

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Перестенко А.С. (Аспирант ИТМО).

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Кораблёв В.А.  
(ИТМО)

**Введение.** Энергоэффективность зданий и сооружений в значительной степени определяется свойствами применяемых теплоизоляционных материалов. Ключевой характеристикой таких материалов является низкая теплопроводность, обеспечиваемая их пористой, волокнистой или ворсистой структурой [1]. В процессе эксплуатации изоляция подвергается механическим нагрузкам, приводящим к деформации сжатия. Фундаментальные исследования, такие как, в области теплозащитных свойств одежды [2], показывают, что тепловое сопротивление пористых материалов зависит от их толщины и объемного веса. Однако существующие аналитические модели теплопереноса в гетерогенных средах часто предсказывают монотонное увеличение эффективной теплопроводности при сжатии, что не всегда согласуется с практическими наблюдениями [3]. Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния степени сжатия на коэффициент теплопроводности характерных представителей деформируемых теплоизоляционных материалов – полиуретана и минеральной ваты, как пористого и волокнистого материала, соответственно.

**Основная часть.** Экспериментальное исследование проводилось с использованием бикалориметра, реализующего метод регулярного теплового режима. Принцип работы установки основан на анализе скорости охлаждения предварительно перегретого металлического ядра, окруженного исследуемыми образцами, при стабилизированной температуре охлаждаемых альфа-блоков. Образцы материалов диаметром 160 мм и различной исходной толщины помещались в измерительную ячейку. Степень сжатия задавалась изменением зазора между ядром и альфа-блоками. В ходе работы была усовершенствована методика расчета, что позволило повысить точность определения коэффициента теплопроводности за счет использования двух одновременно исследуемых образцов и автоматизации первичной обработки данных.

В ходе эксперимента были получены зависимости теплопроводности от степени сжатия для обоих материалов. Для полиуретана исходная теплопроводность при отсутствии сжатия составила в среднем 0.142 Вт/(м·К). При увеличении степени сжатия в 2-3 раза (уменьшении толщины образца) наблюдалось протворечивое, на первый взгляд, снижение коэффициента теплопроводности до минимального значения 0.069 Вт/(м·К). Это объясняется подавлением конвективных потоков воздуха внутри крупных пор материала [2] и возможным увеличением числа контактов между элементами структуры, не приводящим пока к значительному росту кондуктивного переноса по твердому каркасу. Дальнейшее сжатие (в 6 раз от исходной толщины) привело к резкому росту теплопроводности, которая вернулась к значениям порядка 0.14 Вт/(м·К), что обусловлено увеличением вклада теплопроводности в процессе теплопереноса спрессованного твердого вещества.

Аналогичная, но менее выраженная тенденция наблюдалась для минеральной ваты. Начальная теплопроводность (0.143 Вт/(м·К)) снижалась при трехкратном сжатии до 0.050 Вт/(м·К). Это снижение также связано с оптимизацией структуры волокнистого материала и уменьшением роли излучения и конвекции [3]. При шестикратном сжатии теплопроводность минеральной ваты возросла до 0.10 Вт/(м·К)..

**Заключение.** В результате проведенного исследования экспериментально подтверждено наличие немонотонной зависимости теплопроводности деформируемых материалов от степени их сжатия. Для исследованного полиуретана оптимальная степень сжатия, обеспечивающая минимальную теплопроводность, находится в диапазоне 2-3, для минеральной ваты – около 3. Полученные результаты демонстрируют ограниченность существующих линейных моделей теплопереноса [3] и указывают на необходимость их доработки с учетом структурных изменений в

материале при деформации. Выявленный эффект имеет важное практическое значение, так как открывает возможность повышения теплоизоляционных свойств деформируемых теплоизоляционных материалов без их замены, а лишь за счет оптимизации его монтажного сжатия, что способствует повышению общей энергоэффективности зданий.

### **Список литературы**

1. Горлов Ю. П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
2. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
3. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов: Справочник. – Л.: Энергия, 1974. – 264 с.