

УДК 620.1

П.А. Косых

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

ВЛИЯНИЕ СКВОЗНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Рассматривается влияние металлических теплопроводных включений (толщиной от 0,5 до 2,0 мм) на сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. Проведено сравнение результатов инженерной методики расчета теплосопrotivления [1] с результатами компьютерного моделирования в среде ANSYS [2]. Также произведен анализ зависимости теплосопrotivления от входных параметров, что позволило обобщить результаты формулой.

Ключевые слова: теплосопrotivление, ограждающие конструкции, сквозное металлическое включение, теплопроводность, ANSYS.

Описание методик расчета

Сравним два подхода (инженерный и компьютерный) к определению сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, имеющих сквозные металлические включения. Инженерный подход основан на определении коэффициента теплотехнической однородности r . Коэффициент зависит от схемы теплопроводного включения, соотношения геометрических и физических параметров утеплителя и включения.

Компьютерный анализ выполнялся на основе расчета температурных полей в расчетном комплексе ANSYS. В ходе расчета определялся суммарный тепловой поток через конструкцию, на основании которого вычисляется сопротивление теплопередаче.

Для сравнения использовалась двумерная модель ограждающей конструкции (рис. 1). Она представляет собой характерный участок стены (толщиной $\delta = 203$ мм) с металлическими сквозными теплопроводными включениями (шаг включений 600 мм). Теплопроводность металлического включения $\lambda_m = 58$ Вт/(м·°С). Толщина теплопроводного включения a изменялась пошагово – 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0 мм. Основной объем стены заполнен теплоизоляционным материалом с теплопроводностью λ_{ins} .

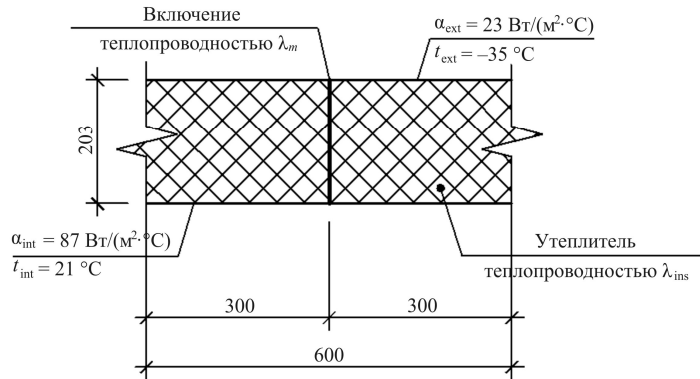


Рис. 1. Модель ограждающей конструкции

Для удобства ручного расчета теплопроводность утеплителя λ_{ins} подбиралась таким образом, что бы отношение $a\lambda_m/\delta\lambda_{ins}$ совпадало со значениями шапки таблицы Н.2 [1]. Таким образом, для каждого шага по толщине включения a было назначено 9 значений теплопроводности утеплителя λ_{ins} . Граничным условием на внутренней и внешней гранях служит конвекция, заданная через коэффициенты теплоотдачи α_{int} , α_{ext} и температуру воздуха t_{int} , t_{ext} . На боковых гранях модели задавалось условие полной теплоизоляции.

Сравнение методик расчета

В ходе расчетов по обеим методикам отслеживался процент снижения теплосопротивления ограждающей конструкции за счет металлического включения. Для каждого шага по толщине были построены графики, иллюстрирующие процент снижения сопротивления теплопередаче в зависимости от теплопроводности утеплителя λ_{ins} (рис. 2). Полученные графики имеют один и тот же характер. В пределах $0,25 \leq a\lambda_m/\delta\lambda_{ins} \leq 2,0$ процент снижения теплосопротивления по обеим методикам не имеет сильного расхождения (за исключением толщины включения $a = 0,5$ мм разность снижения теплосопротивления в пределах 5,63 %). Далее наблюдается значительное расхождение. Значения по СП значительно превышают результаты компьютерного расчета (максимальная разница составила 36 %).

Для теплоизоляционных, конструкционно-теплоизоляционных материалов (таких как легкие бетоны, минеральная вата, пенополиуретан, экструзионный пенополистирол) с теплопроводностью

$0,2 < \lambda_{\text{ins}} < 0,3$ Вт/(м·°С) для толщины стены $\delta = 203$ мм разница между методиками в теплосоппротивлении составляет до 2,87 (м·°С)/Вт (при нормируемом теплосоппротивлении для Перми 3,56 (м·°С)/Вт).

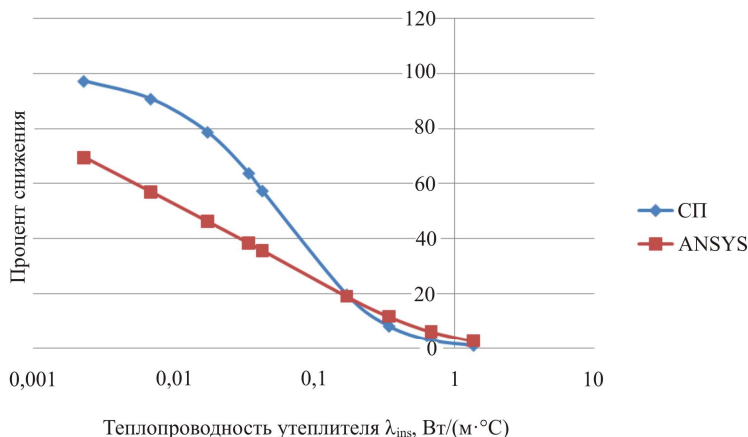


Рис. 2. Сравнение снижения теплосоппротивления для толщины включения $a = 1,2$ мм

Аппроксимация

Далее был проведен анализ с целью выяснения, является ли процент снижения теплосоппротивления постоянной величиной при фиксированном значении отношения $a\lambda_{\text{пл}}/\delta\lambda_{\text{ins}}$. Если это так, то это соотношение можно принять в качестве аргумента для функции, аппроксимирующей процент снижения теплосоппротивления. Результаты приведены на рис. 3.

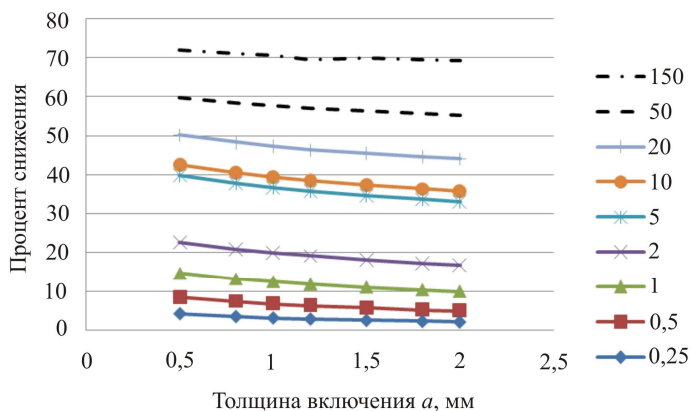


Рис. 3. Процент снижения теплосоппротивления

Рис. 3 иллюстрирует то, что в пределах постоянного отношения $\alpha\lambda_m/\delta\lambda_{ins}$ процент снижения остается практически неизменным. Максимальное отклонение от среднеарифметического значения (в процентах от полного теплосопротивления) представлено ниже.

Максимальное отклонение от среднеарифметического:

$\alpha\lambda_m / \delta\lambda_{ins}$	0,25	0,5	1	2	5	10	20	50	150
Максимальное отклонение от среднеарифметического, %	±1,3	±2,0	±2,8	±3,5	±4,0	±3,9	±3,6	±2,7	±1,6

На основе среднеарифметических данных можно подобрать аппроксимирующую (логарифмическую) функцию (рис. 4), описывающую процент снижения теплосопротивления по компьютерной методике:

$$f = 10,29 \ln\left(\frac{\alpha\lambda_m}{\delta\lambda_{ins}}\right) + 14,6.$$

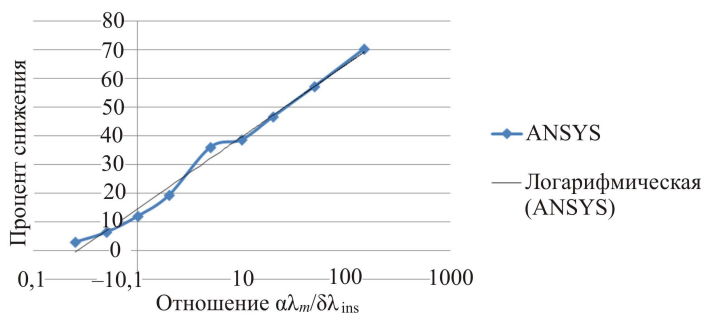


Рис. 4. Аппроксимирующая функция

В ходе работы было выявлено значительное расхождение между инженерной и компьютерной методиками расчета. Сделана попытка обобщения результатов компьютерного расчета в формулу.

Библиографический список

1. СП 23-101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий / ЦПП. – М., 2004.
2. ANSYS Basic Analysis Procedures Guide. ANSYS Release 10.0 / ANSYS Inc. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ansys.com/Support/Documentation>.

Получено 2.10.2012

P.A. Kosykh

THE INFLUENCE OF TRANSPARENT METAL INCLUSIONS ON THERMAL RESISTANCE OF FILLER STRUCTURES

The article in question deals with the influence of transparent metal inclusions (thickness from 0,5 to 2,0 mm) on thermal resistance of filler structures. The results of engineering method were compared to the results of computer modeling in ANSYS. In addition, the analysis of thermal resistance dependence on "input" characteristics was carried out which allowed us to generalize the results by the formula.

Key words: thermal resistance, filler structure, transparent metal inclusion, thermal conductivity, ANSYS.

Об авторах

Косых Павел Андреевич (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Строительная механика и вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: smivt@pstu.ru).

About the authors

Kosykh Pavel Andreevich (Perm, Russia) – postgraduate student, Department of Mechanics and computational technologies, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: smivt@pstu.ru).