

Определение долговечности крепления анкера навесного вентилируемого фасада, на основе расчёта коэффициентов льдистости

Т.В. Белов

ООО ГК Олимппроект, Москва

Аннотация: Представлены результаты коэффициентов льдистости для северных и южных стен, в локальных зонах с учётом влияния анкера крепления каркаса вентилируемого фасада к наружным ограждающим конструкциям из трехслойных железобетонных панелей. Определена долговечность крепления анкера навесного вентилируемого фасада, в зависимости от морозостойкости наружного слоя трехслойной стеновой панели и ориентации стены на север или юг.

Ключевые слова: навесной вентилируемый фасад, железобетонная трехслойная панель, узел крепления навесного фасада, коэффициенты льдистости, долговечность.

Навесные вентилируемые фасады (НВФ), как и любая другая сложная конструкция, имеет свои достоинства и недостатки. Данному вопросу посвящено большое количество работ, как в отечественных в отечественных источниках, на тему ветровых нагрузок [1], энергоэффективности [2,3] и других вопросов [4], так и в зарубежных [5, 6].

В ранее опубликованных работах [7, 8] был рассмотрен вопрос долговечности крепления анкера НВФ, в различных стеновых конструкциях для «северных (без учёта)» и «южных (с учётом солнечной радиации)».

В рамках реконструкции зданий с наружными ограждающими конструкциями из трехслойных стеновых панелей повышается их класс энергоэффективности и сопротивления теплопередачи, в большинстве случаев для этого применяются навесные фасады, таким образом появляются ограждающие конструкции с внутренним утеплителем.

В локальной зоне около анкера крепления навесного фасада возникает область, в которых материал под влиянием высокой теплопроводности металла, подвергается большему количеству циклов замораживания и

оттаивания, данный процесс отрицательно сказывается на долговечности материала вблизи анкера. Особенно ярко это видно на примере трёхслойных стеновых конструкций с внутренним слоем утеплителя, на которых смонтирован навесной фасад. Такой тип ограждающей конструкции появляется, как правило, при капитальном ремонте зданий.

В стенах без внутреннего утеплителя, тепловой поток «подогревает» материал вокруг анкера, таким образом вокруг анкера количество циклов замораживания-оттаивания снижается, что не приводит к негативным последствиям. Внутренний утеплитель в конструкции стенового ограждения уменьшает интенсивность теплового потока, в результате чего материал стены в большей степени подвержен дневным колебаниям температур и воздействию солнечной радиации. Как правило, это происходит в конце осени и начале весны.

Как было отмечено выше, ограждающие конструкции с внутренним утеплителем появляются в результате реконструкции, на момент которой зданию может быть 50 лет и больше, а значит, фактическая марка по морозостойкости и несущая способность наружного слоя панели будет значительно ниже изначальной.

Рассматривались здания, запроектированные с применением трёхслойных стеновых панелей по ГОСТ 11024-84, хотя полученные результаты и выводы применимы для всех трёхслойных стеновых панелей с навесным вентилируемым фасадом.

Граничные условия, расчётная схема, тепловая нагрузка с учётом солнечной радиации и без нее, описание градиента температур проанализированы в [9].

Расчётная схема, приложение динамической тепловой нагрузки, анализ распределения температурных полей по северным и южным стенам подробно рассмотрены в [9]. Условные точки А (в зоне влияния анкера) и В (в зоне, где

влияние анкера отсутствует) наиболее характерны, в них исследовалось изменение температуры, рис. 1.

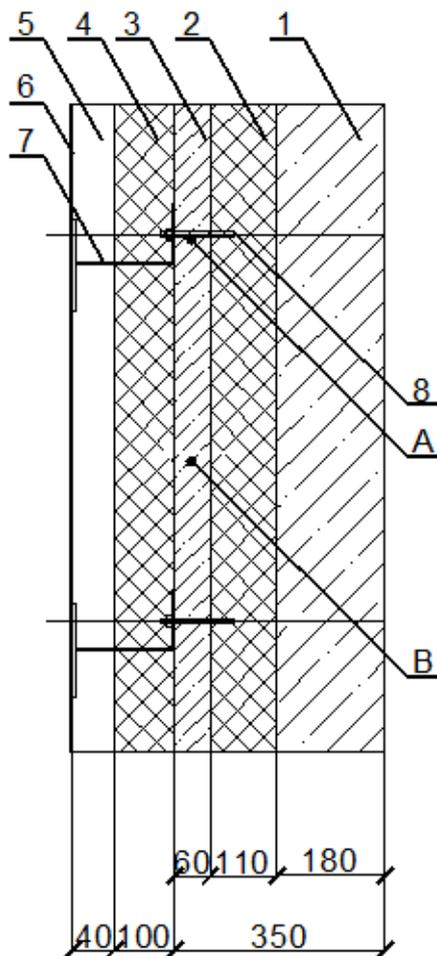


Рис. 1. Конструкция сборной трехслойной железобетонной панели с навесным вентилируемым фасадом. 1- Несущий слой из керамзитобетона; 2- Внутренний теплоизоляционный слой; 3-Защитный слой из бетона; 4- Теплоизоляционный материал НВФ; 5-Воздушный зазор; 6- Облицовочный слой НВФ; 7-Кронштейн крепления НВФ; 8-Анкер крепления НВФ; А- расчётная точка в середине защитного слоя, на поверхности, соприкасающейся с материалом анкера; В-расчётная точка в середине защитного слоя находящаяся вне зоны влияния анкера крепления НВФ

Для прогнозирования долговечности материалов наружной ограждающей конструкции, был выбран феноменологический метод, в основе которого лежит теория, разработанная С.В. Александровским [10]. Достоинством этой методики является то, что расчёт производится на основании действующих нормативных документов и учитывает климатические особенности конкретного региона, конструкцию стенового ограждения и условия эксплуатации. С.В. Александровский даёт инструмент объективной оценки долговечности работы наружных ограждающих конструкций.

По теории, разработанной Александровским, долговечность многослойных ограждающих конструкций с внутренним утеплителем по степени деструкции наружного промерзающего слоя допускается определять аналогично долговечности однослойной стены.

Долговечность по степени деструкции наружного промерзающего слоя определяется по формуле:

$$\theta = \frac{F(W_H - W_P)}{[W_3^{(B)} - W_P] \sum_{(i)} n_i^{(B)} \xi_i^{(B)}(t) + [W_3^{(O)} - W_P] \sum_{(i)} n_i^{(O)} \xi_i^{(O)}(t)} \quad (1)$$

Результат расчётов температуры в точках А и В (рис.1), соответствующие им коэффициенты льдистости, с учётом влияния солнечной радиации, и без неё показаны в таблице 1.

Для наглядности таблицы для северных и южных стен представлены на одном листе. Таким образом, можно сравнить не только количество циклов замораживания – оттаивания, но и пиковую температуру в каждом из этих циклов, и ее влияние на величину коэффициента льдистости.

В левой части представленной таблицы видно, что летне-осенний интервал значительно короче, чем зимне-весенний, это соответствует многолетним наблюдениям за климатом Сибири.

Таблица № 1

Температуры и коэффициенты льдистости для осенне-зимнего и зимне-весеннего интервалов года для северных и южных стен.

Северные стены		Юные стены	
С учётом влияния анкера		С учётом влияния анкера	
Температура	$\xi_i^{(B)}(t), \xi_i^{(0)}(t)$	Температура	$\xi_i^{(B)}(t), \xi_i^{(0)}(t)$
1	2	3	4
Осенне-зимний		Осенне-зимний	
-2,428	0,006	-2,18	0,000
-24,033	1,000	-23,900	1,000
$\Sigma = -24,461$	$\Sigma = 1,006$	$\Sigma = -26,08$	$\Sigma = 1,000$
Зимне-весенний интервал		Зимне-весенний интервал	
-8,519	0,786	-3,44	0,216
-14,028	0,926	-3,07	0,118
-0,218	0,000	-7,62	0,760
-3,758	0,301	-0,39	0,000
-0,971	0,000	-8,12	0,768
-1,702	0,000	-13,63	0,918
-0,890	0,000	-2,08	0,000
-2,707	0,051	-2,80	0,066
$\Sigma = -32,793$	$\Sigma = 2,064$	-2,96	0,092
Без учёта влияния анкера		-0,232	0,000
Температура	$\xi_i^{(B)}(t), \xi_i^{(0)}(t)$	-0,960	0,000
Осенне-зимний		-0,305	0,000
-7,574	0,760	-0,147	0,000
1	2	3	4

-18,897	1,000
$\Sigma = -24,471$	$\Sigma = 1,760$
Зимне-весенний интервал	
-0,268	0,000
-0,206	0,000
-4,548	0,452
-4,014	0,367
-9,188	0,813
-0,232	0,000
-0,377	0,000
$\Sigma = -18,832$	$\Sigma = 1,632$

-1,965	0,000
-0,536	0,000
$\Sigma = -48,26$	$\Sigma = 2,938$
Без учёта влияния анкера	
Температура	$\xi_i^{(B)}(t), \xi_i^{(O)}(t)$
Осенне-зимний	
-4,02	0,368
-3,46	0,222
-8,61	0,789
$\Sigma = -16,09$	$\Sigma = 1,379$
Зимне-весенний интервал	
-4,02	0,368
-3,46	0,222
-8,61	0,789
$\Sigma = -16,09$	$\Sigma = 1,379$

На осенне-зимнем интервале зафиксировано два перехода температуры через 0°C , для модели с учётом и без учёта влияния анкера. Сумма коэффициентов льдистости на летне-осеннем интервале, вне зоны влияния анкера равна 1,76, что отличается на 74,9%, от суммы коэффициентов в зоне влияния анкера 1,006, при одинаковом количестве переходов температуры через 0°C , и практически одинаковых сумм температур (разница 0,05%) – минус $24,471^{\circ}\text{C}$ и минус $24,461^{\circ}\text{C}$, соответственно. Такая разница сумм коэффициентов льдистости при, практически, одинаковых суммах температур, объясняется тем, что лёд активно увеличивается в объёме, при температуре до минус 20°C . Этой температуре соответствует максимальное значение коэффициента льдистости, равное 1,0, при температурах ниже,

темпы увеличения объёма льда малы, и не учитываются в расчётах долговечности ограждающих конструкций.

На зимне-весеннем интервале, который (как и характерно для расчётного региона) длиннее, чем летне-осенний, сумма коэффициентов льдистости больше, в зоне влияния анкера – 2,064, чем вне ее – 1,632, за счёт большего количества циклов перехода через 0°C . Большее количество циклов перехода температуры через 0°C обеспечено высокой теплопроводностью материала анкера.

В правой части таблицы представлены результаты расчётов коэффициентов льдистости и соответствующих им температур, вычисленные интерполяцией по [4], для зимне-весеннего и осенне-зимнего интервалов года, для южных стен. Графики, по которым определялась минимальная температура каждого из циклов, представлены на рисунке 3.36.б.

Коэффициенты льдистости на осенне-зимнем интервале, при учёте влияния анкера для южных стен, практически полностью совпадает с соответствующими коэффициентами для северных стен. Под влиянием дополнительного тепла от солнечной радиации на осенне-зимнем интервале для южных стен произошло небольшое повышение температуры на $0,248^{\circ}\text{C}$, но этого повышения температуры достаточно, чтобы один из коэффициентов льдистости стал равен нулю.

На зимне-весеннем интервале, без учёта влияния анкера, на южных стенах температура увеличивается незначительно, при этом, количество переходов температуры через 0°C уменьшается в два раза с 6 до 3, а сумма коэффициентов льдистости уменьшается на 18,3% с 1,632 до 1,379, относительно стен без учёта воздействия солнечной радиации.

Сопоставляя результаты расчётов стен с учётом солнечной радиации, и без нее, можно заметить, что воздействие солнечной радиации, практически в

два раза повышает количество циклов перехода температуры материала в исследуемой точке через 0°C.

Тем не менее, температура большинства из этих циклов недостаточно низкая, для того чтобы образовалось существенное количество льда, способное оказать влияние на деструкцию материала (восемь коэффициентов льдистости из пятнадцати равны нулю). Тем не менее, сумма коэффициентов увеличилась на 42,35% с 2,064 до 2,938.

Таким образом, из полученных данных, можно сделать вывод, что в условиях климата Сибири, (в исследуемых точках А и В рисунок 1), количество переходов температуры через 0°C будет значительно больше на зимне-весеннем интервале, чем на летне-осеннем, при этом на южных стенах, с учётом влияния анкера, сумма коэффициентов льдистости будет выше на 42,35%, чем на северных за счёт увеличения, почти в два раза, количества циклов замораживания и оттаивания. Однако, основная часть подобных циклов не настолько низкая, для того, чтобы внести значительный вклад в снижение долговечности материала. Сумма коэффициентов льдистости для северных стен на зимне-весеннем интервале, без учёта влияния анкера, увеличивается (за счёт увеличения количества циклов замораживания и оттаивания) на 18,3%, относительно южных.

Литература

1. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Леденев П.В. Ветровые нагрузки на облицовку навесных фасадных систем с вентилируемой прослойкой // Academia. Архитектура и строительство – 2010. №3. – С. 124-129.
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. Учет теплотехнических неоднородностей ограждений при определении тепловой нагрузки на систему отопления здания // Жилищное строительство – 2014. №6. – С. 3-7.

3. Дорошин И.Н., Драгич М. Особенности энергоэффективности и зарубежный опыт применения энергоэффективных фасадных систем в жилищном строительстве // Инженерный вестник Дона. 2022. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7720.
 4. Бабкин С.В., Гиясова И.В. Анализ результатов обследования типовых навесных фасадных систем // Инженерный вестник Дона. 2022. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8105
 5. Kishinami K., Saito H. Natural Convective Heat Transfer on a Vertical Plate with Discontinuous Surface Temperature. Effect of Heat Conduction in the Plate // Bulletin of JSME. 1986. Vol. 29. No.253. P. 2145
 6. Bodart M., Evrard A. Architecture & Sustainable Development (vol.1): 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Belgium: Presses univ. de Louvain, 2011. 829 p.
 7. Назиров Р.А., Белов Т.В. Влияние сопротивления теплопередачи утеплителя на распределение температурных полей в стеновых ограждениях с навесными вентилируемыми фасадами // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2014. Т. 7. № 2. С. 207-213.
 8. Белов Т.В., Назиров Р.А. Некоторые аспекты формирования температурных полей, с учётом влияния анкера крепления каркаса навесных вентилируемых фасадов // Перспективы строительного комплекса–2014. – С. 302-307.
 9. Назиров Р.А., Белов Т.В. Расчет и статистический анализ годового хода температуры в контактной зоне защитного слоя железобетонной стеновой панели с анкером крепления навесного фасада // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 1 (96). С. 106-112.
-

10. Александровский С.В. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М.: НИИСФ РААСН: 2004г. 333 с.

References

1. Gagarin V.G., Guvernuyuk S.V., Ledenev P.V. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo 2010. №3 pp. 124-129.
2. Gagarin V.G., Kozlov V.V, Nekludov N. U. Zhilishchnoe stroitelstvo 2014. №6 pp. 3-7.
3. Doroshin I.N, Dragich M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 6. URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7720.
4. Babkin S.V., Giyasanova I.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8105.
5. Kishinami K., Saito H. Natural Convective Heat Transfer on a Vertical Plate with Discontinuous Surface Temperature. Effect of Heat Conduction in the Plate. Bulletin of JSME. 1986. Vol. 29. No.253. P. 2145
6. Bodart M., Evrard A. Architecture & Sustainable Development (vol.1): 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Belgium: Presses univ. de Louvain, 2011. 829 p.
7. Nazirov R.A., Belov T.V. Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii. 2014. T. 7. № 2. pp. 207-213.
8. Belov T.V., Nazirov R.A Nekotoryye aspekty formirovaniya temperaturnykh poley, s uchetom vliyaniya ankera krepleniya karkasa navesnykh ventiliruemykh fasadov [Some aspects of the formation of temperature fields, taking into account the influence of the anchor frame fixing of ventilated facades]. Perspektivy stroitel'nogo kompleksa 2014. pp. 302-307.
9. Nazirov R.A., Belov T.V. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2015. № 1 (96). pp. 106-112.



10. Aleksandrovski S.V. Dolgovechnost naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsi [The durability of enclosing structures]. M.: NIISF RAASN 2004г. 333 p.

Дата поступления: 19.07.2023

Дата публикации: 11.01.2023