

# НОВЫЙ ТИП ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ – ТЕРМОПАНЕЛЬ

Строительство жилых зданий каркасного типа, сочетающих в себе высокие теплоизоляционные и конструкционные свойства, является одним из основных условий для реализации государственной программы «Доступное и комфортное жилье — гражданам России».

Альтернативной современной каркасной технологией строительства жилых зданий стала технология легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК).

Основными достоинствами ЛСТК являются:

- малый вес конструкций (что снижает требования к фундаментам и, как следствие, их стоимость);
- быстрое и высокоточное строительство;
- всесезонность монтажа («сухой» способ производства);
- чистая стройплощадка (продуманность и технологичность монтажа);
- долговечность (металлоконструкции отличаются высокой надежностью и долговечностью);
- экологичность (сталь — экологически чистый материал, не выделяющий запахов и вредных веществ в атмосферу);
- эффективное энергосбережение и низкие эксплуатационные расходы.

На базе ЛСТК разработан новый тип ограждающих конструкций — термопанель (рис. 1). Основой термопанели являются термопрофиль и эффективный утеплитель.

Применение термопанели — это новая, перспективная, энергосберегающая технология, которая по праву может использоваться прежде всего в жилом высотном домостроении, а также при строительстве коттеджей, мансард, быстровозводимых зданий. Термопанель позволит не только обеспечить энергосбережение (за счет применения эффективного утеплителя и термопрофиля с прорезями, увеличивающими путь теплового потока и, как следствие, сопротивление теплопередаче), но и снизить материальные, трудовые и стоимостные затраты в массовом строительстве при высоких качественных и эксплуатационных показателях, сократить сроки строительства за счет улучшенной технологии сборки термопанели.

Строительство, обеспечивающее энергосбережение при эксплуатации зданий, привлекает все большее внимание руководителей городского хозяйства и инвесторов. Для первых это связано с возможностью снижения дотаций населению на оплату за потребля-



Торговый центр (угол Гражданского пр. и пр. Науки, Санкт-Петербург)

емую тепловую энергию, для вторых — с возможностью повысить конкурентоспособность потребительских качеств здания.

Актуальность энергосбережения в строительной отрасли связана со следующими обстоятельствами:

- увеличиваются объемы строительства, в связи с этим возрастает потребление энергетических ресурсов;
- особую значимость приобретает проблема экологической безопасности, в том числе — уменьшения загрязнения окружающей среды в результате сжигания топлива;
- возрастает стоимость энергетических ресурсов;
- ставится задача сохранения ресурсов в аспекте защиты интересов будущих поколений.

В капитальном строительстве на различные нужды эксплуатируемых зданий и сооружений расходуется огромное количество тепловой энергии. Система теплоснабжения только гражданских зданий потребляет до 30% добываемого в нашей стране твердого и газообразного топлива. Тем не менее только 6% жилого фонда соответствует новым (с 1995 г.) нормативным требованиям по строительной теплотехнике, 10% коммунальных объектов не соответствует современным требованиям по энерго- и ресурсопотреблению, применяемым технологиям и материалам.

Проводимая в прошлые годы политика использования «дешевых» энергоносителей привела к строительству зданий с невысоким уровнем теплозащиты. А отсутствие средств регулирования и учета расхода тепловой энергии, горячей и холодной воды, природного газа создавало условия для их расточительного расходования. Реализация энергосберегающих мероприятий в жилых зданиях приводит не только к экономии топливно-энергетических ресурсов, но и несет социальный и экологический эффект. Важность последнего повышается тем, что на современном этапе значимым фактором стала эволюция жизненного уровня и образа жизни населения.

Наиболее эффективный путь экономии топливно-энергетических ресурсов в капитальном строительстве — повышение уровня теплозащиты зданий, снижение теплопотерь через ограждающие конструкции и в системе вентиляции.

Создание энергоэффективных зданий и их конструкций становится тем направлением в строительстве, которое позволяет наиболее рационально использовать ограниченные топливно-

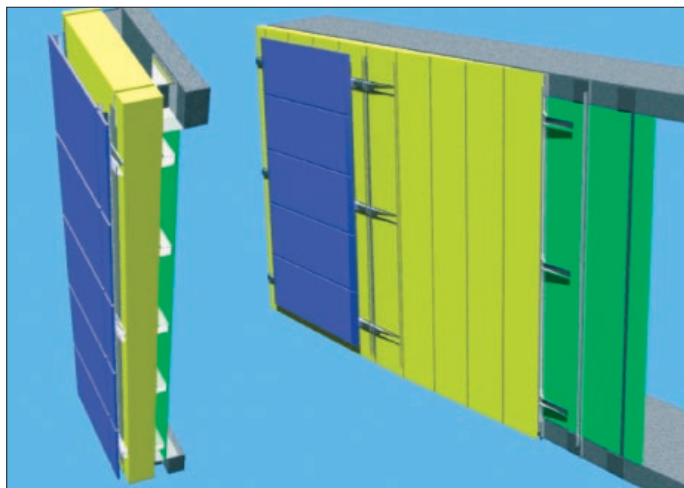


Рис. 1. Новый тип ограждающей конструкции — термопанель

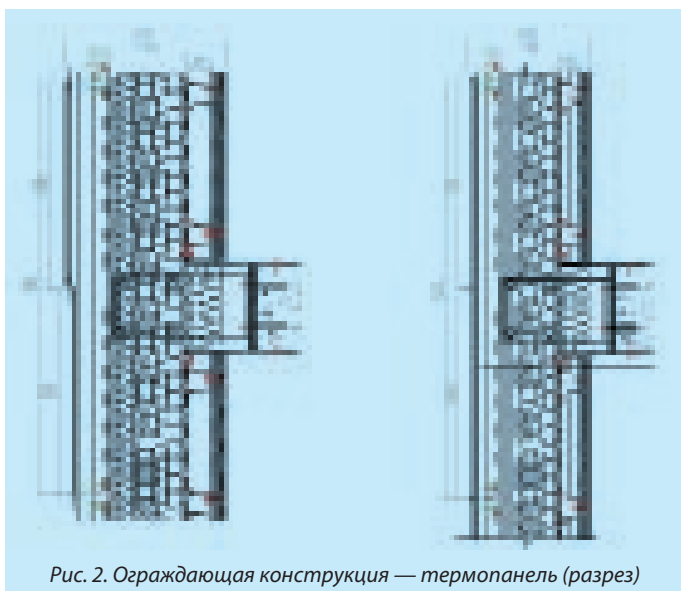


Рис. 2. Ограждающая конструкция — термопанель (разрез)



энергетические и материальные ресурсы при получении максимального технико-экономического, социального и экологического эффекта.

В крупных городах России каркасно-монолитное жилье давно стало привычным. К преимуществам каркасно-монолитного строительства относится как гибкость общих архитектурно-планировочных решений, так и возможность свободной планировки помещений. Каркасно-монолитное жилье может быть любой категории — от экономической до элитной. При этом чрезвычайно важно, какой вид имеет ограждающая система, что определяет ее экономическую и техническую эффективность.

Ограждающие конструкции монолитного здания могут быть следующими:

- монолитные;
- монолитные слоистые стены с эффективным утеплителем;
- стены, выполненные из небетонных материалов (кирпич, ячеистобетонные или керамзитобетонные блоки);
- сборные бетонные 3-слойные панели.

Стеновое заполнение из газобетона или пустотелого кирпича не входит в состав несущей конструкции, поэтому для его устройства могут быть применены легкие материалы низкой плотности, имеющие высокие теплотехнические свойства. Их использование позволяет не только облегчить ограждающую конструкцию, но и уменьшить расход бетона на фундамент, увеличить жилую площадь, повысить энергоэффективность здания. Такой конструкцией может быть термопанель.

Разработанный тип ограждающих конструкций (рис. 2) включает в себя следующие функции: ограждающей конструкции (такие, как теплозащита, восприятие ветровой нагрузки и не нормируемой, но су-

ществующей внутри помещения силовой нагрузки на ограждающие конструкции) и фасадной системы с вентилируемым зазором, обеспечивающим удаление влаги из минераловатного утеплителя. Ограждающая конструкция для каркасных домов, которая полностью исключает мокрые строительные процессы, позволяет вести большинство монтажных работ изнутри помещения. Термопанель — это навесные панели наружных стен с каркасом из термопрофилей, предназначенные для строительства малых и многоэтажных зданий.

Основой для термопанелей служат легкие стальные профили — термопрофили.

Почему строители используют сталь? Дело в том, что сталь характеризуется очень высоким значением отношения прочности материала к плотности. Например, для дерева этот параметр почти вдвое, а для железобетона — в 20 раз меньше, чем для стали. Это дает возможность создавать легкие конструкции большой несущей способности. Недостаток стали — низкая коррозионная стойкость и высокая теплопроводность. Коррозионная стойкость в термопрофиле обеспечивается применением горячеоцинкованной стали. Для радикального уменьшения теплопроводности в термопрофиле в шахматном порядке прорезаны сквозные отверстия для увеличения пути прохождения теплового потока. Это позволяет уменьшить эффективную теплопроводность металла на 80–90%.

Смещенный шаг прорезей позволяет ликвидировать так называемые «мостики холода». Теплопроводность конструкций наружных стен с термопрофилем становится примерно равна теплопроводности древесины. В отличие от древесины, термопрофили не подвержены разрушительному влиянию биологических процессов. Благодаря прорезям профили обладают и хорошими виброакустическими свойствами.



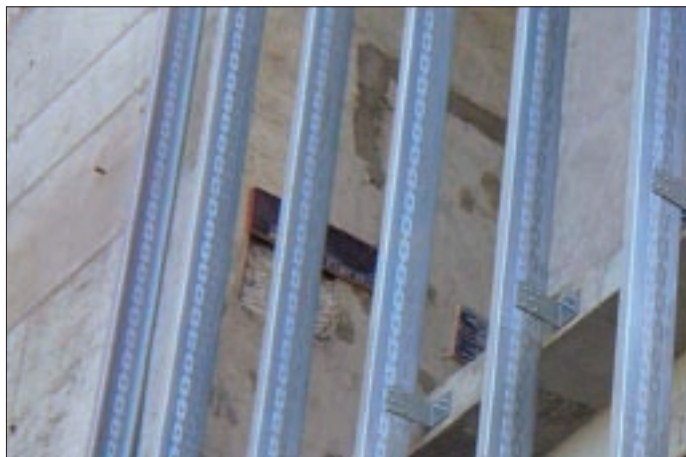
**ЗАВОД ПРОФИЛЕЙ**  
[www.zavod-p.ru](http://www.zavod-p.ru)

СОВРЕМЕННЫЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
СИСТЕМЫ

**Быстровозводимые здания  
малоэтажные конструкции  
мансарды**

Димитровград  
Ульяновская область  
Мулловское шоссе 39  
(84235) 67369  
48401  
61608





Термопрофили стали применяться в России в конце 90-х гг. В Санкт-Петербурге термопрофили адаптированы к российским условиям, серийно выпускаются с 2003 г. [6]. Они успешно используются для возведения легких каркасных конструкций мансард, коттеджей, быстровозводимых малоэтажных зданий.

Независимо от несущей способности к ограждающим конструкциям предъявляются требования в соответствии с выполняемыми функциями по следующим параметрам:

- термическому сопротивлению;
- теплоустойчивости;
- воздухопроницаемости;
- паропроницаемости.

Наружные ограждающие конструкции с термопрофилями, расположенными непосредственно в их теплоизоляционных слоях, являются неоднородными в теплотехническом отношении, что обуславливает необходимость расчета приведенных значений их сопротивления теплопередаче с учетом влияния термопрофилей, являющихся «мостиками холода», на теплозащитные качества таких конструкций. В связи с большим различием расчетных коэффициен-

тов теплопроводности стали ( $58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ) и используемых в этом случае эффективных утеплителей ( $0,03 - 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ) не обеспечиваются ограничения, установленные для применения сравнительно простой инженерной методики расчета приведенных значений термического сопротивления неоднородных ограждающих конструкций, предусмотренной п. 2.8 СНиП 23-02-2003 [4]. Поэтому теплотехнический расчет выполняется на основе расчета температурных полей, приведенного теплового сопротивления, либо по результатам опытных исследований. Все эти способы являются достаточно трудоемкими.

Для многослойных панелей, состоящих из неоднородных слоев с эффективной теплоизоляцией, полностью или частично пронизывающих толщу теплоизоляции металлическими элементами (профили, стержни, болты), приведенное термическое сопротивление определим следующим образом.

• Конструкция условно расчленяется на однородные элементы. Затем конструкция представляется в виде цепи из тепловых сопротивлений, образующих последовательно-параллельные участки, для которых рассчитывается приведенное тепловое сопротивление  $R'$  ( $^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ). Причем участки с параллельными ветвями цепи с тепловыми сопротивлениями  $R'$  и  $R''$  рассчитываются по формуле:

$$R' = (R' R'') / (R' + R'') \quad (1)$$

а участки с последовательными тепловыми сопротивлениями — суммированием их тепловых сопротивлений.

• Приведенное термическое сопротивление  $R'_k$  ( $\text{кв. м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ) определяют по формуле:

$$R'_k = R' A \quad (2)$$

где  $A$  — общая площадь конструкции, равная сумме площадей отдельных участков ( $\text{кв. м}$ ).

Получены значения приведенного сопротивления изоляционного слоя для типоразмеров сортамента таких компаний, как, например, «Аркада», «Арсенал» СТ, «Балтпрофиль», Группа «Град Петра», «ИНСИ», «Линдаб», «Руукки», «Талдом Профиль». В таблице 1 представлены приведенные значения термического сопротивления неоднородных теплоизоляционных слоев,

Табл. 1. Приведенное термическое сопротивление изоляционного слоя при шаге термопанели  $L$  (мм)

| Толщина теплоизоляции (высота стенки термопрофиля) $\delta_{т.к}$ (мм) | Толщина стенки термопрофиля (мм) | Расчетный коэф. теплопроводности утеплителя $\lambda$ ( $\text{Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ ) | Приведенное термическое сопротивление $R'_{п.к}$ ( $\text{кв. м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ), теплоизоляционного слоя $\delta_{т.к}$ при шаге термопрофилей $L$ (мм) |      |       |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|
|                                                                        |                                  |                                                                                                     | 600                                                                                                                                                                        | 900  | 1 200 |
| 150                                                                    | 1,5                              | 0,03                                                                                                | 3,7                                                                                                                                                                        | 4,05 | 4,25  |
|                                                                        |                                  | 0,04                                                                                                | 2,97                                                                                                                                                                       | 3,19 | 3,31  |
|                                                                        |                                  | 0,041                                                                                               | 2,91                                                                                                                                                                       | 3,12 | 3,24  |
|                                                                        |                                  | 0,042                                                                                               | 2,86                                                                                                                                                                       | 3,06 | 3,17  |
|                                                                        |                                  | 0,045                                                                                               | 2,70                                                                                                                                                                       | 2,88 | 2,98  |
|                                                                        |                                  | 0,047                                                                                               | 2,61                                                                                                                                                                       | 2,78 | 2,87  |
|                                                                        |                                  | 0,05                                                                                                | 2,48                                                                                                                                                                       | 2,63 | 2,71  |
|                                                                        |                                  | 0,06                                                                                                | 2,13                                                                                                                                                                       | 2,24 | 2,3   |
|                                                                        |                                  | 0,07                                                                                                | 1,86                                                                                                                                                                       | 1,95 | 1,99  |
|                                                                        |                                  | 0,08                                                                                                | 1,66                                                                                                                                                                       | 1,72 | 1,76  |
|                                                                        | 2                                | 0,09                                                                                                | 1,49                                                                                                                                                                       | 1,55 | 1,57  |
|                                                                        |                                  | 0,1                                                                                                 | 1,36                                                                                                                                                                       | 1,4  | 1,42  |
|                                                                        |                                  | 0,03                                                                                                | 3,41                                                                                                                                                                       | 3,81 | 4,05  |
|                                                                        |                                  | 0,04                                                                                                | 2,78                                                                                                                                                                       | 3,04 | 3,19  |
|                                                                        |                                  | 0,041                                                                                               | 2,73                                                                                                                                                                       | 2,98 | 3,12  |
|                                                                        |                                  | 0,042                                                                                               | 2,68                                                                                                                                                                       | 2,92 | 3,06  |
|                                                                        |                                  | 0,045                                                                                               | 2,54                                                                                                                                                                       | 2,76 | 2,88  |
|                                                                        |                                  | 0,047                                                                                               | 2,46                                                                                                                                                                       | 2,66 | 2,78  |
|                                                                        |                                  | 0,05                                                                                                | 2,34                                                                                                                                                                       | 2,53 | 2,63  |
|                                                                        |                                  | 0,06                                                                                                | 2,03                                                                                                                                                                       | 2,16 | 2,24  |
|                                                                        |                                  | 0,07                                                                                                | 1,78                                                                                                                                                                       | 1,89 | 1,95  |
|                                                                        |                                  | 0,08                                                                                                | 1,6                                                                                                                                                                        | 1,68 | 1,72  |
|                                                                        |                                  | 0,09                                                                                                | 1,44                                                                                                                                                                       | 1,51 | 1,55  |
|                                                                        |                                  | 0,1                                                                                                 | 1,32                                                                                                                                                                       | 1,37 | 1,4   |



Торговый центр  
(пр. Кима, 17, Санкт-Петербург)

Табл. 2. Коэффициенты теплоусвоения и показатели тепловой инерции слоев покрытия

| № слоя | Материал слоя                                          | Плотность $\gamma_0$<br>(кг/куб. м) | Коэффициент теплопроводности $\lambda_w$<br>(Вт/(м·°C)) | Удельная теплоемкость $c$<br>(Дж/(кг·°C)) | Коэффициент теплоусвоения $s$<br>(Вт/(кв. м·°C)) | Сопротивление теплопередаче $R$<br>(кв. м·°C/Вт) | Показатель тепловой инерции $D$ |
|--------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1      | Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) ГОСТ 6266 | 800                                 | 0,21                                                    | 840                                       | 2,7                                              | 0,119                                            | 0,32                            |
| 2      | Обрешетка + воздушные промежутки                       | —                                   | —                                                       | —                                         | —                                                | 0,137                                            | 0                               |
| 3      | Пароизоляция (п/э пленка в 1 слой)                     | 930                                 | 0,12                                                    | 1 570                                     | 3,57                                             | 0,002                                            | 0,01                            |
| 4      | Минераловатный утеплитель + металлические стойки       | 119,14                              | 0,056                                                   | 782                                       | 0,616                                            | 2,7                                              | 1,66                            |
| 5      | Обрешетка + воздушный вентилируемый зазор              | —                                   | —                                                       | —                                         | —                                                | —                                                | 0                               |
| 6      | Керамогранитная плитка ГОСТ 1399693                    | 2 000                               | —                                                       | —                                         | —                                                | —                                                | 0                               |
| Сумма  |                                                        |                                     |                                                         |                                           |                                                  |                                                  | 1,99                            |

Табл. 3. Результаты оценки возможности конденсации пара внутри стен

| Граница слоев | x (м)  | $\Sigma R_i$<br>(кв. м·°C/Вт) | $\tau_i$ (°C) | $E_i$ (Па) | $\Sigma Q_i$<br>(кв. м·ч·Па/мг) | $e_i$ (Па) | $t_{росы}$ (°C) |
|---------------|--------|-------------------------------|---------------|------------|---------------------------------|------------|-----------------|
| int-1         | 0      | 0                             | 19            | 2197       | 0                               | 1284       | 10,6            |
| 1-2           | 0,025  | 0,119                         | 17,9          | 2050       | 0,333                           | 1252       | 10,3            |
| 2-3           | 0,07   | 0,256                         | 16,7          | 1901       | 0,333                           | 1252       | 10,3            |
| 3-4           | 0,0702 | 0,256                         | 16,7          | 1901       | 10,333                          | 321        | -7,6            |
| 4-5           | 0,2202 | 2,956                         | -7            | 340        | 10,803                          | 277        | -9,2            |
| 5-ext         | 0,2752 | 2,956                         | -7            | 340        | 10,894                          | 267        | -9,6            |

полученные на основе приведенного теплового сопротивления. Они могут быть приняты в качестве расчетных значений для определения сопротивления теплопередаче термopанели. В таблице представлен результат расчета термopофиля высотой стенки 150 и 175 мм, толщиной 1,5 и 2 мм при различном расстоянии между ними как наиболее распространенные.

Таким образом, определение приведенных значений сопротивления теплопередаче многослойных ограждающих конструкций с теплоизоляционными слоями, включающие термopофили, можно проводить путем расчета их как однородных в теплотехническом отношении многослойных конструкций с определением приведенных значений термического сопротивления таких неоднородных теплоизоляционных слоев по данным таблицы 1.

Аналогичным образом получены значения сопротивления теплопередаче термopанели для всех типоразмеров.

Полученный результат расчета термopанелей различных типоразмеров на теплоустойчивость позволяет сделать вывод: данная конструкция удовлетворяет требованиям по теплоустойчивости. Расчетная амплитуда суточных колебаний результирующей температуры воздуха  $A_i^{des}$  находится в интервале от 0,89 °C до 1,24 °C, что не превышает нормируемого значения  $A_i^{reg} = 1,5$  °C (при наличии централизованного отопления).

В таблице 2 представлена характеристика слоев термopанели на базе термopофиля 150 мм, которая имеет наименее выгодные

теплотехнические характеристики из всех типоразмеров.

Для неоднородных слоев коэффициент теплопроводности  $\lambda_w$ , удельная теплоемкость  $c$ , плотность  $\lambda_0$  подсчитаны как средневзвешенные величины.

Из таблицы 2 следует, что зона резких колебаний расположена в четырех первых слоях ограждения. Коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности ограждения равен:

$$Y_3 = \frac{R_3 s_3^2 + s_4}{1 + R_3 s_4} = \frac{0,002 \cdot 3,57^2 + 0,616}{1 + 0,002 \cdot 0,616} = 0,641;$$

$$Y_2 = \frac{R_2 s_2^2 + Y_3}{1 + R_2 Y_3} = \frac{0,137 \cdot 0^2 + 0,641}{1 + 0,137 \cdot 0,641} = 0,59;$$

$$Y_1 = \frac{R_1 s_1^2 + Y_2}{1 + R_1 Y_2} = \frac{0,119 \cdot 2,7^2 + 0,59}{1 + 0,119 \cdot 0,59} = 1,36;$$

$$Y_i = Y_{tot} = 1,36.$$

Коэффициент теплопоглощения поверхности ограждения равен:  $B = 1/(1/8,7 + 1/1,36) = 1,176$ .

Амплитуда колебаний температуры воздуха в помещении равна:  $A_i^{des} = 0,1 \cdot \{20 - (-26)\} / 1,176 \cdot 3,16 = 1,24$  °C <  $A_i^{reg} = 1,5$  °C.

Требование СНиП 23-02-2003 к конструкции термopанели по воздухопроницаемости выполнено, т. к.  $J^{des} \gg J^{req}$ .

Сопротивление воздухопроницанию термopанелей находится в диапазоне 1 056 – 1 060 кв. м·ч·Па/кг, что больше нормируемого сопротивления воздухопроницанию  $J^{req} 177,74$  кв. м·ч·Па/кг.

Выполнен расчет распределения парциального давления водяного пара по толще стены и определена возможность образования в термopанеле конденсата. В таблице 3 представлены результаты расчета для термopанели на базе термopофиля 150 мм с толщиной стенки 1,5 мм. При сравнении величин максимального парциального давления  $E_i$  водяного пара и величин действительного парциального

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, ЛЕНИНСКИЙ ПР., 151, ОФ. 616 Тел./Факс: (812) 370-5888 E-MAIL: ZSKSPB@BK.RU WWW.ZSKSPB.RU

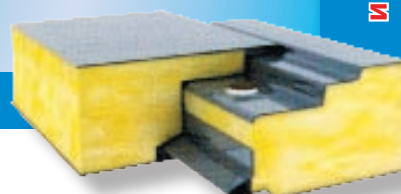


**ЗАВОД  
СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ**

**ПРОИЗВОДСТВО  
СЭНДВИЧ-  
ПАНЕЛЕЙ**

**ТОЧНОСТЬ  
И НАДЕЖНОСТЬ**

ПРОФИЛИСТ, САЙДИНГ, МЕТАЛЛОЧЕРЕПИЦА, ВОДОСТОЧНАЯ СИСТЕМА, МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ



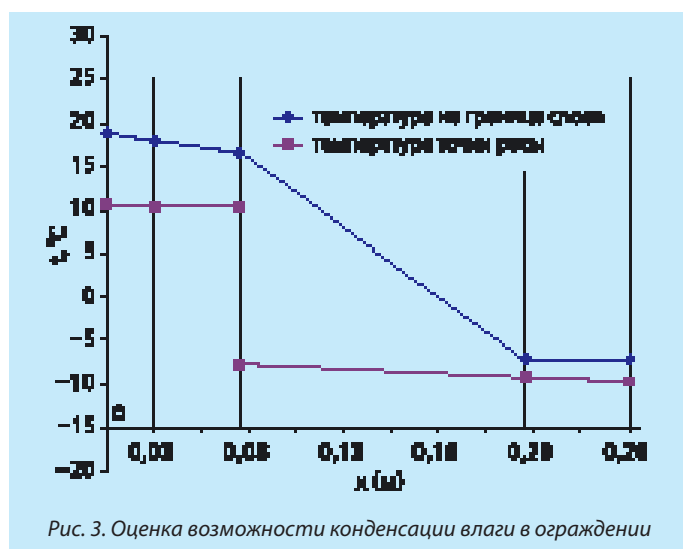


Рис. 3. Оценка возможности конденсации влаги в ограждении

давления  $e$ , водяного пара на соответствующих границах слоев видим, что все величины  $e$  ниже величин  $E_p$ , что указывает на отсутствие возможности конденсации водяного пара в ограждающей конструкции. Построим график изменения температуры и точки росы по координате  $x$ , т. е. по толщине стены (рис. 3).

Из рисунка 3 видно, что значения точек росы лежат ниже значений температуры по всей толщине стены. Следовательно, при расчетной температуре и влажности наружного воздуха конденсация пара исключена и дополнительная пароизоляция не требуется.

Сложность расчета термопанели на прочность и устойчивость состоит в том, что термопрофиль имеет просечки. Результаты расчета профиля показали, что просечки существенно не влияют на прочностные характеристики [7, 8]. Полученные жесткостные характеристики профиля, смоделированного в ТОНУСе, переданы в CSAD. Расчет показал реализуемость конструкции.

В таблице 4 представлен экономический анализ стоимости ограждающих конструкций, по данным Инвестиционно-строительной финансово-промышленной группы «РОССТРО» в ценах на июнь 2008 г. на 1 кв. м поверхности сплошной стены.

**Д. В. КУЗЬМЕНКО**, ст. преподаватель, аспирант,  
**Н. И. ВАТИН**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой  
инженерно-строительного факультета. ГОУ СПб ГПУ

#### Литература

1. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». — М.: Госстрой России, 2000 г.
2. СНиП 2.08-01-89\* «Жилые здания». — М.: Госстрой России.
3. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

4. ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственный стандарт», 1999 г.

5. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

6. Жмарин Е. Н. «Технология будущего — строительство облегченных зданий и сооружений с применением термопрофилей и легких балок». / «СтройПРОФИль», №5 (35), с. 83, 2004 г.

7. Рыбаков В. А. «Современные методы расчета металлоконструкций из открытых тонкостенных профилей». Материалы Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах», с. 10–11, 2007 г.

8. Рыбаков В. А., Гамаюнова О. С. «Влияние перфорации стенки на несущую способность термопрофилей». / «СтройПРОФИль», № 1 (63), 2008 г., с. 128–130.

9. Кузьменко Д. В. «Энергоэффективная стеновая конструкция. Молодые ученые — промышленности Северо-Западного региона». Материалы семинаров политехнического симпозиума. Декабрь 2006 г. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006 г.

10. Кузьменко Д. В., Жмарин Е. Н. «Научные исследования и инновационная деятельность»: Сборник научных трудов. «Ограждающая конструкция — термопанель — как элемент энергоэффективного здания, отвечающего целям минимизации расходования тепловой энергии», 2007 г.

11. Ватин Н. И., Кузьменко Д. В. «Инженерные решения ограждающих конструкций на базе термопанелей». // VII Международная конференция «Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения» (RELMA-2008).



Автосалон «Олимп» (ул. Херсонская, 20, Санкт-Петербург)

Таблица 4. Сравнение стоимости ограждающих конструкций

| Наименование конструкции                                                                                                           | Толщина (мм) | Стоимость 1 кв. м стены (руб.) | Трудоемкость (чел./час) | Зарплата (руб.) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|
| Кирпичная стена на обычном тяжелом растворе с эффективным утеплителем и наружным слоем из лицевого кирпича                         | 900          | 9 559                          | 7                       | 558             |
| Кирпичная стена из камней керамических поризованных 2NF на обычном тяжелом растворе сплошная с наружным штукатурным слоем          | 773          | 7 544                          | 6                       | 580             |
| Кирпичная стена из камней керамических поризованных 2NF на легком растворе с эффективным утеплителем и облицовкой лицевым кирпичом | 653          | 6 382                          | 6                       | 482             |
| Стена из камней легковесных с наружным штукатурным слоем                                                                           | 545          | 4 085                          | 6                       | 512             |
| Стена из камней легковесных с наружным слоем из лицевого кирпича                                                                   | 535          | 4 133                          | 4                       | 264             |
| Стена деревянного дома из бревна оцилиндрованного с эффективным утеплителем                                                        | 405          | 4 569                          | 11                      | 897             |
| Стена из деревянного каркаса с утеплителем, зашитая цементно-стружечными плитами, с наружным штукатурным слоем                     | 280          | 5 184                          | 9                       | 881             |
| Стена из деревянного каркаса с утеплителем, зашитая плитами OSB, с наружным штукатурным слоем                                      | 270          | 4 708                          | 9                       | 874             |
| Монолитная стена в несъемной опалубке из блоков «Durisol»                                                                          | 315          | 5 065                          | 6                       | 473             |
| Монолитная стена в несъемной опалубке из пенополистирола                                                                           | 315          | 4 179                          | 6                       | 473             |
| Монолитная стена в несъемной опалубке «ROSSTRO-VELOX»                                                                              | 340          | 3 193                          | 3                       | 278             |
| Термопанель с обрешеткой для НВФ                                                                                                   | 238          | 1 351                          | 3,6                     | 526             |