

УДК 692.232.42 : 536.212.3

Влияние сопротивления теплопередачи утеплителя на распределение температурных полей в стеновых ограждениях с навесными вентилируемыми фасадами

Р.А. Назиров, Т.В. Белов

*Сибирский федеральный университет,
Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79*

Received 04.03.2011, received in revised form 08.12.2013, accepted 24.12.2013

Представлены результаты расчетов температурных полей в узлах крепления каркаса вентилируемого фасада стеновых ограждающих конструкций. Установлено, что увеличение сопротивления теплопередачи теплоизоляционного слоя при устройстве внутри стеновой конструкции способствует уменьшению значения теплового потока и увеличению локальной зоны пониженных температур в стеновом ограждении в местах крепления анкера.

Ключевые слова: навесные вентилируемые фасады, узел крепления навесного фасада, распределение температурных полей, сопротивление теплопередачи внутреннего утеплителя.

Навесные вентилируемые фасады (НВФ) появились в Европе в конце 1970-х гг. Изначально они применялись для защиты ограждающих конструкций зданий от агрессивного воздействия окружающей среды, а также для обновления фасадов зданий при реконструкции. В нашей стране НВФ появились в начале 1990-х гг., быстро заняли свою нишу на рынке. В 1995 г. Правительством Российской Федерации для экономии энергоресурсов было принято решение о поэтапном переходе к более высоким требованиям к сопротивлению теплопередачи ограждающих конструкций. К 2001 г. требуемое сопротивление теплопередачи для стенового ограждения увеличилось с 1,15 до 3,70 м²·°C/W. В связи с этим любое здание, подвергающееся реконструкции или ремонту, должно соответствовать новым нормам [1, 2]. Опыт эксплуатации зданий из кирпича, имеющих повышенное сопротивление теплопередачи, показало возникновение трещин уже после 7-10 лет эксплуатации. Трещины возникают на наружном декоративном слое каменной кладки от больших механических нагрузок, из-за отсутствия армирования, при некачественной установке связей. Наибольшие разрушения появляются в местах с высокой концентрацией теплотехнических неоднородностей (гибкие металлические связи, вспомогательные металлические элементы) из-за образования конденсата на металлических элементах и, как следствие, высокой влажности каменной кладки. Самым дешёвым и быстрым способом

увеличения требуемого сопротивления теплопередачи стало применение навесных вентилируемых фасадов. НВФ стали применяться в Сибири без каких-либо принципиальных изменений в условиях, в которых изначально их не предполагалось эксплуатировать. Таким образом, появляются новые сложные многослойные конструкции стенового ограждения с большим количеством теплотехнических неоднородностей (сборная трёхслойная железобетонная стеновая панель с внутренним утеплителем и навесным вентилируемым фасадом или каменная кладка с эффективным утеплителем с навесным вентилируемым фасадом), требующие тщательного дополнительного изучения, прежде всего в условиях низких отрицательных температур. Новые типы сложных многослойных ограждений также требуют подробного изучения температурно-влажностных режимов в процессе эксплуатации, точного подбора материалов для каждого слоя ограждающей конструкции.

Навесные вентилируемые фасады монтируются на металлический каркас, который закрепляется, как правило, стальными анкерами через слой теплоизоляции к несущей части стены здания. Несмотря на удобство монтажа и эксплуатации, высокую ремонтпригодность, такая конструкция несёт в себе существенные недостатки, нарушая в значительной степени теплотехническую однородность ограждающих конструкций. Расчёты были проведены для климатических условий г. Красноярска (табл. 1).

Целью расчётов была оценка влияния теплопроводности внутреннего теплоизоляционного слоя НОК на совместную «тепловую» работу с конструкцией НВФ. Ранее проведённые нами расчёты установили возникновение локальной зоны пониженных температур вблизи анкера крепления НВФ. В этой зоне материал стены испытывает большее количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, что негативно сказывается на долговечности как крепления НВФ, так и здания в целом. Расчётным путём мы определили, что зона относительных пониженных температур вблизи анкера крепления НВФ образовывается в наружных ограждающих конструкциях с внутренним утеплителем, таких как каменная кладка с эффективным утеплителем или сборные трёхслойные железобетонные панели [3]. Для дальнейших расчётов были приняты две модели:

Таблица 1

Параметры	Значения параметров	Источник
Климатические характеристики		
Район строительства	г. Красноярск	-
Расчётная температура наружного воздуха, t_{ext} , °C	-40	СНиП 23-01-2003, табл. 1
Средняя температура отопительного периода, со среднесуточной температурой воздуха ниже 8 °C, t_{ht} , °C	-7.1	- « -
Продолжительность отопительного периода, со среднесуточной температурой воздуха ниже 8 °C, t_{ht} , °C	234	- « -
Влажностный режим помещений	Нормальный	СНиП 23-02-2003 прил. В
Условия эксплуатации ограждающих конструкций	A	СНиП 23-02-2003 табл. 2

1) трёхслойная железобетонная панель с эффективным утеплителем из пенополистирола $\lambda = 0,040, \text{W/m}^{\circ}\text{C}$;

2) трёхслойная железобетонная панель с эффективным утеплителем из минеральной ваты $\lambda = 0,064, \text{W/m}^{\circ}\text{C}$.

Для выявления температуры наружного воздуха, при которой вблизи крепления анкера НВФ образовывается локальная зона пониженных температур, на расчётную модель была приложена тепловая нагрузка с «шагом» 5°C от минус 40 до минус 5°C . Исходные данные для расчётных моделей представлены в табл. 2.

Графики распределения температур, построенные по оси анкера крепления кронштейна НВФ к конструкции стенового ограждения при различных температурах наружного воздуха, представлены на рис. 1.

На рис. 1 хорошо видны характерные изменения углов наклона на границах материалов, обусловленные разными коэффициентами их теплопроводности. Чем больше угол наклона участка графика к оси X , тем выше сопротивление теплопередачи соответствующего материала. Следует отметить возникновение двух пиков, совпадающих с двумя противоположными концами анкера. По всей видимости, пики вызваны влиянием высокой теплопроводности металлического анкера на материалы, граничащие с ним. Глубина пониженных температур по оси анкера увеличивается с понижением температуры наружного воздуха.

Выполненный расчёт в 3D-геометрии позволил установить, что вблизи заделки анкера образуется зона отрицательных температур в форме усечённого конуса. Такая форма может быть объяснена самой конструкцией стенового ограждения, конус поворачивается в защитном слое сборной трёхслойной стеновой панели. Это обусловлено высокой теплопроводностью материала анкера, относительно высокой теплопроводностью защитного слоя и низкой теплопроводностью наружного и внутреннего утеплителей ограждающей конструкции. Таким образом, создаются условия, при которых возникает зона пониженных температур, появляется подобие «термоса», который отсекает тепловой поток в положительном направлении, позволяя тепловому потоку в отрицательном направлении проходить вглубь стенового ограждения.

Таблица 2

№ п/п	Наименование элемента	Коэффициент теплопроводности, $\text{W/m}^{\circ}\text{C}$	Размеры, mm
1	Керамзитобетон (несущий слой)	0,7	110
	Внутренний теплоизоляционный слой (пенополистирол)	0,040	180
2	Внутренний теплоизоляционный слой (минеральная вата)	0,064	180
3	Железобетон (защитный слой)	1,92	60
4	Анкер	58	Ø8x100
5	Основание кронштейна	58	2x96
6	Теплоизоляционный материал НВФ	0.04	100

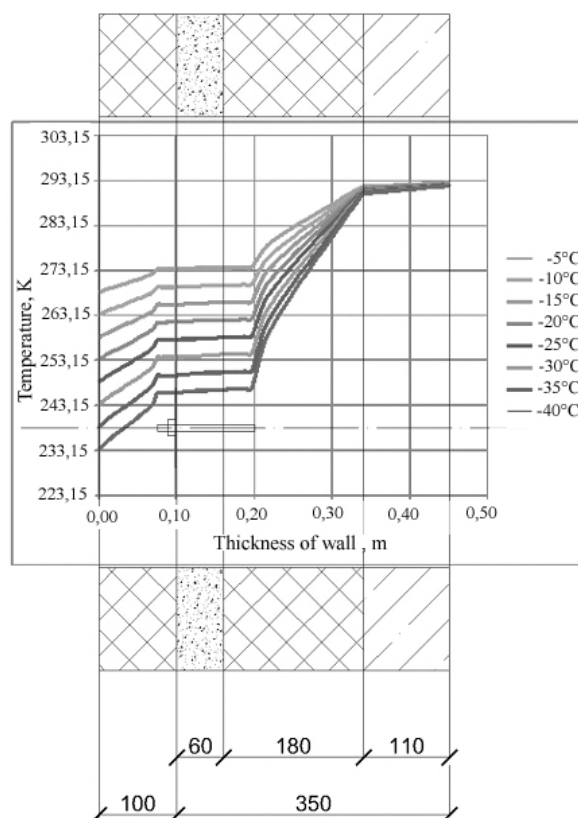


Рис. 1

Это, безусловно, будет оказывать влияние на деструкцию материала в местах крепления анкера при циклических изменениях температур наружного воздуха. Расчёты показывают, что этот процесс начинается уже при температуре наружного воздуха минус 7 °С.

Наличие зоны пониженных температур вблизи анкера обусловлено уменьшением величины теплового потока ввиду наличия теплоизоляционного слоя внутри стенового ограждения. Таким образом, наиболее неблагоприятным фактором с позиции обеспечения долговечности является наличие внутреннего теплоизоляционного слоя.

Характер распределения температур в конструкции стенового ограждения с НВФ и внутренним утеплителем из минеральной ваты аналогичен изображенному на рис. 1. Глубина промерзания стенового ограждения с утеплителем из минеральной ваты несколько меньше, чем в аналогичной конструкции с утеплителем из пенополистирола, и меняется в зависимости от температуры наружного воздуха (рис. 2).

При температуре наружного воздуха от минус 20 °С и ниже промерзания стенового ограждения с анкером и без него мало отличаются друг от друга. Это связано с тем, что при таких температурах глубина промерзания стенового ограждения существенно больше, чем глубина заделки анкера крепления НВФ. При такой температуре наружного воздуха и соответствующего ей графику распределения температурных полей анкер практически не влияет на тепловую работу конструкции (рис. 4).

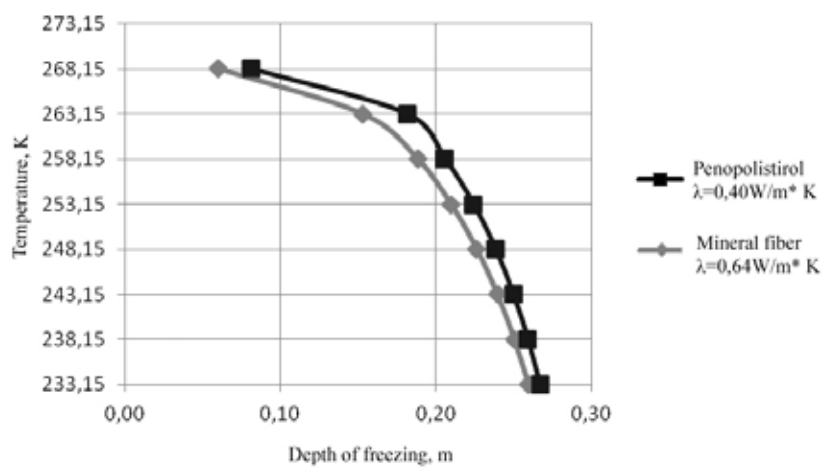


Рис. 2

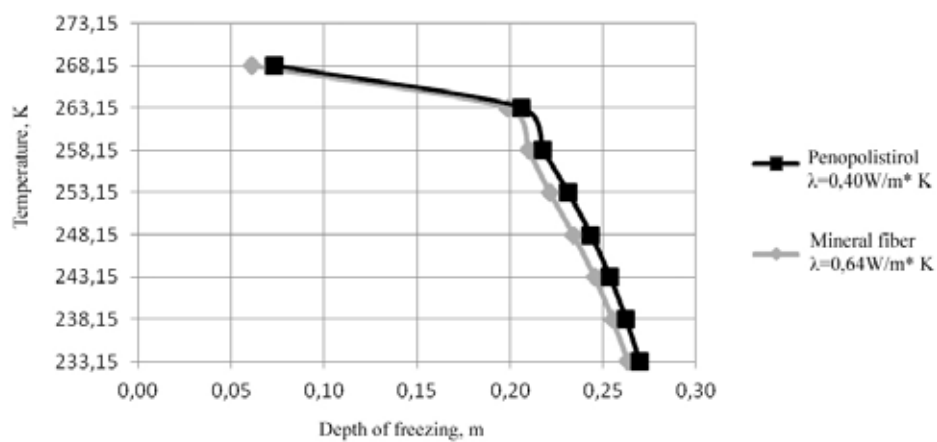
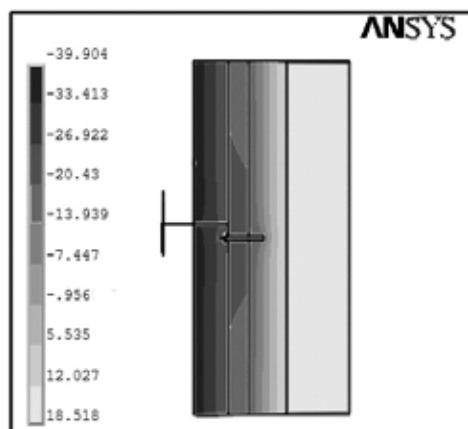
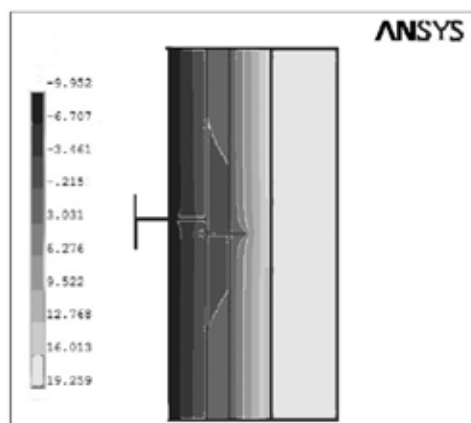


Рис. 3



4a)



4b)

Рис. 4a, 4b

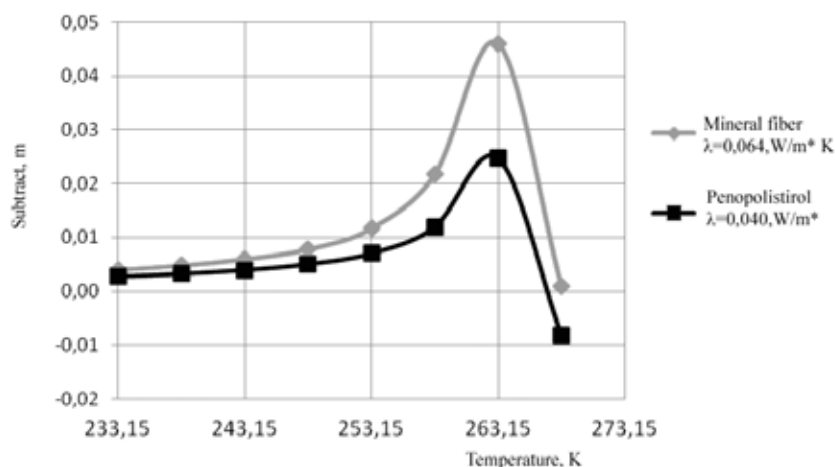


Рис. 5

Максимальная разница глубин промерзания НОК с учётом влияния анкера крепления НВФ наблюдается при температуре наружного воздуха минус 10 °С (рис. 4b). При этом НОК без учёта влияния анкера промерзает до середины защитного слоя раствора толщиной 60 мм. Из-за высокой теплопроводности анкера (металла) глубина промерзания вблизи анкера существенно смещается. Вблизи анкера возникает локальная зона пониженных температур в форме усечённого конуса.

Как можно видеть из сравнения графиков на рис. 5, глубина промерзания трёхслойной стеновой панели с НВФ с внутренним утеплителем из минеральной ваты больше, чем глубина промерзания аналогичного стенового ограждения с внутренним утеплителем из пенополистирола. То есть чем выше сопротивление теплопередачи внутреннего утеплителя, тем больше будет глубина промерзания стеновой конструкции. Это связано с уменьшением теплового потока. Данный эффект наблюдается как при наличии, так и при отсутствии анкера. Увеличение сопротивления теплопередачи теплоизоляционного слоя способствует увеличению локальной конусообразной зоны в стеновом ограждении в месте крепления анкера.

Для стенового ограждения с внутренним утеплителем из минеральной ваты глубина промерзания по оси анкера на 30 % больше, чем по стеновой конструкции без учёта влияния анкера. Для стенового ограждения с внутренним утеплителем из пенополистирола глубина промерзания по оси анкера на 13 % больше, чем по стеновой конструкции без учёта влияния анкера.

Выводы

1. Наибольшую опасность с точки зрения долговечности представляют стеновые конструкции с внутренним теплоизоляционным слоем. Увеличение сопротивления теплопередачи теплоизоляционного слоя (в том числе за счёт изменения вида и теплопроводности материала) при устройстве внутри стеновой конструкции способствует уменьшению значения теплового потока и увеличению локальной конусообразной зоны пониженных температур в стеновом ограждении в местах крепления анкера.

2. Опасность с позиции обеспечения долговечности вызывает многократный циклический переход наружной температуры воздуха, что, безусловно, ведёт к ускоренной деструкции материала и, как следствие, потере несущей способности материала стенового ограждения.

3. Наибольшая зона относительных пониженных температур, а следовательно, наибольшее негативное влияние анкера на несущую способность материала ограждающей конструкции сказывается при температурах наружного воздуха 263,15 К (минус 10 °С). При температуре наружного воздуха 258,15 К (минус 15 °С) влияние металлического анкера на глубину промерзания существенно уменьшается, а при более низких температурах практически отсутствует.

Список литературы

- [1] СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2003. 26 с.
- [2] СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: ФГУП ЦНС, 2004. 140 с.
- [3] ГОСТ 11024-84. Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. М, 1985.

Influence Resistance heat Insulant Distribution of Temperature Fields in wall Fences Ventilated Facades

Rashit A. Nazirov and Timofey V. Belov
Siberian Federal University
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia

The results of calculation of temperature fields in the nodes of frame fixing ventilated facade wall enclosures. Found that increasing the resistance of heat transfer heat-insulating layer in the device inside the wall structure helps to reduce the heat flow values and the increase in the local area of low temperatures in the wall fence at fixing anchor.

Keywords: ventilated facades, mount hinged facade, the distribution of temperature field, thermal resistance of the internal insulation.
