

4.8 Теплоэнергетика

УДК 685.34.03:685.34.073

ОЦЕНКА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ОБУВИ

*Котович А.В., асп., асс., Ольшанский В.И., к.т.н, проф.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрено использование короткого льняного волокна и костры льна в Республике Беларусь. Предложено их использование для изготовления вкладной стельки. Проведена оценка теплофизических характеристик разрабатываемой вкладной стельки.

Ключевые слова: лён, костра льна, композиционный материал, композит, вкладная стелька, теплопроводность.

Целью исследования является оценка теплофизических характеристик деталей обуви на примере разрабатываемой вкладной стельки.

Лен-долгунец является распространенной сельскохозяйственной культурой Республики Беларусь. В результате переработки его соломы – тресты, получают льняное волокно, которое используется в легкой промышленности для производства тканей, а также отходы производства льняного волокна – костра льна [1].

Короткое льняное волокно используется для изготовления упаковочной бумаги, верёвки и шпагата, в качестве утеплителя в строительстве, для герметизации в сантехнике, и поиск новых сфер применения для него является актуальным. Его длина колеблется от 10 до 50 сантиметров.

Костра льна – это одревесневшие частицы стебля величиной около 5 мм. Она составляет около 60–70 % массы перерабатываемой тресты. В основном из нее изготавливают костробрикеты, используемые в качестве топлива. Кроме того, костру используют для производства костроплит, которые применяются в строительстве как теплоизоляционные материалы, а также в мебельной промышленности как аналог ДСП. Также ее используют в садоводстве как естественный источник для мульчирования почвы. Но нужно отметить, что в Республики Беларусь в строительстве и мебельной промышленности костру льна используют мало.

Одним из вариантов использования низкосортного короткого льняного волокна и костры льна является их использование в многокомпонентных материалах, в том числе для обувной промышленности.

На данный момент в качестве материала для вкладных стелек чаще всего выступает натуральный мех, искусственный мех, шерстяные и полушерстяные ткани, войлок, кожа, нетканые материалы и стелечный картон. Все эти материалы допускается использовать для изготовления данной детали обуви [2].

Вкладная стелька в общем случае выполняет функции улучшения внутреннего вида и гигиенических свойств обуви, обеспечивает комфорт при длительном ее ношении. Согревающие стельки предназначены для сохранения ног в тепле, ортопедические – для профилактики и препятствия развития плоскостопия.

Для расчета и оценки теплофизических характеристик необходимо знать коэффициент теплопроводности компонентов материала. Коэффициент теплопроводности характеризует способность вещества проводить теплоту. Предположим, что в материале используется два слоя по 1 мм льняного волокна и один слой величиной в 1 мм костры льна. Коэффициент теплопроводности λ составляет 0,05 Вт/м·К для льняного волокна и 0,07 Вт/м·К для костры льна. Экспериментальное условие, что материал имеет плотность 300 кг/м³. Расчет проводится без учета свойств матрицы, но предполагается введение связующие в материал в соотношении 15–30 % от объема сухого материала матрицы.

Тогда для расчета эквивалентного коэффициента теплопроводности слоев многокомпонентного материала необходимо рассчитать его термическое сопротивление.

$$R_{\text{экв}} = \sum R = R_1 + R_2 + R_3, \quad (1)$$

$$R = \delta / \lambda, \quad (2)$$

где R – термическое сопротивление теплопередачи, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Тепловое сопротивление – это способность тела препятствовать распространению теплового движения молекул.

Тогда:

$$R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 0,040 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, \quad (3)$$

$$R_2 = \delta_2 / \lambda_2 = 0,014 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, \quad (4)$$

$$R_3 = \delta_3 / \lambda_3 = 0,040 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}, \quad (5)$$

Подставив уравнение (2) в (1) получим:

$$R_{\text{экв}} = \frac{\delta_{\text{экв}}}{\lambda_{\text{экв}}} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} = 0,094 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}. \quad (6)$$

Толщиной композиционного материала является суммарная толщина всех его слоев:

$$\delta_{\text{экв}} = \sum \delta = 0,005 \text{ м} \quad (7)$$

Из уравнения (6) будет выражен эквивалентный коэффициент теплопроводности композиционного материала.

$$\lambda_{\text{экв}} = \frac{\delta_{\text{экв}}}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = 0,053 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}. \quad (8)$$

Материал имеет низкую теплопроводность. Согласно [3], материалы, имеющие коэффициент теплопроводности меньше $0,25 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$, является теплоизоляционным, что является положительным качеством для данного материала. Коэффициент теплопроводности материала сравним с коэффициентом теплопроводности войлока аналогичной толщины и плотности, и равным $0,045\text{--}0,053 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$.

Коэффициент температуропроводности характеризует скорость изменения температуры. Определение коэффициента температуропроводности композиционного материала будет проводится через теплоемкость.

Теплоемкость – это количество теплоты, поглощаемой (выделяемой) телом в процессе нагревания (охлаждения) на 1 К , $\text{Дж} / \text{К}$.

$$C_p = Q / \Delta T, \quad (9)$$

где C_p – теплоёмкость; Q – количество теплоты, полученное веществом при нагреве, либо выделившееся при охлаждении, Дж ; ΔT – разница температур между поверхностями материала, К .

Удельная теплоемкость – это физическая величина, численно равная количеству теплоты, которое необходимо передать единичной массе вещества для того, чтобы его температура изменилась на единицу. Другими словами, это отношение теплоемкости к массе.

$$c_p = Q / m \cdot \Delta T, \quad (10)$$

где c_p – удельная теплоемкость, $\text{Дж} / \text{кг} \cdot \text{К}$.

Согласно уравнению Фурье:

$$Q = F \cdot \Delta T / R_{\text{экв}}, \quad (11)$$

где F – площадь пластины, м^2 .

Тогда подставив уравнение (8) в (7) получится:

$$c_p = \frac{F \cdot \Delta T}{m \cdot \Delta T \cdot R_{\text{экв}}} = \frac{F}{\rho \cdot V \cdot R_{\text{экв}}} = \frac{F}{\rho \cdot F \cdot h \cdot R_{\text{экв}}} = \frac{1}{\rho \cdot h \cdot R_{\text{экв}}}. \quad (12)$$

где ρ – плотность материала, кг/м³.

Уравнение коэффициента температуропроводности имеет вид:

$$\alpha = \lambda_{\text{экв}} / \rho \cdot c_p, \quad (13)$$

где α – коэффициент температуропроводности, м²/с.

Подставив уравнение (12) в (13) получится:

$$\alpha = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\rho} = \frac{\lambda_{\text{жкв}} \cdot h \cdot R_{\text{жкв}}}{\rho \cdot h \cdot R_{\text{жкв}}} = \lambda_{\text{жкв}} \cdot h \cdot R_{\text{жкв}} = \lambda_{\text{жкв}} \cdot h \cdot \frac{\delta_{\text{жкв}}}{\lambda_{\text{жкв}}} = h \cdot \delta_{\text{жкв}} \quad (14)$$

Но, так как $\delta_{\text{экв}}$ – это толщина пластины, то $\delta_{\text{жкв}} = h$.

$$\alpha = \delta_{\text{экв}}^2, \quad (15)$$

Тогда коэффициент температуропроводности будет иметь значение:

$$\alpha = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}. \quad (16)$$

Коэффициент температуропроводности показывает, что выравнивание температуры в материале происходит примерно с той же скоростью, что и в оксиде алюминия и углеродистой стали.

Список использованных источников

1. Карпунин, В. И. Отходы льна – ценное сырье для производства тарной упаковки / В. И. Карпунин // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 14-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2016. – Т. 3. – С. 314–315.
2. Обувь повседневная. Общие технические условия : ГОСТ 26167-2005. – Введ. 01.01.2007. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2007. – 15 с.
3. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел // Основные положения учения о теплопроводности : учеб. для вузов / В. П. Исаченко. – 3-е изд. – Москва, 1975. – С. 1–24.

УДК [677.017.56:536.24]:687.174

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА ПАКЕТОВ МАТЕРИАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ С ЖИДКОЙ СРЕДОЙ

Игнатъев С.А., асп., ст. преп., Ольшанский В.И., к.т.н., проф.

Витебский государственный технологический университет,

г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. В статье рассмотрен процесс нестационарного теплообмена пакетов материалов специальной защитной одежды с жидкой средой. Установлены зависимости коэффициента теплопередачи, плотности теплового потока, уравнение температурной кривой.

Ключевые слова: нестационарный теплообмен, естественная конвекция, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплопередачи, плотность теплового потока.

Защитные, эксплуатационные и гигиенические свойства защитной одежды, в первую очередь, зависят от материалов, из которых она изготавливается, а также ее конструктивного изготовления.

Одним из основных общих требований, относящихся к специальной защитной одежде, независимо от его защитных свойств, является обеспечение нормального теплового состояния