючого випромінювання, а також оптичні характеристики теплосприймаючих поверхонь (спектральні поглинаюча здатність $A(\lambda)_i$ та ступінь чорноти $\epsilon(\lambda)_i$) обчислювалися у сірому наближенні;

поверхня одягу вважалася опуклою, тобто такою, яка не має ділянок, що обмінюються променистою енергією одна з одною;

опишуючи теплові зв'язки i - j -елементів одягу між собою, обмежилися аналізом лише кондуктивного теплообміну, припускаючи, що внутрішні конвекція і радіація у шарах матеріалів оболонки та ізоляції відсутні;

термічний опір ізолюючих матеріалів вважався таким, що не залежить від їх температури.

З урахуванням прийнятих припущень рівняння (1) для i -того елемента оболонки одягу за умови усталеного теплового режиму ($dT/d\tau = 0$) має вигляд:

$$A_i E_{\text{пад}} \cos \psi_i - \epsilon_i \sigma_0 T_i^4 - \bar{\alpha}_i (T_i - T_n) - \sum_{j=1}^m \left(\frac{T_i - T_j}{R_{ij}} \right) = 0 \quad (2)$$

де A_i - поглинаюча здатність поверхні; $E_{\text{пад}}$ - щільність потоку падаючого ІЧ-випромінювання, Вт/м²; ψ_i - кут між нормаллю до i -того елемента та напрямом до джерела ІЧ-випромінювання; ϵ_i - ступінь чорноти поверхні елемента; $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м².К⁴ - стала величина Больцмана; T_i - температура зовнішньої поверхні i -того елемента оболонки, К; $\bar{\alpha}_i$ - середній коефіцієнт конвективного

теплообміну між i -тим елементом і оточуючим середовищем, Вт/м².К;
 T_n - температура сточувчого повітря, К; T_j - температура j -того
 елемента внутрішнього пакету матеріалів, К; R_{ij} - еквівалентний
 термічний опір між i -тим та j -тим елементами, м².К/Вт.

Обчислювальний експеримент на моделі (2) дозволив встанови-
 ти багатофакторну залежність температури оболонки пакету матері-
 алів одягу $t_{об}$ від комплексу параметрів, що характеризують як
 зовнішні умови $Enag$, t_n й v_n (мал.1), так і умови внутрішнього
 теплообміну в одязі t_j та R_{ij} (мал.2). Рівняння (2) розв'язано
 відносно T_i шляхом застосування ітераційного методу січних-
 хорд, який реалізовано за допомогою ЕОМ. Розрахунки величини $\bar{\alpha}_i$
 проведено за критеріальним рівнянням, яке описує теплообмін між
 циліндром з еліптичним перетином та набігаючим потоком повітря:

$$Nu = 0,43 + 0,248 Re^{0,612}; \bar{\alpha}_i = \frac{Nu_i \lambda_n}{X_i}; Re_i = \frac{v_n X_i}{\nu_n} \quad (3)$$

де Nu - критерій Нуссельта; Re - критерій Рейнльдса; λ_n - ко-
 ефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/мК; X_i - характерний
 розмір i -того елемента, м; v_n - швидкість руху повітря, м/с;
 ν_n - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с.

Аналіз здобутих теоретичних квазі-однофакторних функцій
 $t_{об} = f(Enag)$, $t_{об} = f(R_{ij})$ та $t_{об} = f(t_j)$ дозволив
 висунути такі гіпотези. На характер залежності температури обо-
 лонки $t_{об}$ від щільності ІЧ-опромінення $Enag$ суттєво впливають
 умови зовнішнього конвективного теплообміну - температура повіт-
 ря t_n та швидкість вітру v_n . Найбільш значущим фактором внут-
 рішнього теплообміну в одязі є еквівалентний термічний опір ша-
 рів теплоізолюючих матеріалів R_{ij} .

Таким чином, теоретично з'ясовано, що достовірність та об-
 ґрунтованість оцінки захисного ефекту одягу за критерієм t_i
 можуть бути забезпечені при дотриманні нижчезказаних умов фізич-
 ного (натурного) експерименту:

- дія конвективних та радіаційних навантажень на об'єкт має
 бути одночасною (паралельною);
- управління величинами діючих факторів має бути незалежним;

за об'єкт випробувань можуть бути обрані тільки такі елементи одягу, які моделюють тепловий захист в цілому (тобто пакети матеріалів).

У третьому розділі подано опис розроблених пристроїв та методик теплових випробувань, наведено результати експериментальних досліджень властивостей різноманітних матеріалів і пакетів матеріалів.

Вибір об'єктів дослідження базується на висновках, які були одержані в результаті аналізу існуючих аналогів функціональних рішень термозахисного одягу. Як було встановлено, найбільш раціональним способом організації пасивного теплового захисту в одязі є використання пакету матеріалів, який складається із зовнішньої тепловідбивної оболонки, декількох шарів теплоізолюючих матеріалів, підкладки.

У таблиці I наведено вихідні альтернативні варіанти вибору матеріалів для оболонки (P_i) та теплоізолюючої прокладки (B_j).

Стенд для комплексних теплових випробувань (мал.3) побудовано за блочно-модульним принципом, завдяки чому забезпечується незалежне керування діючими факторами.

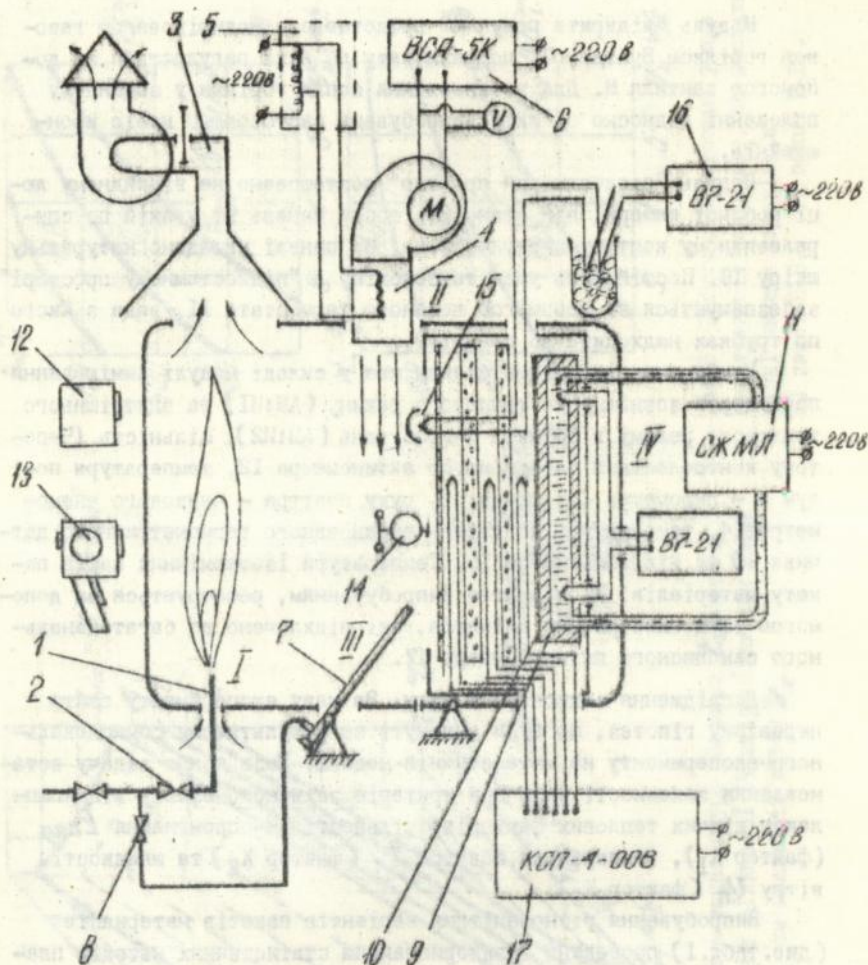
Задача підсистема стенду має у складі такі апаратні модулі: АМ:31 - "зовнішнє ІЧ-випромінювання"; АМ:32 - "рухоме повітряне середовище"; АМ:33 - "відкрите полум'я" та АМ:34 - "підкостюмний простір". Усі АМ-модулі мають блоки регулювання та блоки імітації теплових чинників.

Джерелом ІЧ-випромінювання в робочій камері стенда є вогнищева "стіна", що утворюється з відкритого полум'я цільової газової горілки 1, висота полум'я у якій регулюється газовими вентилями 2. Продукти горіння виводяться з камери за допомогою витяжного пристрою 3. Модуль забезпечує можливість керованого опромінення об'єкта випробувань стаціонарним тепловим потоком щільністю до 14 кВт/м^2 .

Модуль "рухоме повітряне середовище" складається з калорифера 4, нагрівний елемент якого підключено до регульовального трансформатора 5. Випрямляч 6 забезпечує регулювання частоти обертання вентилятора калорифера. Модуль дозволяє створювати повітряний потік, що обдуває об'єкт випробувань зі швидкістю до 10 м/с , при цьому температура повітря може задаватися в межах $50 \dots 150^\circ\text{C}$.

Альтернативні варіанти вибору матеріалів для обolonки (R_i) та теплоізолюючої прокладки (B_j) одягу

Призначення	Код варіанту	Матеріал (пакет матеріалів)	Товщина, 10^{-3} м	Відбивна здатність, ρ	Термічний опір, R $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$
Первинний тепловий захист (оболонка)	П ₁	Фенілонова тканина, яку металізовано ПЕТФ-плівкою	0,5	0,8...0,9	-
	П ₂	Склотканина, яку металізовано ПЕТФ-плівкою	0,5	0,8...0,9	-
	П ₃	Асбесто-фенілонова тканина АСТ-І, яку металізовано ПЕТФ-плівкою	0,7	0,8...0,9	-
	П ₄	Лляна тканина арт. 10208, яку металізовано за ТУ 17-21-193-77	0,7	0,7	-
	П ₅	Лляна тканина ОП неметалізована, арт. III46	0,7	0,2	-
	П ₆	Базальто-фенілонова тканина ТСП-8/9 УкрДЛПВ	1,0	0,5	-
	П ₇	Терлонова тканина неметалізована	0,5	0,5	-
Вторинний тепловий захист (теплоізоляція)	B ₁	Фенілонове голкопробивне полотно (2 ш.) Пірополотно (вовна з антипіренами) Підкладка (бавовна)	11,7	-	0,26
	B ₂	Фенілонове голкопробивне полотно Підкладка (бавовна)	9,4	-	0,19



Мал.3. Схема стенду для дослідження теплового режиму елементів одягу.

Апаратні модулі: I - "зовнішнє ІЧ-випромінювання";
 II - "герметичне повітряне середовище";
 III - "відкрите полум'я";
 IV - "підкостюпний простір".

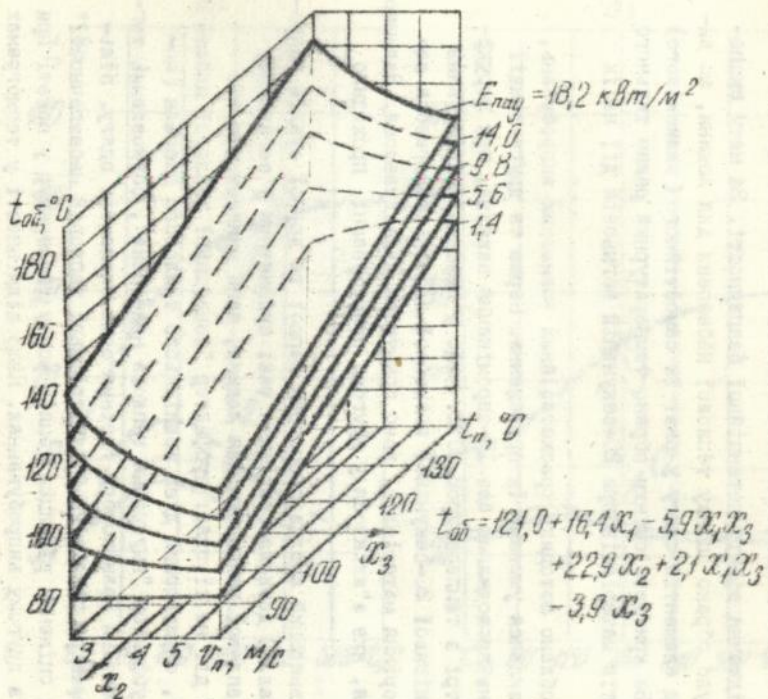
Модуль "відкрите полум'я" представлено модифікованою газовою горілкою Бунзена 7, подання газу до якої регулюється за допомогою вентиля 8. Для встановлення сопла горілки у заданному положенні відносно об'єкта випробувань застосовано набір кронштейнів.

Модуль "підкостомний простір" розташовано на відкидному люці робочої камери, він становить собою панель 9, у якій по спіралевидному контуру циркулює вода. На панелі укладено натуральну шкіру 10. Постійність умов теплообміну в "підкостомному просторі" забезпечується за допомогою водяного термостата II, вода з якого по трубках надходить до панелі 9.

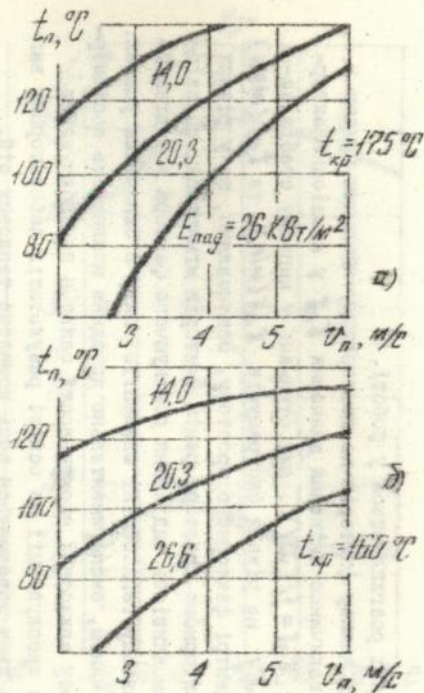
Вимірююча підсистема стенду має у складі модулі вимірювання параметрів зовнішнього теплового режиму (АМ:И1) та внутрішнього теплового режиму в об'єкті випробувань (АМ:И2). Щільність І4-потону контролюється за допомогою актинометра І2, температура полум'я – пірометра І3, швидкість руху повітря – чашкового анеометра І4, температура повітря – екранованого термометричного датчика І5 та мілівольтметра І6. Температури ізотермічних шарів пакету матеріалів, що підлягає випробуванням, реєструються за допомогою термоелектричних датчиків, які підключено до багатоканального самописного потенціометра І7.

Дослідження захисного ефекту. За мету експерименту взято перевірку гіптез, що були висунуті за результатами обчислювального експерименту на математичній моделі. Розв'язано задачу встановлення залежності величини критерію захисного ефекту від комплексу діючих теплових факторів: щільності І4-спромінення $E_{\text{пг}}$ (фактор X_1), температури повітря t_n (фактор X_2) та швидкості вітру U_n (фактор X_3).

Випробування різноманітних варіантів пакетів матеріалів (див. табл. I) проведено з використанням статистичних методів планування багатфакторних експериментів. На мал. 4 наведено адекватну поліноміальну модель $t_{\text{од}} = f(X_1, X_2, X_3)$ та її графічну інтерпретацію, що отримані для варіанту П₁В₂. Значущі ефекти взаємодії β_{13} та β_{23} свідчать про те, що однофакторні залежності $t_{\text{од}} = f(E_{\text{пг}})$ та $t_{\text{од}} = f(t_n)$, які звичайно використовуються для оцінки захисного ефекту одягу, що проектується, не можуть однозначно визначати зв'язок величини критерію з умовами експлуата-



Мал.4. Залежність температури оболонки $t_{\text{об}}$ пакету варіанту П₁В₁ від щільності і ч-випромінювання $E_{\text{пак}}$ температури t_n та швидкості вітру v_n .



Мал.5. Гранично-припустимі умови експлуатації складову, що містить різні пакети матеріалів: а) пакет П₁В₁; б) пакет П₃В₁.

ції одягу, які розглядаються у роботі.

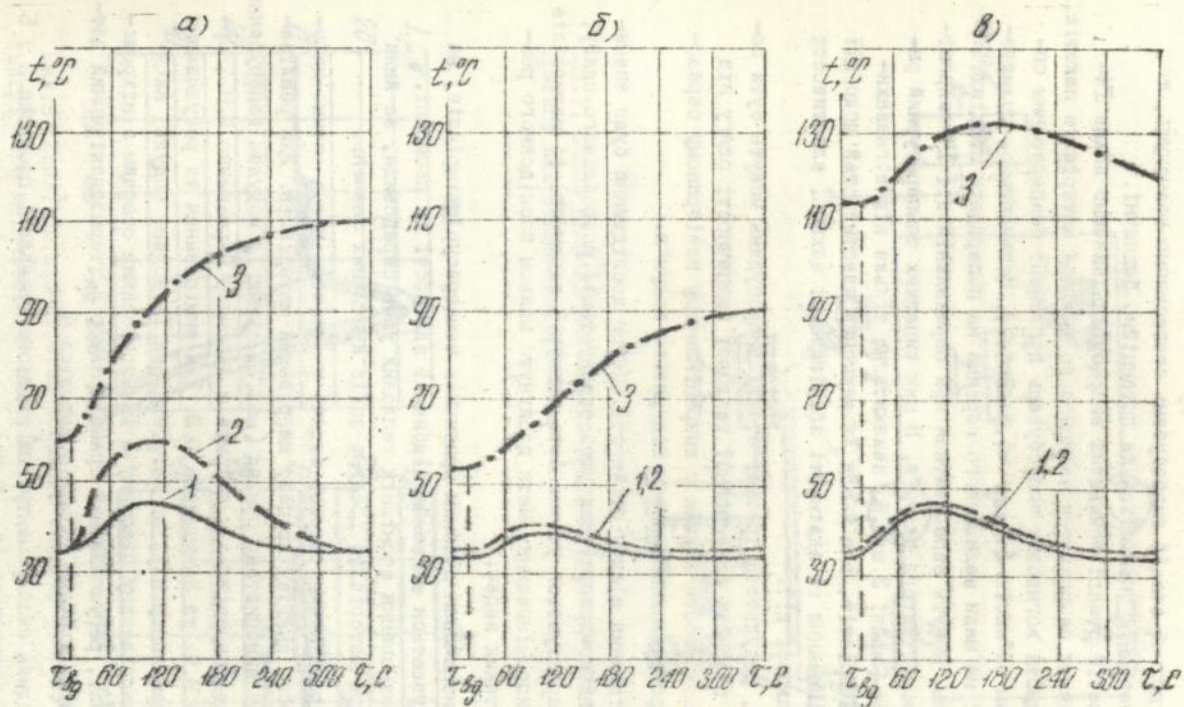
Ступінь впливу факторів на температуру оболонки пакету оцінено за величиною змінення значення $t_{об}$ у квазіоднфакторних моделях $t_{об} = f_i(x_i)$, які отримано у випадку стабілізації решти x_j на рівнях екстремумів $t_{об}(min)$ та $t_{об}(max)$, а також у центрі факторного простору. Встановлено, що у різних ділянках факторного простору ранги факторів міняються, що свідчить про неможливість виділення домінуючого фактора в радіаційно-конвективному теплообміні елементів одягу в означених умовах.

Таким чином, експериментально доведена можливість достовірного прогнозу захисної ефективності одягу в передбачуваних умовах його експлуатації на основі результатів лабораторних випробувань, в яких моделюється весь комплекс теплових дій.

Дослідження ефекту потенційної безпечності. За мету експерименту було обрано оцінку теплової небезпеки для людини, що виходить від елементів одягу у разі їх самостійного (залишкового) горіння. За критерій оцінки обрано температурний режим тильного шару пакетів матеріалів при 20-секундній вогняній дії на їх оболонку.

Розроблено методику трьохстадійних вогняних випробувань, які відрізнялися умовами їх проведення. Перша та друга стадії випробувань проходилися без ІЧ-спромінювання пакетів, при нерухомому повітрі з температурою 20°C. Якщо у першому випробуванні після зовнішньої 20-секундної вогняної дії спостерігалася залишкове горіння матеріалів, воно примусово ліквідувалося. Залишкове горіння, яке з'являлося у другому випробуванні, проходило вільно.

Порівняльний аналіз термограм першої та другої стадій випробувань (мал.6) дозволяє виділити такі субфактори у загальному факторі теплової небезпеки для людини, який виникає під час вогняної дії на її одяг: субфактор "зовнішньої теплової небезпечності", обумовлений дією зовнішнього теплового джерела (по-дум"я); субфактор "внутрішня тепла небезпека", обумовлений тепловими ефектами залишкового горіння саме елементів одягу. Кількісно субфактор потенційної "внутрішньої теплової небезпечності" може бути оцінений різницею темпів росту температур у пакеті при першому та другому випробуваннях. Якщо відмінності у термограмах



Мал.6. Температурний режим тального шару пакетів матеріалів при 20-секундній вогньовій дії на оболонку в першому (крива 1), другому (крива 2) та третьому (крива 3) випробуваннях: а) пакет варіанту $\text{П}_1\text{В}_2$; б) пакет варіанту $\text{П}_2\text{В}_2$; в) пакет варіанту $\text{П}_6\text{В}_2$.

першої та другої стадії випробувань статистично незначущі, то проектні варіанти оцінюються як потенційно безпечні.

На третій стадії вогняних випробувань визначено вплив ІЧ-випромінювання на розвиток залишкового горіння матеріалів пакетів, для чого умови вогняних випробувань доповнені безперервним опроміненням об'єктів ($E_{\text{наг}} = 5,0 \text{ кВт/м}^2$). Встановлено, що матеріали, які не мали залишкового горіння на попередніх стадіях випробувань, можуть западати при паралельній дії ІЧ-випромінювання та відкритого полум'я. В цих випадках температурний режим пакетів (криві 3 мал.6) залежить не тільки від вогнезахисності матеріалів, але й від їх захисних властивостей щодо дії ІЧ-випромінювання та здатності зберігати ці захисні властивості після вогняної дії.

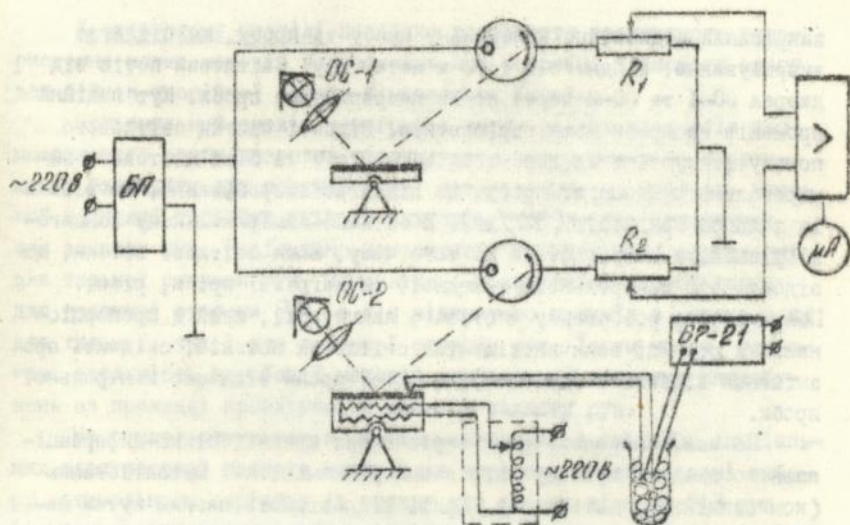
Отже, результати третьої стадії випробувань можуть бути основою для прогнозу потенційної теплової безпечності одягу під час тривалої роботи людини у випромінюючому внутрішньому середовищі з короткочасним впливом відкритого полум'я.

Дослідження ефекту стійкості. Метою дослідження було визначення гранично-припустимих умов експлуатації розробленого одягу, за яких гарантується усталеність захисної здатності її матеріалів щодо ІЧ-випромінювання. Мети досягнуте шляхом послідовного розв'язання таких задач:

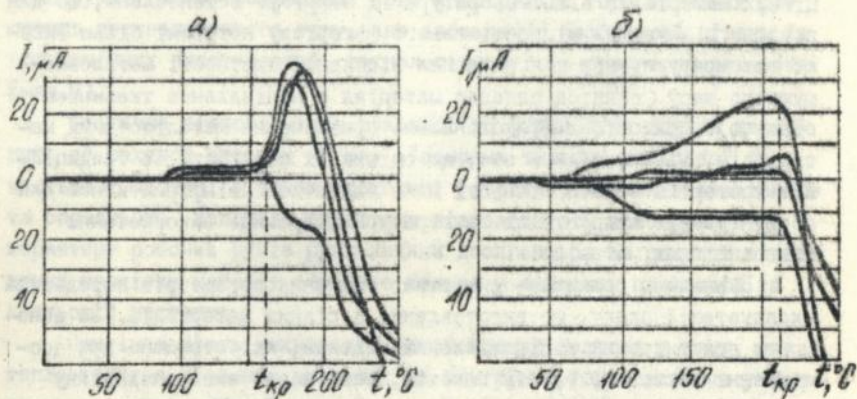
1. Визначення ділянки критичних температур матеріалів, на якій відбувається зниження відбивної здатності їх поверхні.
2. Визначення зовнішніх теплових умов середовища, за яких температура матеріалів досягне своїх критичних значень.

Для розв'язання першої задачі розроблено метод оптико-диференціального аналізу процесу нагрівання матеріалів. Для реалізації методу використано прилад (мал.7), у як. у модулем генерування та вимірювання світлових потоків в лассметр Березенко М.П., Орловського Б.В. та Левницького Ю.Ю. Для вимірювання та регулювання температури матеріалу, що нагрівається 1, додано модуль, який містить нагрівальну пластину 2 із вмонтованим осердям з ніхромової спіралі, регулювальний трансформатор 3, термоелектричний датчик, який підключено до мілівольметра 4.

Методика експерименту: на світловимірювальні площадки 5 і 6



Мал.7. Схема приладу для оптико-диференціального аналізу процесу нагрівання матеріалів.



Мал.8. Криві оптико-диференціального аналізу процесу нагрівання металізовану матеріалів:
а) асбесто-сєніловова тканина АСТ-I; б) склотканина.

закріплювали відповідно контрольну пробу та пробу, що підлягає випробуванню, з одного й того ж матеріалу. Світловий потік від джерел СС-1 та СС-2 через лінзи потрапляє на проби. Кут падіння променів на проби може варіюватися. Відбиті частки світлового потоку фіксуються за допомогою датчиків 7 та 6 та мостового вимірювального ланцюга. Пробу, що підлягає випробуванню, нагрівали із заданою швидкістю (5 К/хв). В оптично-вимірювальному ланцюгові рівновага зберігається до того часу, поки світлові потоки, що відбиті від контрольної (холодної) та нагрітої проби, рівні. Поява струму розбалансу мостового ланцюга I , який є пропорційним різниці величин відбитих світлових потоків, свідчить про змінення відбивної здатності нагрітої проби відносно контрольної проби.

На мал.8 наведено ряди вирівнюючих кривих оптико-диференціального аналізу процесу нагрівання різноманітних металізованих (композиційних) матеріалів. Криві відповідають певним кутам падіння світлових променів на проби. Для кожного з досліджених матеріалів визначено критичні ділянки температур, за яких відбуваються безповоротні зміни відбивної здатності верхнього металовміщувачого шару.

Додатково досліджено залежність міцності на розрив композиційних матеріалів від температури їх нагріву. Встановлено, що для помітного зниження міцності всього матеріалу потрібні більш високі температури, ніж для зниження відбивної здатності металовміщувачого шару (виняток складає матеріал з напівплямової тканинної основою). Враховуючи функціональне призначення металізованих матеріалів, зроблено висновок, що оцінка їх стійкості за традиційним критерієм втрати міцності може виявитися неінформативною для обґрунтування припустимих температурних границь використання композиційних матеріалів.

Визначено гранично-припустимі значення параметрів середовища експлуатації одягу, що виготовлений з різних матеріалів. За допомогою використання поліноміальних моделей, які отримано при дослідженні захисного ефекту пакетів, розв'язано екстраполяційну задачу відшукування множини значень факторів X_1 , X_2 та X_3 , за яких температура оболонки пакетів може досягнути критичної (для їх захисної функції) ділянки. Графічне рішення задачі наведено на мал.5.

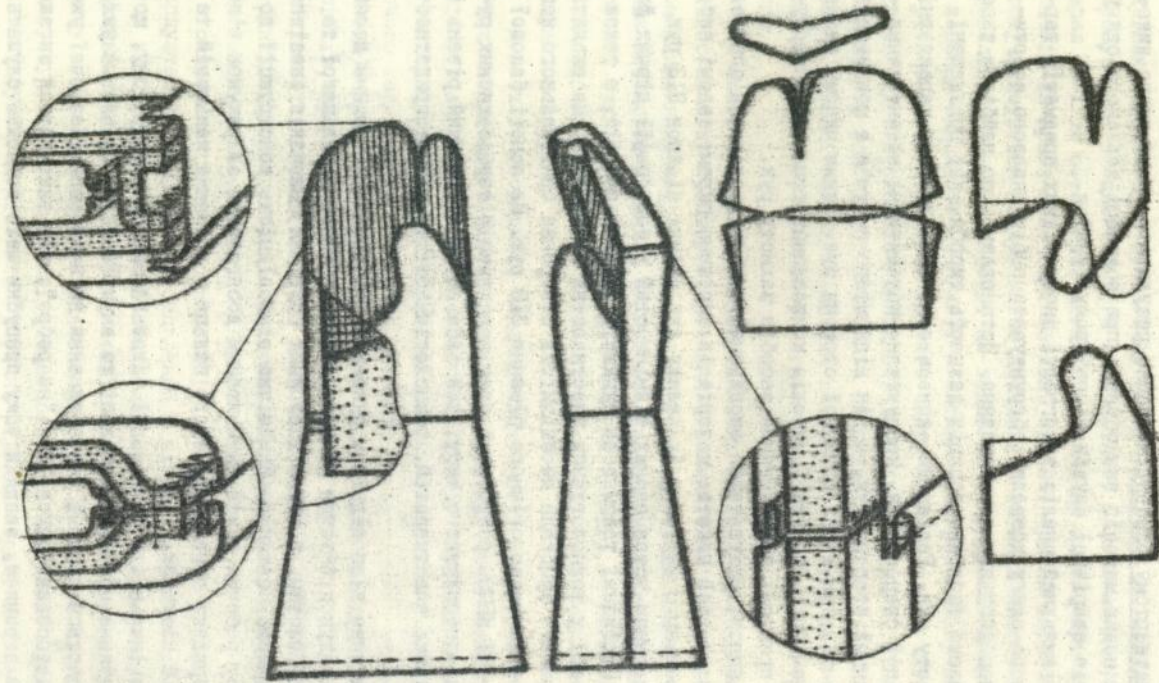
У четвертому розділі наведено результати практичного використання нових методів випробувань при розробці захисного одягу для бійців аварійної служби Мінгазпрому України.

Порівняльний аналіз топографії зносу різних предметів термозахисного одягу дозволив обґрунтувати вибір видового асортименту спецодягу для проектування. Встановлено, що найбільш типовий комплекс теплових впливів зазнають вироби, які призначені для захисту рук. Радіаційно-конвективні навантаження характерні для тильної сторони рук, кондуктивно-конвективні навантаження — для долонної сторони рук, а для відкритого полум'я є можливою як для тильної, так і для долонної сторони рук. Таким чином, визначено доречність апробації методів комплексних теплових випробувань на прикладі проектування засобів захисту рук.

На основі результатів експериментальних досліджень спеціальних властивостей пакетів матеріалів вирішено окремі задачі вибору оптимального варіанту їх складу для різних ділянок ЗІЗ рук (з урахуванням встановлених відмінностей у топографії діючих факторів). Підвищені товщина та цупкість обраних пакетів, а також відмінності у технологічних властивостях матеріалів, що входять в один пакет, зумовили необхідність створення оригінального конструкторсько-технологічного рішення ЗІЗ рук. На основі базової конструкції КМСС розроблено нову конструкцію термозахисних рукавиць двохнапалкового типу, яка забезпечує необхідний рівень їх ергономічних властивостей, технологічності та ремонтпридатності (мал.9).

Статична відповідність рукавиці до форми руки людини досягнуто за рахунок виточок по шву з'єднання тильних пальцевої та кистьової частин, а також ластовиці (стрілки) напалків вказівного та середнього пальців. Динамічна відповідність конструкції до характеру робочих рухів руки людини досягається за рахунок відведення верхівки напалку великого пальця у долонних пальцевій та кистьовій частинах.

Оригінальність технології виготовлення полягає у тому, що: тепловідбивна оболонка рукавиці та внутрішня теплоізолююча укладка пошиваються окремо; для з'єднання деталей теплоізолюючої укладки застосовано шивні шви "на ребро", які виконуються зигзагоподібною строчкою, завдяки чому припуски швів водночас служать "розпорками", що забезпечують повітряний прошарок між оболонкою та



Мал.9. Конструкція та технологія виготовлення спеціальних термозахисних рукавиць.

укладкою. Це підвищує вентиляємкість рукавиць та їх теплоізоляючу здатність.

Запропонований комплектний тип побудови рукавиць забезпечує можливість заміни оболонки, що зношуються, при багаторазовому використанні теплоізолюючих укладок.

Експериментальні зразки термозахисних рукавиць пройшли натурні випробування в реальних умовах палаючого газового фонтану на полігоні ПТУ "Шебелінкагазпром" Харківської області. Результати полігонних випробувань підтвердили достовірність прогнозу, який отримано під час лабораторних випробувань захисної спроможності, стійкості та потенційної безпечності виробів.

Виготовлено дослідну партію рукавиць (200 пар) для Української воєнізованої частини Мінгазпрому (м. Харків). Економічний ефект від використання рукавиць у комплекті з костюмом "Бриз" (розробка КТІЛП 1989 р.) визначено у сумі 106,7 тис. руб. у цінах 1990 р.

Розроблені методи теплових випробувань використовуються в УкрДІПВ під час створення нових базальто-фенілонових матеріалів для бойового одягу підрозділів пожежної охорони України.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Аналіз досвіду використання існуючого термозахисного спецодягу показав, що малорозв'язаною проблемою є забезпечення ефективного захисту людини від комплексної дії теплових чинників: ІЧ-випромінювання, високої температури повітряного середовища, полум'я.

2. За допомогою системного підходу до проектування та виготовлення спецодягу встановлено, що одним з резервів підвищення якості одягу та скорочення строків його розробки є удосконалення методичної бази процесу оцінки та вибору проектних рішень.

3. Шляхом функціонального моделювання системи "середовище-одяг-людина" побудовано багаторівневу систему проектних цілей. Показано, що необхідною умовою забезпечення фізіологічно прийнятного теплового стану людини є реалізація в одязі ряду спеціальних властивостей: захисного ефекту, ефекту стійкості матеріалів до дії теплових чинників та ефекту потенційної безпечності;

4. Аналіз існуючих експериментальних методів оцінки спеціальних властивостей елементів одягу показав, що критеріальні показники, які використовуються в методиках, недостатньо інформативні для оцінки відповідності проектних варіантів одягу до обраної системи цілей, а дослідна апаратура не дозволяє адекватно моделювати умови експлуатації одягу, який проектується.

5. Обчислювальний експеримент на математичній моделі процесу спільної дії γ -випромінювання та високотемпературного рухливого повітряного середовища на елементи одягу показав, що вплив радіаційних та конвективних навантажень на внутрішній тепловий режим в одязі є взаємозалежним. З урахуванням цього обґрунтовано та сформульовано вимоги до апаратури та методики проведення випробування захисних властивостей елементів спецодягу.

6. Розроблено засоби випробувань спеціальних властивостей елементів спецодягу в умовах дії комплексних (радіаційно-конвективних) навантажень. Обґрунтовано критеріальні показники та методики для оцінки ефектів захисту, стійкості та потенційної безпечності, які реалізуються у проектних варіантах одягу.

7. На основі багатфакторних експериментів одержано поліноміальні моделі, які характеризують зв'язок параметрів середовища експлуатації одягу (γ -випромінювання, температури та швидкості вітру) з величиною критерія захисної ефективності різних варіантів пакетів матеріалів. Результати експериментів підтвердили гіпотезу про необхідність одночасного моделювання означеного комплексу факторів під час випробування захисних властивостей пакетів матеріалів.

8. Експериментально досліджено потенційну безпечність пакетів матеріалів одягу в умовах паралельної дії відкритого полум'я та γ -опромінювання. Визначено умови, за яких захисні елементи одягу можуть ставати джерелом додаткової теплової небезпеки для людини. Встановлено, що γ -опромінювання матеріалів суттєво впливає на їх запалюваність та на розвиток залишкового горіння.

9. Досліджено стійкість захисних властивостей композиційних металізованих матеріалів до дії теплових чинників. Визначено критичні ділянки температур матеріалів, в яких відбувається безповоротне зниження відбивної здатності їх поверхні: для фенілового

матеріалу (металізованого ПЕТУ-плівкою) початок критичної ділянки становить 175°C , склотканини – 220°C , напірцляної тканини – 150°C , асбесто-фенілонової тканини – 160°C .

Побудовані діаграми, за допомогою яких можна визначити гранично-припустимий комплекс параметрів умов експлуатації, в яких гарантується стійкість захисної функції одягу, що містить досліджені пакети матеріалів.

10. Методи досліджень спеціальних властивостей спецодягу, які були розроблені, апробовано під час проектування бойового одягу з базальто-фенілонових матеріалів (УкрДПВ) для підрозділів пожежної охорони України та спеціальних термозахисних рукавиць для білців аварійної служби Мінгазпрому України.

З урахуванням особливостей топографії діючих теплових факторів обрано раціональні пакети матеріалів. Розроблено оригінальні конструкторсько-технологічні рішення термозахисних рукавиць, які забезпечують необхідний рівень ергономічних властивостей, технологічності та ремонтпридатності виробів.

11. Результати полігонних випробувань термозахисних рукавиць свідчать про можливість застосування розроблених методів випробувань для об'єктивної оцінки та достовірного прогнозування спеціальних властивостей термозахисного одягу. Створені рукавиці забезпечують надійний захист рук людини в умовах Γ -опромінення цільністю до 20 кВт/м^2 , температури повітря 100°C , контакту з розігрітими до 300°C поверхнями.

Економічний ефект від використання дослідної партії рукавиць (200 пар) у комплекті зі спецодягом визначено у сумі 106,7 тис. руб. у цінах 1990 року.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах:

1. Васильковський Д.В., Третьякова Л.И. Експериментальна оцінка рівня безпеки проектних варіантів термозахисної спецодяжки // Якість і конкурентна здатність товарів широкого вжитку: Наукові праці учасників науково-технічної конференції країн СНД. Хмельницький, 1993.

2. Васильківський Д.В., Третьякова Л.І. Ідентифікація теплового режиму спецодягу // Легка промисловість, 1992, № 3.

3. Третьякова Л.И., Васильковський Д.В., Постников И.А. Разра-

ботка и исследование спецодежды для защиты от высоких температур: Тезисы докладов X II научной и X научно-методической конференций профессорско-преподавательского состава, посвященных 60-летию основания института, 17-24 апреля 1990 г. - К.: КТИП, 1990.

4. Васильковский Д.В., Третьякова Л.И. Проблемы оценки комплексного влияния факторов внешней среды на материалы спецодежды // Новое в технике, технологии и организации производства швейных изделий: Тезисы докладов научно-практической конференции, 5-7 июня 1991 г., г.Ужгород. - К., 1991.

5. Васильковский Д.В., Третьякова Л.И. Идентификация теплового режима спецодежды: Тезисы докладов 44-й научной и 12-й научно-методической конференций профессорско-преподавательского состава института, 14-24 апреля 1992 г. - К.: КТИП, 1992.

6. Васильковский Д.В. Совершенствование методической базы процесса проектирования спецодежды для защиты от сверхвысоких тепловых воздействий: Тезисы докладов научной конференции молодых ученых и студентов, 20-27 апреля 1993 г. - К.: ГАЛМУ, 1993.

А Н Н О Т А Ц И Я

Васильковский Д.В. Проектирование термозащитной одежды на основе создания методов и средств оценки её специальных свойств. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.04 - технология швейных изделий, Государственная академия легкой промышленности Украины, Киев, 1994. Работа содержит теоретические и экспериментальные исследования зависимости показателей внутреннего теплового режима в одежде от условий среды её эксплуатации (ИК-излучения, температуры и скорости ветра, пламени). Установлен комплексный характер влияния конвективных и радиационных воздействий на показатели защитных свойств элементов одежды. Показано, что ИК-облучение материалов повышает их воспламеняемость. Осуществлено внедрение опытной партии термозащитной одежды и разработанных методов оценки специальных свойств материалов.

Ключевые слова: специальный одяг, тепловой захват, впробування властивостей.

ANNOTATION

Vasilkovsky D.V. Designing of thermoprotective clothes on the basis of creation of new methods and means of estimation of its special properties.

Thesis for obtaining the scientific grade of the candidate of technical sciences on the speciality 05.19.04. - sewing technology, The State Academy of the Light Industry of the Ukraine, Kiev, 1994.

This work includes theoretical and experimental researches of the dependence of inner thermal conditions on the exploitation environment (infra-red radiation, temperature, wind speed, flame). The complex nature of influence of convective and radiational factors on the indexes of protective properties of clothes was determined. It was shown that infra-red radiation influence on materials increases their inflammability. The installation of the experimental batch of thermoprotective clothes and of developed methods of estimation of special properties of materials was carried out.

Vasil

Підп. до друку 7.10.94р. Формат 60x84 1/16. Папір
 друк №2. Друж обсягний. Умовн. др. арк. I 63. Умовн. фарбо-відб. I,74.
 Облік.-вид. арк. I,27. Тираж 120. Зам. 266. Безплатно.

Дільниця оперативної поліграфії при Державній академії
 легкої промисловості України,
 252011, Київ-11, вул. Немировича-Данченко, 2.

454335

Ав 31.118

Безплатно

Ав 31.118

Велика и красочна книга...
 Тази е една от най-важните книги...
 която съдържа всички необходими...
 данни за всички страни...
 в света. Книгата е написана...
 в ясен и кратък стил...
 и е подходяща за всички...
 нива на образование...
 и професионална квалификация...
 Тя е незаменима за всички...
 които се занимават с география...
 и история на света.

А В О Т А С К А

Книгата е написана в ясен и кратък стил...
 и е подходяща за всички нива на образование...
 и професионална квалификация...
 Тя е незаменима за всички които се занимават с география...
 и история на света.

Вел. 268

Книгата е написана в ясен и кратък стил...
 и е подходяща за всички нива на образование...
 и професионална квалификация...
 Тя е незаменима за всички които се занимават с география...
 и история на света.