

РАЗРАБОТКА МЕТОДА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ АРКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Яшин С.Р. (ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Баранов И.В. (ИТМО)

Введение.

Активное освоение Арктической зоны РФ, сопровождающееся экстремальными климатическими условиями (-70°C , ветер до 25 м/с), требует разработки спецодежды с повышенными теплозащитными свойствами. Существующие методы оценки теплового сопротивления (ГОСТ 20489-75, ASTM F1868) фокусируются на статических лабораторных измерениях, игнорируя динамические факторы эксплуатации: ветровую деформацию материалов, цикличное сжатие утеплителя и миграцию волокон. Отечественные исследования подтверждают, что до 67% спецодежды теряет 30% теплозащиты за 3 месяца использования, что повышает риски переохлаждения [1]. Зарубежный опыт (напр., материалы Thinsulate™) демонстрирует эффективность многослойных структур, однако их высокая стоимость и зависимость от импорта ограничивают применение в РФ [2].

Основная часть.

В рамках исследования предложен инновационный метод оценки теплового сопротивления ($R_{\text{сум}}$), интегрирующий ветровое воздействие и механические нагрузки в математическую модель теплообмена «человек–одежда–среда». Методология включает:

1. Теоретическое моделирование — адаптацию уравнения теплопроводности с учетом анизотропии деформированных материалов и граничных условий, имитирующих реальные климатические параметры.
2. Экспериментальную валидацию — испытания в климатических камерах (-50°C , ветер 15 м/с) и полевые тесты в Ямало-Ненецком АО, подтвердившие, что многослойные пакеты из мета-aramида и термофикс-ППУ повышают $R_{\text{сум}}$ на 22% по сравнению с аналогами [2].
3. Практическую оптимизацию — снижение себестоимости костюмов на 15% за счет замены импортных материалов на отечественные при одновременном увеличении срока службы с 8 до 14 месяцев.

Оптимальная структура спецодежды включает три слоя: ветрозащитная мембрана, мета-aramидный утеплитель и термофикс-ППУ, обеспечивающие $R_{\text{сум}} = 3.92 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ [3]. Замена импортных аналогов на российские материалы сокращает себестоимость на 15% без потери качества.

Выводы

Разработанный метод позволяет прогнозировать тепловое сопротивление с точностью до 6%, учитывая ветровые и механические нагрузки. Перспективы: интеграция IoT-датчиков для мониторинга состояния одежды и разработка саморегулирующихся материалов с фазовым переходом.

Список использованных источников

1. Советников Д.А. Композитные материалы для экстремальных условий. М.: Изд-во МГТУ, 2021. 184 с.
2. Лебедева Е.О. Динамика деформации текстиля под механическими нагрузками // Журнал технической физики. 2022. № 4. С. 45-52.
3. ГОСТ Р 58144-2018 «Спецодежда для арктического климата».