

достоверные результаты температуры внутриобувного пространства для формирования комфортности стопы носчика при нахождении его в различных климатических зонах.

УДК 685.34.017.87+004.9

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ СТОПЕ НОСЧИКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

*Т.М. Осина, доцент, И.Д. Михайлова, к.т.н., доцент, А.Н. Лунина, магистр
ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса»,
г. Шахты, Российская Федерация*

Основными факторами, влияющими на температуру внутриобувного пространства при построении математической модели, являются температура окружающей среды, теплообразование стопы, теплофизические свойства материалов, составляющих обувные пакеты, форма этих пакетов и теплоотдача с внешней поверхности обуви в окружающую среду. В основу концепции математической модели положено представление обуви как совокупность многослойных пакетов материалов различной формы и состава. Для ее разработки с помощью программы 3D Studio MAX 5 был построен геометрический образ модели (на примере мужского ботинка).

Математическая модель нестационарного процесса теплообмена представляет собой решение трех краевых задач для системы дифференциальных уравнений теплопроводности соответственно для плоской пластины, цилиндрического и сферического сегментов. Решение красовой задачи находится методом Фурье в виде сходящегося функционального ряда. Используя теплофизические характеристики материалов, составляющих обувной пакет, температурные условия окружающей среды и тепловой поток стопы, по полученным формулам можно 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 в условиях низких температур.

Для численной реализации построенных математических моделей теплообмена были написаны программы в математической оболочке Maple 9.5. В качестве примера теоретического расчета изменения температуры внутриобувного пространства как функции времени при воздействии на обувь низких температур рассматривались мужские ботинки. Материалы, из которых составлены пакеты, и их теплофизические характеристики приведены в таблице. Температура окружающей среды предполагается равной $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, начальная температура внутриобувного пространства равна $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Плотность теплового потока стопы берется равной 64 Вт/м^2 , что соответствует энергозатратам человека при легкой физической нагрузке. Коэффициент теплоотдачи предполагается равным $7\text{ Вт/(м}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}$. Результаты вычислений представлены на рисунке 1. Из рисунка 1 видно, что наибольшая потеря тепла происходит в носочной части стопы. В связи с этим при проектировании зимней обуви, чтобы продлить время комфортного пребывания, необходимо подбирать соответствующие материалы, формирующие пакет в носочной части. Обувь, изготовленная с использованием выбранных пакетов, характеристика которых и теплофизические характеристики материалов, сформировавшие эти пакеты, приведенные в таблице 1, обеспечивают длительное комфортное пребывание стопы только при температуре окружающей среды $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и оказались непригодными для длительной носки при температуре $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже.

Таблица 1 Характеристика объектов исследования (фрагменты)

№	Материалы, входящие в пакет	Толщина материалов, (мм)	Коэффициент теплопроводности, λ (Вт/(м·°С))	Коэффициент температуропроводности, a (м ² /ч)
1	1. для союзки обуви			
	х/б носок	2	0,05	0,0005
	меховая овчина	8	0,039	0,0003
	бязь	0,3	0,038	0,0005
	поролон	6	0,07	0,00065
	полукожник хром. дуб.	1,2	0,067	0,00021
	2. для носочной части			
	х/б носок	2	0,05	0,0005
	меховая овчина	8	0,039	0,0003
	гранитоль	1,2	0,051	0,00046
	термобязь	0,3	0,033	0,00047
	поролон	6	0,07	0,00065
	полукожник хром. дуб.	1,2	0,067	0,00021
	3. для низа обуви			
	х/б носок	2	0,05	0,0005
меховая овчина	10	0,041	0,0003	
картон (вклад стел)	0,8	0,12	0,00017	
картон стелечный	2	0,09	0,00014	
стелька из войлока	5	0,04	0,00035	
пористая резина	8	0,07	0,00065	
8	1. для союзки обуви			
	шерстяной носок	3	0,03	0,00042
	мех оленя	7	0,037	0,00028
	меховая овчина в два слоя	18	0,039	0,0003
	2. для носочной части			
	шерстяной носок	3	0,03	0,00042
	меховая овчина в два слоя	18	0,039	0,0003
	гранитоль	1,2	0,051	0,00046
	термобязь	0,3	0,033	0,00047
	мех оленя	7	0,037	0,00028
	3. для низа обуви			
	шерстяной носок	3	0,03	0,00042
	искусственный мех	6,5	0,04	0,0003
	картон (вклад. стел.)	0,8	0,12	0,00017
	картон стелечный	2	0,09	0,00014
стелька из войлока	6	0,04	0,00035	
пористая резина	8	0,07	0,00065	

С помощью разработанного программного обеспечения были проведены расчеты изменения температуры внутриобувного пространства низа обуви с учетом и без учета зависимости теплопроводности от температуры. Значительное различие результатов исследования подтверждает необходимость использования именно этой математической модели, которое такое изменение учитывает. Погрешность теоретических расчетов в сравнении с экспериментальными данными не превышает 5 %. Таким образом, разработанное программное обеспечение позволяет обоснованно выбирать пакеты материалов для различных конструктивных элементов обуви, чтобы обеспечивать

комфортные условия стопе при воздействии на нее низких температур в течение всего времени эксплуатации.

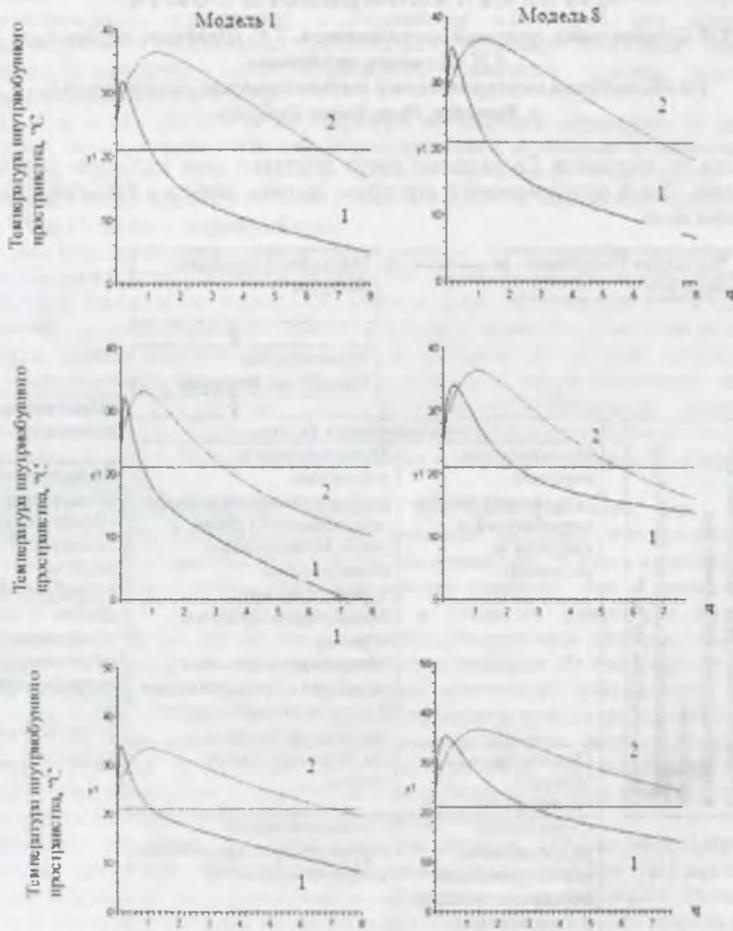


Рисунок 1 Изменение температуры внутриобувного пространства для первой и восьмой модели:

- 1 — для пакета, приведенного в таблице, для соответствующих моделей;
- 2 — для пакета с добавлением для верха утеплителя (тинсулейта или холлофайбера) и для низа обуви — корковую стельку.