

УДК 536.24

К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕПЛООБМЕНЕ

Лукьянченко А.М., студент гр. 44 Эл, IV курс
Научный руководитель: Вендин С.В., д.т.н., профессор
Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина,
г. Белгород

Тепловая изоляция является неотъемлемой частью практически всех зданий и сооружений, она устанавливается на поверхность теплоизолируемого объекта и служит для защиты горячих и холодных поверхностей от потерь тепла и холода. Правильный выбор материала теплоизоляции в жилых и промышленных зданиях позволяет уменьшить толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, что позволяет снизить стоимость строительства и получить экономию строительных материалов [1-3 и др.].

Применение эффективных теплоизолирующих материалов, предназначенных для снижения теплопотерь, является актуальным как в промышленности, для жилых сооружений, так и для объектов сельскохозяйственного назначения. Поэтому для снижения тепловых потерь и повышения энергоэффективности технологических процессов очень важно использовать современные высокотехнологичные теплоизоляционные материалы.

Благодаря тепловой изоляции повышается мощность технологического оборудования, обеспечивается устойчивый температурный режим. Однако применяемые современные теплоизоляционные материалы отличаются, как по структуре, так и по своим теплофизическим свойствам. В качестве основного показателя качества теплоизоляции принято считать коэффициент теплопроводности материала, которым и руководствуются при выборе теплоизоляционных материалов.

В тоже время, для реальных условий эксплуатации зданий, сооружений и тепловых устройств характерны нестационарные граничные условия, когда температура и условия теплообмена на поверхности в течение короткого времени могут сильно изменяться. В этом случае эффективность теплоизоляции будет зависеть также от коэффициента температуропроводности a , зависящего не только от коэффициента теплопроводности λ , но и от плотности ρ и теплоемкости c стенки. Коэффициент температуропроводности характеризует скорость изменения температуры и является мерой теплоинерционных свойств тела:

$$a = \frac{\lambda}{\rho c}, \quad (1)$$

где a - коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; λ – коэффициент теплопроводности материала $\text{Вт}/(\text{м К})$; ρ – плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$; c -массовая теплоемкость материала, $\text{Дж}/(\text{кг К})$.

Практика показывает, что одним из путей повышения эффективности теплоизоляции является создание недорогих многослойных теплоизоляционных материалов. Оценка их теплоизоляционных свойств проводится с учетом суммарного коэффициента теплопередачи при стационарных условиях и не учитываются нестационарные условия, когда условия теплообмена на поверхности в течение короткого времени могут сильно изменяться. Точного аналитического решения задачи нестационарной теплопроводности для объемных многослойных тел с учетом всех координат до настоящего времени еще не известно. В тоже время, с учетом определенных упрощений в физической модели, многие задачи теплопередачи можно рассматривать, как одномерные случаи, когда температурное поле объекта зависит от главной координаты, определяющей объемную характеристику рассматриваемого объекта. Наиболее общее аналитическое решение задачи нестационарной теплопроводности в многослойных средах представлено в работах [4-5 и др.]. Эти решения были положены в основу теоретического анализа относительно значимости теплофизических характеристик при выборе теплоизоляции [6-8].

Суть исследований состоит в том, что значимость теплофизических характеристик может быть проведена на основе решения задач теплопроводности Фурье при определенных начальных условиях на границах раздела слоев и внешних граничных условиях.

Решение, полученное методом разделения переменных [4-5 и др.], представляет сумму ряда по собственным функциям задачи. Выражение для температуры любого слоя $T_i(r, t)$ n - компонентной системы имеет вид:

$$T_i(r, t) = \sum_{m=0}^{\infty} A_m F_{i,m}(\mu_{i,m} r) \exp(\mu_{i,m}^2 a_i t), \quad i = 1, 2 \dots n, \quad (2)$$

где A_m , $F_{i,m}(\mu_{i,m} r)$, r , $\mu_{i,m}$, t , a_i - соответственно постоянные коэффициенты, собственные функции задачи, пространственная координата, собственные числа задачи, координата времени и коэффициент температуропроводности i – го слоя.

Решение (2) можно преобразовать так:

$$T_i(r, t) = T_{y,i}(r)(1 - \exp(\mu_i^2 a_i t)), \quad (3)$$

где $T_{y,i}(r)$ – установившееся температурное поле в рассматриваемом i – м слое.

В этом случае скорость изменения температуры в слое будет равна:

$$\frac{T_i(r,t)}{dt} = \mu_i^2 a_i T_{y,i}(r) \exp(\mu_i^2 a_i t). \quad (4)$$

Выражение (4) может иметь следующий вид:

$$\frac{T_i(r,t)}{dt} = \frac{T_{y,i}(r) \exp(-t/\tau)}{\tau}, \quad (5)$$

где τ – постоянная времени процесса:

$$\tau = \frac{1}{\mu_i^2 a_i}. \quad (6)$$

Согласно выражениям (3) – (6) можно заключить, что чем больше будет постоянная времени процесса τ , тем меньше коэффициент температуропроводности i -го слоя a_i и, соответственно, меньше скорость изменения температуры в слое. Поэтому при резкой смене температур на поверхности объекта определяющую роль следует отводить не коэффициенту теплопроводности λ_i , а коэффициенту температуропроводности i -го слоя a_i , который является функцией от коэффициента теплопроводности λ_i , плотности ρ_i и массовой теплоемкости c_i i -го слоя. Следовательно для снижения скорости теплообмена лучшими теплоизоляционными свойствами обладают материалы с наименьшим коэффициентом температуропроводности, что целесообразно использовать в условиях резкой смены температуры.

Список литературы:

1. Горелик, П.И. Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения / П.И. Горелик, Ю.С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений.- 2014.- №3(18).- С.93-103.
2. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В. Исследования причин переувлажнения утепленных фасадов многоквартирных домов г. Саратова / Ф.К. Абдразаков, А.В. Поваров // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова . 2018. № 3. С. 39-45.
3. Абдразаков Ф.К., Поваров А.В. Эффективная система наружной теплоизоляции каменных многоквартирных домов / Ф.К. Абдразаков, А.В. Поваров // В сборнике: Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения Материалы IX Национальной конференции с международным участием. Под ред. Ф.К. Абдразакова. 2019. С. 13-16.
4. Vendin, S.V. Calculation of nonstationary heat conduction in multilayer objects with boundary conditions of the third kind / S.V. Vendin / Journal of Engineering Physics and Thermophysics.- 1993. Т. 65. № 2.- С. 823.
5. Vendin S. On the Solution of Problems of Transient Heat Conduction in Layered Media / S. Vendin // International Journal of Environmental and Science Education.- 2016.- V. 11. N. 18.- p.12253-12258.
6. Вендин С.В. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи / С.В. Вендин, Ю.Н. Ульяновцев // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 4 (24). С. 30-36.
7. Вендин С.В. Выбор теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи / С.В. Вендин, Ю.Н. Ульяновцев // В сборнике: Актуальные проблемы энергетики АПК. Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием. Под общ. ред. Трушкина В.А., 2019. С. 50-52.
8. Вендин С.В. Анализ свойств теплоизоляционных материалов для условий нестационарной теплопередачи / С.В. Вендин, Ю.Н. Ульяновцев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2019. № 1 (18). С. 412-419.