

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭКРАНИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ИЗДЕЛИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*В.С. ИВАНОВА, В.В. ВЕСЕЛОВ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Методика определения экранирующих свойств спецодежды, предусматривающая наличие изготовленного в натуральном масштабе объекта исследования или его физической модели для экспериментального определения названных характеристик и нахождения по ним расчетных параметров, не позволяет раскрыть в полной мере влияния пространственной формы, а также формы, размеров, места расположения и закона распределения мощности активных элементов на температурное поле системы.

В связи с этим остается актуальным вопрос о создании такого метода, который позволил бы на стадии разработки новой ткани для спецодежды, основываясь на теоретических и имеющихся в литературе экспериментальных данных, описать температурное поле с достаточной для инженерного расчета точностью и установить количественную связь температурного поля с формой активных элементов, а также их размерами и свойствами.

Проведение экспериментальных исследований на стадии испытаний образцов позволило бы уточнить данные предварительного расчета и послужить материалом для составления характеристик образца.

Предлагаемый метод позволяет полу-

чить лишь первое приближенное решение задачи и не претендует на окончательную завершенность. Остаются еще важные вопросы, связанные, например, с влиянием индивидуальных физиологических особенностей человека на пространственное температурное поле, которые требуют дальнейшей теоретической и экспериментальной разработки.

Представленный метод расчета теплообмена в экранно-вакуумных и пористых изоляциях базируется на раздельном, аддитивном определении теплоты излучением, молекулами газов и теплопроводностью по твердым телам, входящим в состав изоляционных систем. При этом считается, что результирующий тепловой поток в изоляционной системе определяется путем суммирования тепловых потоков, переносимых излучением, молекулами газов и теплопроводностью, подсчитанных не зависими друг от друга способами.

В условиях сложного теплообмена, когда реально теплота переносится одновременно несколькими механизмами, расчет переноса теплоты одним каким-либо механизмом в предположении, что другие механизмы при этом не действуют, позволяет с достаточной для практики точностью определить среднее значение теплового по-

тока, переносимого в изоляционной системе рассматриваемым механизмом.

В ряде случаев тепловые потоки, переносимые отдельными механизмами и подсчитанные указанным способом, позволяют определить точное значение результирующего теплового потока.

С этой целью рассмотрим перенос теплоты через бесконечную, плоскую многоэкранную систему толщиной  $h$ , состоящую из двух граничных непрозрачных поверхностей и  $n$  неперфорированных экранов, разделенных между собой и граничными поверхностями прокладочным материалом, с которым излучение и молекулы газов не взаимодействуют. Излучение также не взаимодействует и с молекулами газов. Общее число тел  $N=n+2$ .

$$q_{pi}^p = \frac{A}{2-A} \sigma (T_{i+1}^4 - T_i^4), \quad (1)$$

$$q_{pi}^m = \frac{\alpha}{2-\alpha_e} \frac{1}{2} \frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{p_m}{\sqrt{T_m}} \sqrt{\frac{R}{2\pi M}} (T_{i+1}^4 - T_i^4), \quad (2)$$

$$q_{pi}^k = \lambda_{эф}^T (T_{i+1}^4 - T_i^4) / \delta, \quad (3)$$

где  $\delta$  – расстояние между двумя соседними экранами.

Выражение для плотности полного результирующего теплового потока в рассматриваемом зазоре записывается так:

$$q_{pi} = q_{pi}^p + q_{pi}^m + q_{pi}^k. \quad (4)$$

Поскольку при отсутствии тепловых источников плотность полного результирующего теплового потока во всех меж-

Пусть температуры граничных поверхностей равны  $T_1$  и  $T_N$ , а радиационные и аккомодационные свойства всех поверхностей одинаковы и соответственно равны  $A$  и  $\alpha_e$ . Считается, что они не зависят от температуры так же, как и коэффициент теплопроводности контактов  $\lambda_{эф}^T$ , равный для всех межэкранных промежутков.  $M$  – киломолярная масса, численно равная молекулярному весу  $\gamma$ /моль;  $\gamma$  – показатель адиабаты.

Запишем выражения для плотности результирующих тепловых потоков, переносимых излучением, молекулами газов и теплопроводностью по прокладочному материалу, в зазорах между  $i$ -м и  $(i+1)$ -м экранами, которые имеют вид:

экранных промежутках одинакова, то можно написать

$$q_p = q_{pi} = \text{const}. \quad (5)$$

Представим выражение (5) в ином виде. С этой целью просуммируем уравнение (4) по всем зазорам, число которых равно  $(N-1)$ , и разделим полученные суммы на число зазоров. Сделав это, будем иметь:

$$q_p = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi} = \frac{1}{N-1} \left( \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi}^p + \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi}^m + \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi}^k \right). \quad (6)$$

Слагаемые правой части выражения (6) представляют собой основные по толщине изоляции значения составляющих резуль-

тирующего теплового потока, переносимых:  
излучением:

$$q_p^p = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi}^p = \frac{A}{2-A} \frac{\sigma_0}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (T_{i+1}^4 - T_i^4) = \frac{A}{2-A} \frac{\sigma_0}{N-1} (T_N^4 - T_1^4); \quad (7)$$

молекулами газов [выражение (8) запи-

сано для случая бесстолкновительного

движения молекул]:

$$q_p^M = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi}^M = \frac{d_e}{2-d_e} \frac{1}{2} \frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{P_M}{\sqrt{T_M}} \sqrt{\frac{R}{2\pi M}} \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (T_{i+1} - T_i) =$$

$$= \frac{d_e}{2-d_e} \frac{1}{2} \frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{P_M}{\sqrt{T_M}} \sqrt{\frac{R}{N-1}} (T_N - T_1); \quad (8)$$

теплопроводностью по тепловым мостам:

$$q_p^K = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} q_{pi}^K = \lambda_{\text{эф}}^T \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{T_{i+1} - T_i}{\delta} = \lambda_{\text{эф}}^T \frac{T_N - T_1}{(N-1)\delta}. \quad (9)$$

Выражение (9) получено при условии, что расстояние между любой парой соседних экранов, а также между крайними экранами и граничными поверхностями одинаково и равно  $\delta$ .

Подставив выражения (7), (8) и (9) в

$$q_p = \frac{A}{2-A} \frac{\sigma_0}{N-1} (T_N^4 - T_1^4) + \frac{d_e}{2-d_e} \frac{1}{2} \frac{\gamma+1}{\gamma-1} \frac{P_M}{\sqrt{T_M}} \sqrt{\frac{R}{2\pi M}} \frac{T_N - T_1}{(N-1)} + \lambda_{\text{эф}}^T \frac{T_N - T_1}{(N-1)\delta}. \quad (10)$$

Учитывая, что прицел ночного видения расшифровывает только тепло, передаваемое посредством инфракрасного излучения, можно написать выражение для результирующих тепловых потоков в рассматриваемой изоляционной системе при условии, что теплота переносится только одним механизмом излучения:

$$q_p^{p,a} = \frac{A}{2-A} \frac{\sigma}{n+1} (T_N^4 - T_1^4). \quad (11)$$

Как видно из выражения, переменной

(6), получим уравнение для определения плотности результирующего теплового потока при одновременном переносе теплоты тремя указанными механизмами, которое имеет вид:

является его первая часть, которая зависит только от излучательных свойств материала (A).

Таким образом, применение в качестве экранов материалов с низкой излучательной способностью, позволит значительно уменьшить инфракрасное излучение, которое расшифровывается прицелами ночного видения.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 01.06.06.