

АНАТОЛИЙ ПРОТАСЕВИЧ, к.т.н., профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» факультета энергетического строительства БНТУ
АНТОН КРУТИЛИН, зав. сектором лаборатории ограждающих конструкций РУП «Институт БелНИИС»
ВЛАДИМИР ЛЕШКЕВИЧ, научный сотрудник НИИЛ СТИСЗ БНТУ

КАЧЕСТВО – ЗАЛОГ ДОЛГОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ СООРУЖЕНИЙ

НАРУЖНЫЕ СТЕНЫ ЗДАНИЙ ИЗ ЛЕГКИХ ПАНЕЛЕЙ

Панели стеновые легкие (ПСЛ) находят применение в качестве элементов наружных стен зданий или навесных стеновых панелей. Они имеют конструкцию, включающую каркас из металла.

В качестве примера рассмотрим теплотехнические особенности ограждающих конструкций одноэтажного жилого дома, расположенного в а.г. Парфяново Докшицкого р-на Витебской обл. Наружные стены дома смонтированы из панелей на металлокаркасе. Типовая глухая панель имеет размеры 2683×3502×165 мм. В качестве утеплителя используется пенополиуретан $\rho = 60 \text{ кг/м}^3$ с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,04 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$. Внутренние поверхности панелей выполнены из стекломатных листов (СМЛ) толщиной 10 мм. Плотность материала $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,21 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$, коэффициент паропрооницаемости $\mu = 0,11 \dots 0,14 \text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$. Наружная поверхность стен дома после монтажа панелей укрыта тонкослойной штукатуркой толщиной $\delta = 5 \text{ мм}$.

Натурными измерениями установлено, что сопротивление теплопередаче на участках теплопроводных включений $R_{\tau} = 1,68 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$, на участках без теплопроводных включений $R_{\tau} = 2,53 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$, а $R_{\tau, \text{пр}} = 2,42 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$.

Обследование выявило наличие мест увлажнения на внутренней поверхности в угловых сопряжениях стен и в местах нахождения элементов металлического каркаса.

Проведение ИК-съемки подтвердило наличие в местах увлажнения местиков холода.

Для оценки состояния теплоизоляционного материала выполнено вскрытие угловых сопряжений наружных стен и стеновой панели в подоконной зоне и извлечение проб материалов, которые упаковывались в герметичные контейнеры. В лабораторных условиях пробы

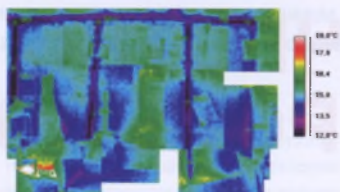


Рис. 1. Температурное поле торцевой стены в жилой комнате дома

взвешивались и сушились. Анализ показал, что перед укрывным слоем панелей происходит конденсация влаги, диффундирующей из помещений квартиры. При этом массовая влажность части пенополиуретана, прилегающего к укрывному слою, превышает допустимую по условиям эксплуатации «Б». Наличие легкой штукатурной системы, укрывающей наружные стены, и использование в угловом соединении дома для заполнения стыкового соединения цементно-песчаного раствора явились причинами конденсации влаги на внутренней поверхности. Расчет температурного поля углового сопряжения позволил определить толщину наружной дополнительной теплоизоляции для устранения дефектов.

НАРУЖНЫЕ ОГРАЖДЕНИЯ ЗДАНИЙ С КАРКАСОМ ИЗ МЕТАЛЛА

В качестве материалов наружных стен используются сэндвич-панели, стеновые ограждающие панели, кладка из штучных материалов и т.д. Наружные ограждающие конструкции указанных зданий имеют достаточно много узлов сопряжений с металлическими и бетонными элементами каркаса, предусматривающими наличие сквозных металлических креплений. Практически все узлы сопряжений являются мостиками холода, влияющими на приведенное сопротивление теплопередаче всей конструкции. Показать влияние тепло-

проводных включений можно путем расчета температурных полей узлов сопряжений.

Оценку теплового режима узлов сопряжений наружных стен, имеющих теплопроводные включения, рассмотрим на примере двухэтажного жилого дома из легких стальных конструкций Молодечненского завода металлоконструкций. Наружные стены выполнены из трехслойных сэндвич-панелей по металлическому каркасу. В качестве теплоизоляции используются минераловатные плиты ($\rho = 120 \text{ кг/м}^3$), укрытые с внешней и внутренней сторон металлической обшивкой. С внутренней стороны стены обшиты фибролитовыми плитами толщиной $\delta = 12 \text{ мм}$. Между сэндвич-панелями и плитами фибролита устроена воздушная прослойка толщиной $\delta \approx 100 \text{ мм}$.

При анализе плоского температурного поля углового сопряжения наруж-

ных стен следует обратить внимание на влияние теплопроводных включений в виде крепежных элементов, металлических стоек и уголков на ход изотерм в толще конструкции. Несмотря на достаточно сильное влияние металлических включений, температура на внутренней поверхности углового сопряжения выше температуры точки росы $t_p = 8,8^\circ\text{C}$.

Температурное поле по сечению угла сопряжения наружной стены с оконным блоком показано на рис. 3. Минимальная температура на внутренней поверхности в месте сопряжения наружной стены с оконным блоком составила $t_{\text{нов}} = 9,5^\circ\text{C}$, что выше температуры точки росы $t_p = 8,8^\circ\text{C}$.

Несмотря на обеспечение санитарно-гигиенических условий по невыпадению конденсата на участках внутренней поверхности наружных стен, эти участки имеют сопротивление теплопередаче в пределах $R_{\tau} = 0,80 \dots 1,0 \text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ и зна-

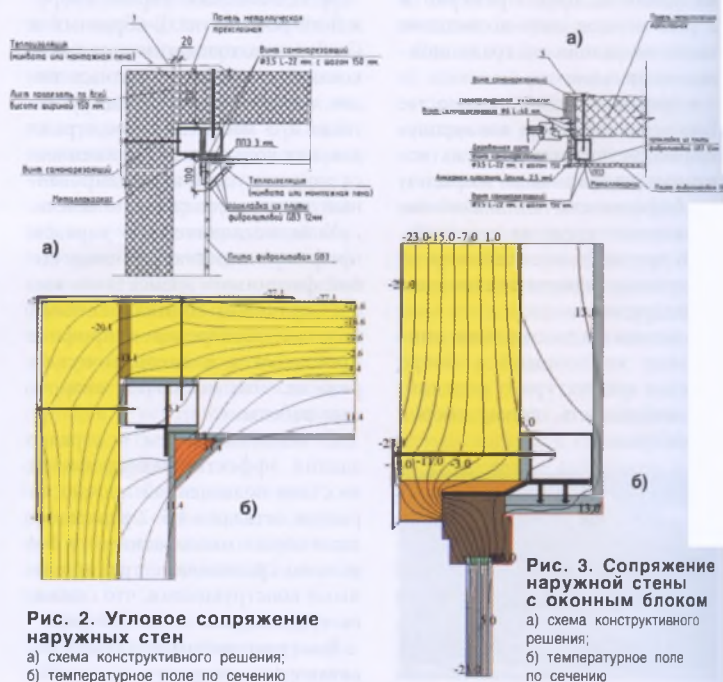


Рис. 2. Угловое сопряжение наружных стен
 а) схема конструктивного решения;
 б) температурное поле по сечению

Рис. 3. Сопряжение наружной стены с оконным блоком
 а) схема конструктивного решения;
 б) температурное поле по сечению

чительно снижают величину приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен в целом. Для обеспечения требований ТКП 45-2.04-43 по величине нормативного сопротивления теплопередаче $R_{ТДН} = 3,20 \text{ м}^2\cdot\text{С}/\text{Вт}$ наружные стеновые сэндвич-панели должны иметь значительный запас в толщине теплоизоляции для компенсации повышенных теплопотерь через мостики холода.

Вторым примером, показывающим особенности проектирования ограждающих конструкций с использованием узлов из металла, является 2–3-этажное здание в Минске по ул. Республиканской. В процессе капремонта достроен мансардный этаж, где запроектированы отапливаемые и неотапливаемые помещения. Большинство ограждающих конструкций выполнено с использованием каркаса из металла. При проектировании предполагались различные варианты теплоизоляции ограждений. Для наиболее неблагоприятных с теплотехнической точки зрения узлов ограждающих конструкций выполнены расчеты температурных полей решением двухмерной задачи переноса теплоты в конечных разностях при граничных условиях III-рода. По результатам расчета определены температуры на поверхностях конструкций со стороны отапливаемых помещений в местах расположения теплопроводных включений. Полученные результаты сравнивались с температурой точки росы для параметров воздуха помещений с $t_{в} = +18^\circ\text{С}$ и $\phi_{в} = 50\%$.

Результаты расчета плоского температурного поля показаны для 2 наиболее неблагоприятных узлов ограждающих конструкций:

- узел № 1 – сопряжения перегородок с покрытием по сечению крепления металлических стоек к балкам швеллерного сечения;

- узел № 2 – в месте устройства дверного проема по сечению примыкания металлических стоек к балкам покрытия.

Узел № 1 рассчитывался для двух вариантов устройства совмещенного покрытия над неотапливаемыми помещениями: с теплоизоляционным слоем (средняя температура в неотапливаемых помещениях $t_{м.п.} \approx +9,0^\circ\text{С}$) и без него (средняя температура в неотапливаемых помещениях $t_{м.п.} \approx -4,0^\circ\text{С}$).

Анализ результатов расчета температурных полей показал, что минимальная температура на внутренней поверхности узла № 1 со стороны эксплуатируемых помещений составляет:

- при наличии слоя теплоизоляции в конструкции покрытия ($t_{м.п.} \approx +9,0^\circ\text{С}$) – $t_{пов} = +5,7^\circ\text{С}$;

- при отсутствии слоя теплоизоляции в конструкции покрытия ($t_{м.п.} \approx -4,1^\circ\text{С}$) – $t_{пов} = +3,9^\circ\text{С}$.

В обоих вариантах конструкции температура на внутренней поверхности узла ниже температуры точки росы, т.е. на поверхности возможна конденсация водяного пара внутренне-го воздуха.

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований образцов материалов

Слой	Толщина слоя, мм	Влажность	
		массовая, %	по условиям «Б»
Укрывной	4	1,95	4
1 слой пенополиуретана	50	128	5
2 слой пенополиуретана	50	4,82	5
3 слой пенополиуретана	40	4,02	5
Укрывной слой	20	0,87	4
Слой пенополиуретана	20	102	5
Цементно-песчаный раствор	50	0,95	4

При укрытии швеллера несущей балки минераловатными плитами конденсация водяного пара на поверхности стены отсутствует.

Анализ температурного поля узла № 2 также показал, что на внутренней поверхности минимальная температура составляет $t_{пов} = +4,8^\circ\text{С}$, что ниже температуры точки росы $t_p = +7,4^\circ\text{С}$.

Дополнительная теплоизоляция полки швеллера минеральной ватой позволяет повысить температуры на внутренней поверхности в местах расположения мостиков холода выше температуры точки росы.

выводы

Наличие в ограждающих конструкциях элементов и узлов из металла предопределяет наличие мостиков холода, на которых возможна конденсация водяного пара из воздуха помещений.

Для достижения требований по уровню теплозащиты необходимо выполнять оценку теплового состояния узлов ограждающих конструкций с мостиками холода на основании расчета их температурных полей.

Теплопроводные включения значительно снижают приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен в целом, вследствие чего требования ТКП 45-2.04-43-2006 в ряде случаев не обеспечиваются.

При использовании в наружных ограждающих конструкциях эффективных теплоизоляционных материалов следует уделять внимание их влажностному режиму, особенно в местах узловых сопряжений со смежными конструкциями. Необходимо выполнять расчеты с определением полей влажностей материалов по сечениям узловых сопряжений конструкций с прогнозированием их величин за многолетний период эксплуатации здания. ☐