

УДК 536.24

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Вендин Сергей Владимирович

доктор технических наук, профессор

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

Ульянцев Юрий Николаевич

кандидат технических наук, доцент

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина

п. Майский, Белгородская область, Россия

e-mail: elapk@mail.ru

Аннотация: В статье приведены результаты сравнительного анализа эффективности различных теплоизоляционных материалов в условиях нестационарной теплопередачи.

Ключевые слова: потери теплоты, теплоизоляционные материалы, теплопроводность, термическое сопротивление, температуропроводность.

В настоящее время на рынке строительных материалов имеется большое разнообразие теплоизоляционных материалов, назначением которых является снижение потерь теплоты при эксплуатации зданий и сооружений различного назначения. Однако проблема выбора наиболее эффективного и бюджетного варианта теплоизоляции не решена до настоящего времени [1-4].

Имея главную функцию предотвращения тепловых потерь различные виды теплоизоляционных материалов, несмотря на рекламу, по разному справляются с этой задачей. Использование надежной теплоизоляции в несущих конструкциях зданий и сооружений позволяет экономить значительное количество энергии, расходуемой в зимнее время на обогрев помещений, а в летнее время – на охлаждение и кондиционирование. Согласно имеющейся статистике до 2/3 всей используемой в зданиях электроэнергии расходуется на отопление и охлаждение.

Основными характеристиками теплоизоляционных материалов являются: влажность; пористость; плотность; теплоемкость; паропроницаемость; максимальная температура эксплуатации; коэффициент теплопроводности.

Наибольшее внимание уделяется коэффициенту теплопроводности, который равен количеству теплоты, проходящему за 1 секунду через плоскую однородную стенку толщиной 1 м площадью 1 м² при разности температур на поверхностях стенки 1 К. Единицей измерения коэффициента теплопроводности является Вт/(м·К). Коэффициент теплопроводности λ , в сочетании с толщиной материала δ определяет величину внутреннего термического сопротивления:

$$R_{\lambda} = \delta / \lambda. \quad (1)$$

Считается, что низкий коэффициент теплопроводности – это основа хорошей теплоизоляции.

Такой подход вполне справедлив для условий, когда на теплообменных поверхностях длительное время поддерживаются постоянные температуры и условия теплообмена, т.е. стационарные граничные условия для уравнения теплопроводности Фурье.

Реальные же условия таковы, что стационарные граничные условия являются идеализированным случаем, а действительности на теплообменных поверхностях зданий и сооружений температура и условия теплообмена на поверхности могут сильно изменяться в течение короткого времени, т.е. имеют место нестационарные стационарные граничные условия.

В условиях нестационарной теплопередачи эффективность теплоизоляции и скорость изменения разницы температур между внешней и внутренней средой и будут зависеть от определяющих размеров объекта и от коэффициента температуропроводности a ограждающих конструкций.

Непосредственно коэффициент температуропроводности является комплексной характеристикой, зависящей от коэффициента теплопроводности λ , плотности ρ и от массовой теплоемкости c материала:

$$a = \lambda / \rho c. \quad (2)$$

Следовательно, с учетом коэффициента теплопроводности необходимо учитывать и коэффициент температуропроводности, т.к. он определяет скорость передачи теплового потока и, следовательно, изменение температуры внутри объекта в зависимости от колебаний наружной температуры среды. На основании сказанного можно заключить, что обеспечение высоких теплоизоляционных свойств, прочности и долговечности теплоизоляции в условиях нестационарного теплообмена не возможно без учета влияния теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов на скорость передачи теплового потока и, следовательно, изменение температуры внутри объекта в зависимости от колебаний наружной температуры среды. Необходимо учитывать также, что ограждающие конструкции представляют собой слоистые структуры с различными теплофизическими характеристиками.

На основе решения задачи нестационарной теплопередачи [5-8] был проведен теоретический анализ влияния теплофизических параметров материала на скорость изменения температуры в слоистой стенке.

В соответствии с общим решением уравнения теплопроводности Фурье скорость изменения температурного поля в i -м слое многослойной стенки определяется выражениями вида:

$$\frac{T_i(r,t)}{dt} = T_{y,i}(r) (\exp(-t/\tau))/\tau . \quad (3)$$

где $T_{y,i}(r)$ – установившееся температурное поле в рассматриваемом слое; r, t – соответственно пространственная координата и координата времени; τ – постоянная времени процесса:

$$\tau = 1/\mu_i^2 a_i , \quad (4)$$

где μ_i, a_i – соответственно собственные числа задачи и коэффициент температуропроводности i -го слоя.

Согласно выражениям (3) и (4) скорость изменения температуры в каждом слое структуры возрастает с уменьшением постоянной времени процесса τ , или чем больше коэффициент температуропроводности слоя a_i . Основной вывод проведенного анализа состоит в том, что при резкой смене внешних температур на поверхности объекта (стенки) определяющая роль отводится коэффициенту температуропроводности слоя a_i , а не коэффициенту теплопроводности λ_i .

Был проведен анализ теплофизических характеристик различных теплоизоляционных материалов и рассчитаны значения коэффициента их температуропроводности a_i . Результаты расчетов приведены в виде номограммы на рисунке 1.

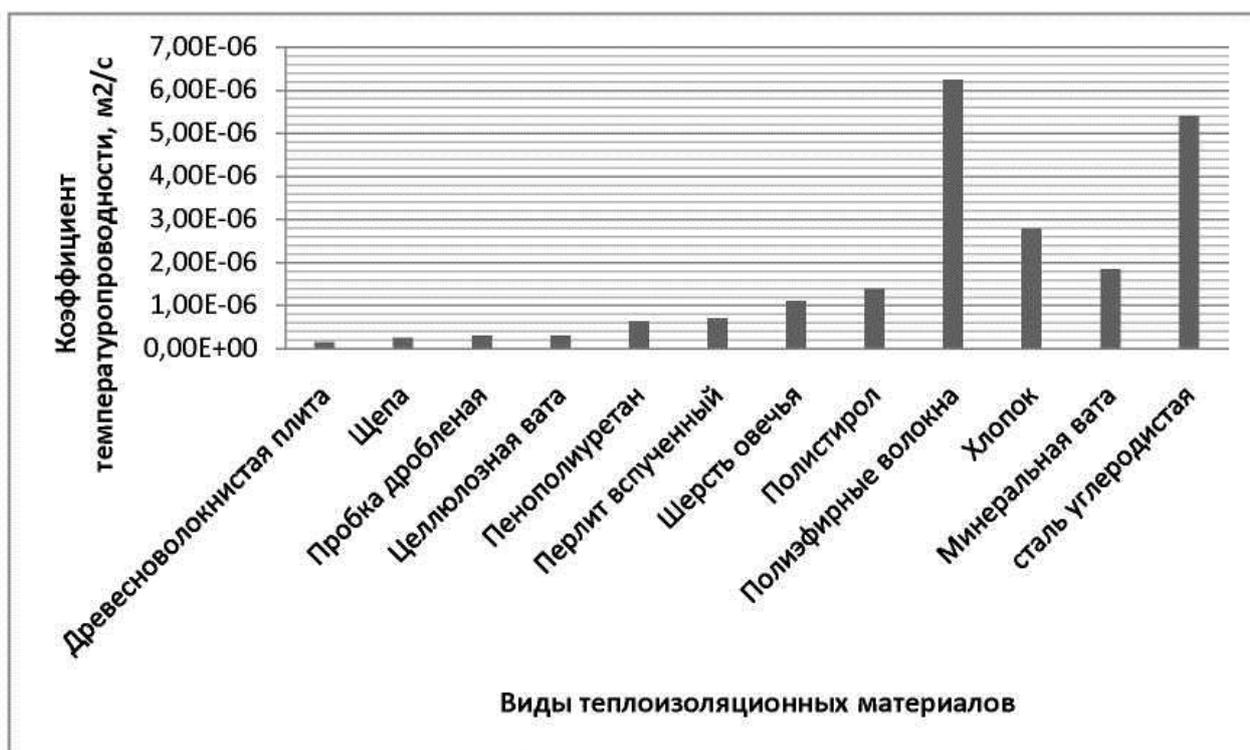


Рисунок 1 – Коэффициент температуропроводности различных теплоизоляционных материалов

Полученные данные позволяют свидетельствуют о том, что наименьшим коэффициентом температуропроводности обладают дерево и композитные материалы на его основе, а также такие искусственные материалы как пенополиуретан. Поэтому для условий резкой смены температуры окружающей среды в теплоизоляционные покрытия целесообразно включать слои на основе дерева и пенополиуретана.

Список литературы

1. Горелик П.И. Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения [текст] / П.И. Горелик, Ю.С. Золотова // Строительство уникальных зданий и сооружений.- 2014.- №3(18).- С.93-103.
2. Солдатенков А.С. Инновации в автоматизированных системах централизованного и децентрализованного теплоснабжения зданий образовательного назначения [текст] / А.С. Солдатенков, Е.А. Потапенко, А.О. Яковлев// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 4-3. С. 618-622.
3. Потапенко Е.А. Исследование алгоритмов управления процессом отопления здания с зависимым теплоснабжением [текст] / Е.А. Потапенко, А.С.

Солдатенков, А.О. Яковлев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. № 2 (120). С. 74-78.

4. Потапенко А.Н. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов [текст] / А.Н. Потапенко, А.О. Яковлев, Е.А. Потапенко, А.С. Солдатенков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2007. № 7-8. С. 120-134.

5. Вендин С.В. К расчету нестационарной теплопроводности в многослойных объектах при граничных условиях третьего рода [текст] / С.В. Вендин // ИФЖ, 1993.- Т.65, №8.-С.249-251.

6. Вендин С.В. К решению задач нестационарной теплопроводности в слоистых средах [текст] / С.В. Вендин, И.А. Щербинин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.- 2016.-№3.-С. 96-99.

7. 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.

8. 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.

FEATURES OF CHOICE OF HEAT-INSULATING MATERIALS UNDER CONDITIONS OF NON-STATIONARY HEAT TRANSFER

Vendin Sergey Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina

Ulyantsev Yuri Nikolaevich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina

Maysky village, Belgorod region, Russia

e-mail: elapk@mail.ru

Abstract: The article presents the results of a comparative analysis of the effectiveness of various heat-insulating materials in conditions of unsteady heat transfer.

Key words: heat loss, thermal insulation materials, thermal conductivity, thermal resistance, thermal diffusivity.