



Возможность использования сверхтонкой жидкой теплоизоляции для защиты несущих железобетонных элементов в многослойной наружной стене

О.Г. Чеснокова, В.Д. Тухарели, А.В. Тухарели

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Статья освещает результаты анализа температурных полей в конструкции многослойной стены в зависимости от расположения сверхтонкой жидкой теплоизоляции. Проведен графический анализ. Обобщен опыт реконструкции и эксплуатации зданий.

Ключевые слова: теплофизические свойства материалов; архитектурно-конструктивное проектирование; коэффициент теплопроводности; расчет температурных полей.

Энергосберегающие инновации в ограждающих конструкциях тесно связаны с энергопотреблением зданий. Вместе с тем анализ теплотерь зданий показывает, что значительную их часть (40 – 50 %) продолжают составлять затраты энергии на нагрев инфильтрующегося воздуха. Важно снизить количество тепла на отопление, а это может быть достигнуто повышением теплозащиты ограждающих конструкций зданий. Стремление к повышению энергоэффективности в строительном секторе побуждает ученых расширять исследования высокоэффективных теплоизоляционных материалов, что приводит к появлению новых продуктов, доступных на рынке [1-4].

Практика строительства и эксплуатации жилых и общественных зданий показала, что при наличии в многослойной ограждающей конструкции несущих железобетонных элементов, таких как колонны, ригели, монолитные диски перекрытий возникает ряд проблем с промерзанием стены и ухудшением ее теплофизических свойств. Железобетонный несущий элемент становится проводником (мостиком) холода. Промерзание железобетонного элемента в стене может привести к образованию конденсата на внутренней поверхности стены и преждевременному разрушению конструкции стены [5, 6].

Использование сверхтонкой керамической жидкой теплоизоляции типа «Корунд» или «Броня» дает возможность частичного уменьшения негативного влияния железобетонного элемента на теплотехнические характеристики ограждающей конструкции здания [7, 8].

В данной статье предложен вариант возможного решения описанной выше проблемы. Задача решалась методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программы COMSOL Multiphysics v4.3a [9].

Для сравнительного анализа использовались три варианта конструктивного решения стены (рис 1А, 1Б и 1В).

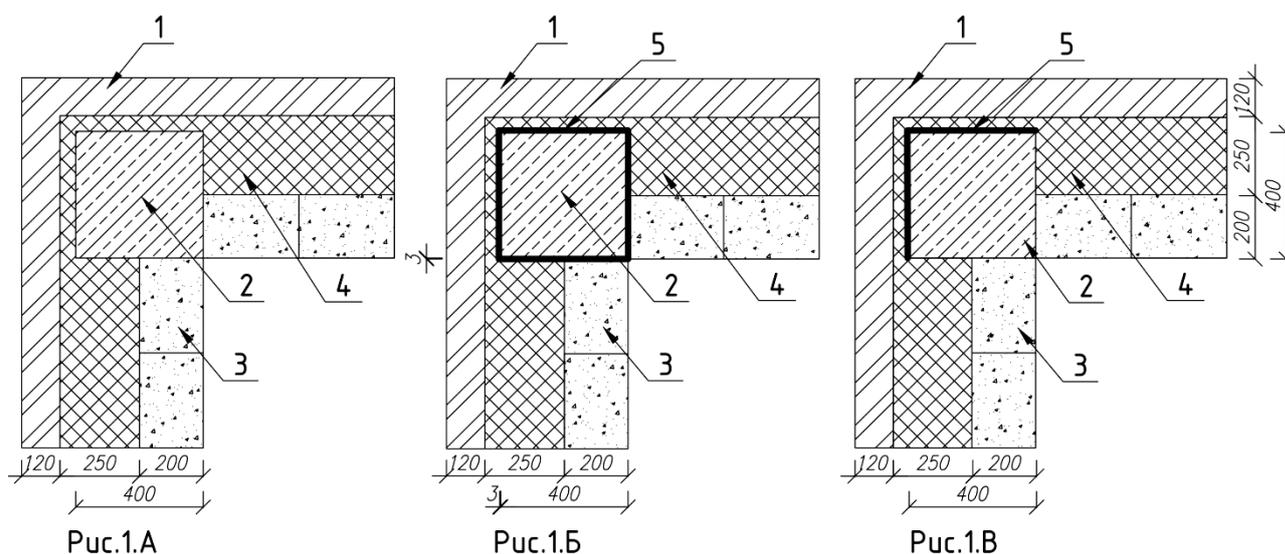


Рис.1.Расчетная схема. 1-кирпич силикатный, 120мм; 2-ж.б. колонна, 400х400мм;3-керамзитобетонный блок; 4-минеральная вата; 5-сверхтонкая жидкая теплоизоляция.

Первый вариант расчетной схемы (Рис.1А) представляет собой трехслойную стену. Несущим элементом является железобетонная колонна (2) сечением 400х400мм. В качестве отделочного слоя - лицевой силикатный кирпич, 120мм (1), внутренний слой ограждающей конструкции - керамзитобетонный блок, толщиной 200мм (3). В качестве утеплителя используется жесткая минераловатная плита, толщиной 250 мм (4). Вторым вариантом расчетной схемы (Рис 1Б) - несущая железобетонная колонна

окрашена со всех сторон сверхтонкой жидкой теплоизоляцией слоем в 3мм (5). Третий вариант расчетной схемы (Рис 1В) -несущая железобетонная колонна окрашена сверхтонкой жидкой теплоизоляцией слоем в 3мм только с наружной стороны.

Характеристики используемых в расчете материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Расчетные параметры материалов

№	Наименование материала	Теплопроводность, W/(m*K)	Плотность, kg/m ³	Удельная теплоемкость, J/(kg*K)
1	Кирпич силикатный	0.76	2000	880
2	Железобетон	1.8	2300	840
3	Керамзитобетонные блоки	0.67	1600	800
4	Минеральная вата	0.04	150	840
5	Сверхтонкая теплоизоляция	0.001	1600	1470

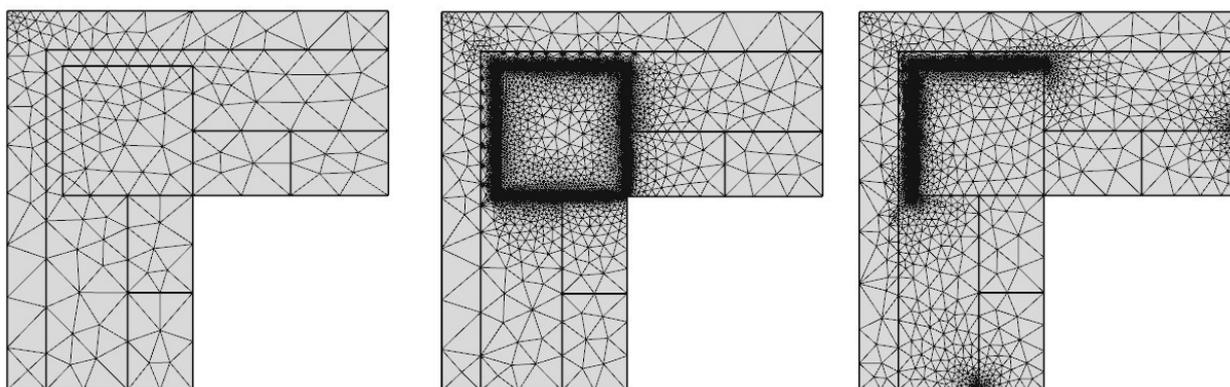


Рис.2. Сетка конечных элементов: конечных элементов -10460, степеней свободы - 21026.

Распределение температурных полей определялось из решения дифференциального уравнения с помощью оператора Лапласа:



$$\operatorname{div}(-\lambda \nabla T) = 0, \quad \text{где } \nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j}$$

При расчете учитывали следующие граничные условия (ГУ):

$$q = \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} = \frac{t_{\text{int}} - \tau_{\text{int}}}{R_{\text{int}}} = \frac{t_{\text{ext}} - \tau_{\text{ext}}}{R_{\text{ext}}} \text{const}$$

где R_{int} - сопротивление теплопередаче внутренней поверхности ограждения;

R_{ext} - сопротивление теплопередаче наружной поверхности ограждения;

R_0 - общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции;

t_{int} - 20 °С - температура внутреннего воздуха;

t_{ext} - -20 °С температура наружного воздуха;

τ_{int} температура внутренней поверхности ограждающей конструкции;

τ_{ext} температура наружной поверхности ограждающей конструкции.

Кроме того в расчете были заданы следующие граничные условия:

α_{int} - коэффициент теплоотдачи принят по табл. 4 СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», равный 8,7 Вт/м²°С для внутренней поверхности.

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности равный 23 Вт/м²°С принят по табл. 6 СП 50.13330.2012

Задача была рассчитана в стационарном режиме с неизменными теплофизическими свойствами материалов слоев. Стационарный режим рассмотрен для плоской задачи [10]. Путем расчетов с использованием программы COMSOL Multiphysics получены следующие результаты, которые приведены на рисунке 3 и 4.

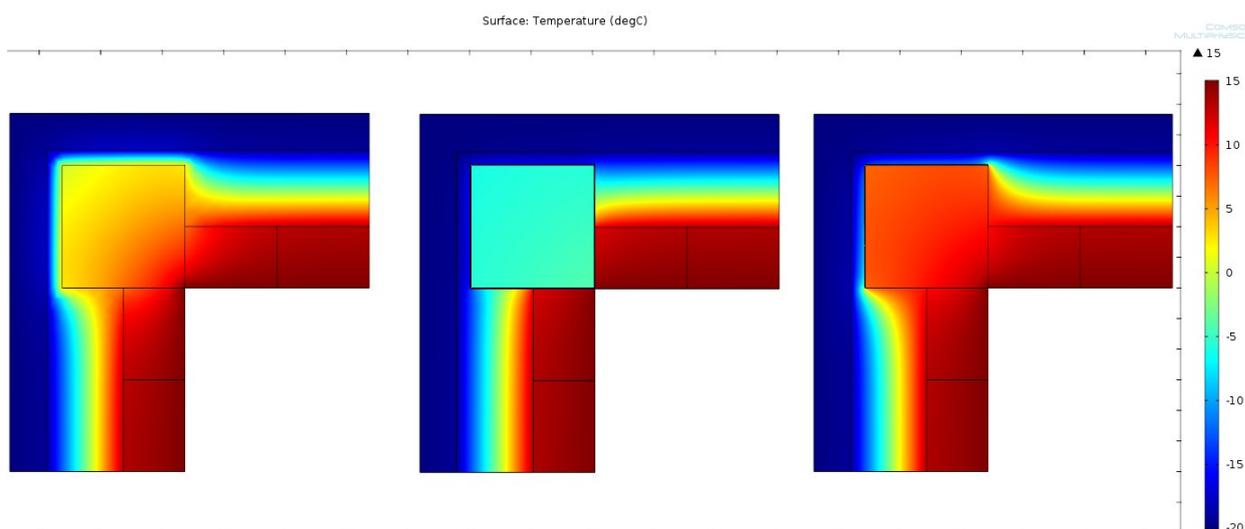


Рис.3. Распределение температуры на расчетных схемах.

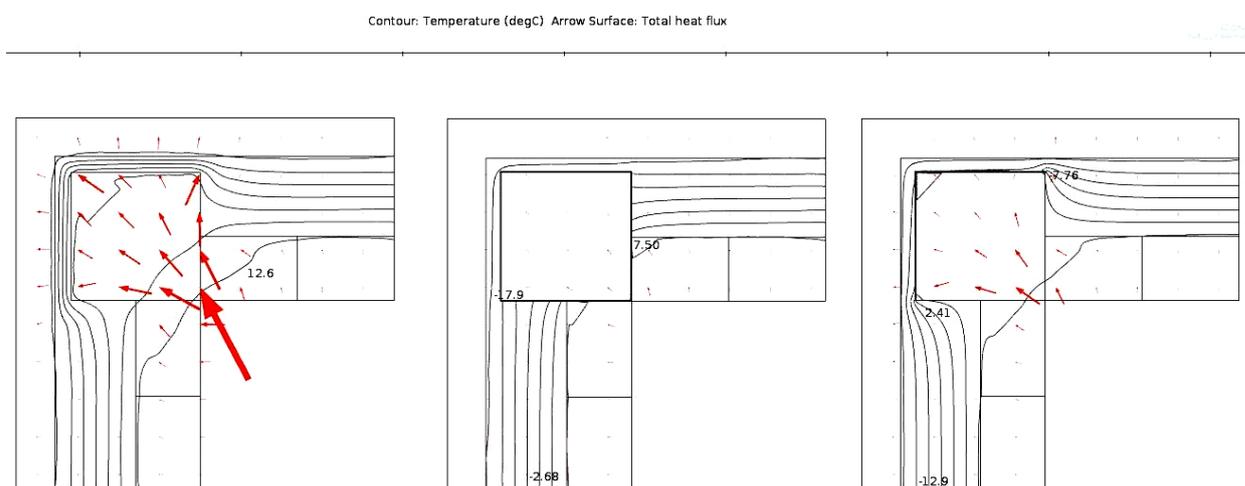


Рис.4. Линии температурных полей через 5 °С. Стрелками показаны основные теплопотери.

Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Полученные результаты.

№	Расчетная схема	Средняя температура на поверхности сечения колонны, °С
1	Рис 1А	4,55
2	Рис 1Б	-5.3
3	Рис 1В	8,9



Выводы:

1. Исходя из полученных данных, можно сделать следующие выводы. Средняя температура на поверхности сечения колонны в случае стандартного решения (Рис 1А) составляет 4,55 °С. В случае, если колонна была обработана со всех сторон сверхтонкой жидкой теплоизоляцией (Рис 1Б) составляет -5.3 °С. В случае, если колонна была обработана только с наружной стороны сверхтонкой жидкой теплоизоляцией (Рис 1В) составляет 8.9 °С.

2. Результаты расчетов температуры с линейными теплофизическими свойствами показали, что в незащищенных теплоизоляцией несущих железобетонных элементах возможно промерзание и образование плесени на внутренней поверхности стены (Рис 1А).

3. Использование сверхтонкой теплоизоляции для теплозащиты несущих железобетонных элементов со всех сторон (Рис 1Б) дает отрицательный результат. Сверхтонкая жидкая теплоизоляция с наружной стороны препятствует прохождению холода, но и с внутренней стороны препятствует прохождению тепла, что приводит к промерзанию колонны.

4. Использование сверхтонкой теплоизоляции для теплозащиты несущих железобетонных элементов только с наружной стороны (Рис 1В) дает положительный результат. Сверхтонкая жидкая теплоизоляция с наружной стороны препятствует прохождению холода, что приводит к прогреву колонны изнутри.

5. Следует отметить, что значительную долю в изменение распределения температуры приведут различные конструктивные особенности, такие как, щели, неплотная подгонка, технологические отверстия.

Литература

1. Menyhart, K., Krarti, M. Potential energy savings from deployment of
-



Dynamic Insulation Materials for US residential buildings // Building and Environment. 2017. Vol. 114. P. 203–218. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.12.009.

2. Lakatos, A. Comprehensive thermal transmittance investigations carried out on opaque aerogel insulation blanket // Materials and Structures, 2017. Vol. 50. Issue 1. P. 1–12. DOI: 10.1617/s11527-016-0876-7.

3. Тухарели, В.Д., Чеснокова, О.Г., Чередниченко, Т.Ф. Опыт строительства высотных зданий с использованием эффективных формообразующих технологий // Новая наука: опыт, традиции, инновации : междунар. науч. период. изд. По итогам Междунар. науч. - практ. конф. 24 нояб. 2015 г. - Стерлитамак, 2015. - С. 180 – 184.

4. Чередниченко, Т.Ф., Фоминова, В.В. Биотектон — новая технология формообразования высотных сооружений // В сборнике: Ежегод. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского сост. и студ. ВолгГАСУ: в 3-х частях. 2008. С. 203-206.

5. Шеина, С.Г., Миненко, А.Н. Анализ и расчет «мостиков холода» с целью повышения энергетической эффективности жилых зданий // Инженерный вестник Дона, 2012. № 4 (часть 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1097

6. Шеина, С.Г., Миненко, Е.Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве // Инженерный вестник Дона, 2012. № 4 (часть 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1099

7. Чеснокова, О.Г. Использование сверхтонкой теплоизоляции для исключения промерзания стальных оконных перемычек // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 45 (64). С. 94-101.

8. Жуков, А.Н., Перехоженцев, А.Г., Власов, В.А. Применение жидкого керамического утеплителя для улучшения теплофизических параметров



участков существующих ограждающих конструкций // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. № 21. С. 44-46.

9. Чеснокова, О.Г., Григоров, А.Г. Анализ распределения температурных полей краевой зоны откоса окна при наружном утеплении // Наука в современном мире: теория и практика. 2016. № 1 (4). С. 14-18.

10. Чеснокова, О.Г., Григоров, А.Г. Сравнительный анализ распределения температурных полей верхнего откоса окна в зависимости от способа утепления. В сборнике: Современные научные исследования: теоретический и практический аспект // Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2016. С. 204-208.

References

1. Menyhart, K., Krarti, M. Building and Environment. 2017. Vol. 114. P. 203–218. DOI: 10.1016/j.buildenv.2016.12.009.

2. Lakatos, A. Materials and Structures, 2017. Vol. 50. Issue 1. P. 1–12. DOI: 10.1617/s11527-016-0876-7.

3. Tukhareli, V.D., Chesnokova O.G., Cherednichenko T.F. Novaya nauka: opyt, traditsii, innovatsii : mezhdunar. nauch. period. izd. Po itogam Mezhdunar. nauch. - prakt. konf. 24 noyab. 2015 g. Sterlitamak, 2015. pp. 180 – 184.

4. Cherednichenko, T.F., Fominova V.V. V sbornike: Ezhegod. nauch.-prakt. konf. professorsko-prepodavatel'skogo sost. i stud. VolgGASU: v 3-kh chastyakh. 2008. pp. 203-206.

5. Sheina S.G., Minenko A.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4. (chast' 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1097

6. Sheina S.G., Minenko E.N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 4. (chast' 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1099.



7. Chesnokova O.G. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2016. № 45 (64). pp. 94-101.

8. Zhukov, A.N., Perekhozhentsev, A.G., Vlasov, V.A. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2011. № 21. pp. 44-46.

9. Chesnokova, O.G., Grigorov, A.G. Nauka v sovremennom mire: teoriya i praktika. 2016. № 1 (4). pp. 14-18.

10. Chesnokova, O.G., Grigorov, A.G. Sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Otvetstvennyy redaktor: Sukiasyan Asatur Al'bertovich. 2016. pp.204-208.