

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

человека. Одежда создает человеку искусственно регулируемый микроклимат, который, снижая теплотери организма, обеспечивает благоприятные условия для поддержания постоянства температуры тела.

Перемещение тепла в одежде, как в любой среде, возникает только при различии температур в отдельных ее участках.

Наличие разности температур в среде является необходимым условием для возникновения в ней явления теплопередачи (теплообмена). Перемещение тепла как внутри тела, так и между телами происходит в направлении понижения температуры от нагретого тела к относительно холодному телу.

Таким образом, теплообмен есть процесс распространения тепла как внутри тела от более нагретых частиц к менее нагретым, так и между телами, имеющими различную температуру [1].

Теплообмен между поверхностями тела и жидкостью может происходить под действием внешних сил или благодаря разности плотностей, вызванных разностью температур. В первом случае происходит теплообмен в условиях вынужденной конвекции; во втором имеет место свободная конвекция. При обтекании плоской пластины жидкостью за определенный размер принимается длина пластины по набеганию потока жидкости.

Гидродинамика потока при обтекании плоской пластины подробно изложена в [2]. При обтекании жидкостью поверхности плоского тела образуется пограничный слой из-за налипания частиц жидкости на поверхность, который оказывает основное влияние на интенсивность теплообмена. Поток жидкости разделяется на две области: пограничный слой, где действуют силы вязкости и основной поток, где вязкостью можно пренебречь. По характеру движения жидкости различают ламинарное и турбулентное движения. При обтекании плоской пластины жидкостью значение критерия Рейнольдса $Re = 3 \cdot 10^5$ считается верхним пределом для ламинарного слоя, а значение $Re \approx 8 \cdot 10^4$ – нижним пределом. В практических условиях принимается, что при $Re > 5 \cdot 10^5$ движение в слое жидкости происходит при турбулентном режиме. В таком пограничном слое наибольшее изменение скорости происходит в направлении по нормали к поверхности и незначительное изменение в направлении движения.

Поперечная скорость в пограничном слое равна

$$V_y \approx \frac{0,86}{\sqrt{Re_x}} \quad (1)$$

Для толщины пограничного слоя, образующего за счёт сил трения, получено уравнение

$$\frac{\delta}{x} = \frac{4,64}{\sqrt{Re_x}} \quad (2)$$

где x – линейный размер по набеганию потока жидкости.

При обтекании плоской пластины жидкостью, ее температура изменяется от температуры на поверхности пластины до температуры жидкости вдали от пограничного слоя. Наибольшее изменение температуры происходит в пограничном слое. При этом кроме гидродинамического пограничного слоя образуется еще и тепловой пограничный слой, который определяется при решении уравнения Фурье – Кирхгофа [2].

Для теплового пограничного слоя получено уравнение:

$$\frac{\delta_t}{\delta} = \frac{1}{\sqrt{Pr}} \quad (3)$$

где δ_t – толщина теплового пограничного слоя; Pr – критерий Прандтля.

Если $Pr \geq 1$, то $\delta_t \leq \delta$, если $Pr \leq 1$, то $\delta_t > \delta$.

Для критерия Прандтля Pr , находящегося в пределах $0,5 \leq Pr \leq 50$, для теплообменного критерия Нуссельта Nu получена формула

$$\frac{Nu_x}{\sqrt{Re_x}} = 0,032 \cdot Pr^{0,38} \quad (4)$$

Зависимость между Nu и критериями Re и Pr – получают на основе решения интегрального уравнения переноса тепла в пограничном слое [2].

Для капельных жидкостей при $Pr > 1$ зависимость между Nu , Re и Pr полученная на основе обработки большого количества экспериментов имеет вид:

$$Nu = 0,76\sqrt{Re} \cdot Pr^{0,49} \cdot \left(\frac{Pr_{жс}}{Pr_{ст}}\right)^{0,25}, \quad (5)$$

где $Pr_{жс}$ берется по температуре жидкости, а $Pr_{ст}$ – по температуре поверхности.

Движения жидкости, вызванные разностью плотностей в поле внешних сил, называют свободной конвекцией.

При свободной конвекции интенсивность теплообмена зависит от расположения пластины в жидкости.

Критериальное уравнение теплообмена для свободной конвекции имеет вид:

$$Nu = B (Gr \cdot Pr)^n, \quad (6)$$

где $Gr = \frac{\beta_{жс} \cdot \Delta t \cdot l^3 \cdot g}{\nu_{жс}^2}$ – критерий Грасгофа; $\beta_{жс}$ – коэффициент объемного расширения; для жидкостей определяется по таблицам; $\Delta t = t_{жс} - t_{ст}$ – разность температур между температурой жидкости и стенки пластины; l – определяющий размер, длина пластины при горизонтальном расположении в жидкости, высота пластины при вертикальном расположении; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести; $\nu_{жс}$ – вязкость жидкости определяется по таблицам.

Список использованных источников

1. Колесников, П. А. Теплозащитные свойства одежды / П. А. Колесников // – М.: Легкая индустрия, 1971. – С. 340–357.
2. Рудобашта, С. П. Теплотехника: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Агроинженерия» / Рудобашта С. П. //; Ассоц. «Агрообразование». – Москва : КолосС, 2010. – С. 155–172.
3. Лыков, А. В. Теплообмен: учеб. для техн. спец. вузов / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. // - М.: Высшая школа, 1999. – С. 245–259.
4. Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева / Москва: «Энергия», 1972. – С. 122–135.

УДК 004.94: 685.34.03

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЦИКЛОВЫХ ИСПЫТАНИЙ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Реферат. Рассмотрены методы определения математической зависимости жесткости композиционного материала на основе стеклоткани от количества циклов при многоцикловом изгибе.

Ключевые слова: полимер, жесткость, испытания, многоцикловой изгиб.

Полимерные материалы занимают все более заметную роль при производстве различной продукции. Очень важным явлением с точки зрения практического использования данного вида материалов является усталостное разрушение, вызванное изменяющимися во времени напряжением и нагрузкой, так как полимерные материалы, используемые в обувной промышленности в качестве одного из основных видов деформации, подвержены многоцикловому изгибу, который возникает в при эксплуатации обуви.

В современной литературе механическую усталость определяют как процесс постепенного накопления повреждений материала под действием повторно-переменных напряжений (деформаций), приводящий к изменению его строения и свойств, образованию и развитию трещин и к разрушению [1].