

УДК 624.04:697.137

**Г. М. ВАСИЛЬЧЕНКО, Р. Н. КРАВЕЦ**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ С  
ФАСАДНОЙ СИСТЕМОЙ «СТЕНОЛИТ»**

**Аннотация.** В статье выполнен анализ тепловлажностных характеристик наружной стены с фасадной системой «СТЕНОЛИТ» на примере фрагмента фасада. Для расчета были выбраны три варианта конструктивного решения: 1 – фасадные панели крепятся к наружной стене без утеплителя; 2 – в конструкцию добавляется слой утеплителя; 3 – в конструкции выполнена вентилируемая воздушная прослойка. На первом этапе определено сопротивление теплопередаче конструкции наружной стены здания, на втором этапе рассчитывался влажностный режим ограждения. На основе анализа конструктивных и теплотехнических особенностей наружных ограждений, а также нормативных требований к энергоэффективности и теплозащите зданий выявлены наиболее эффективные типы конструкций наружного ограждения зданий при применении навесной фасадной системы «СТЕНОЛИТ». Даны рекомендации по обеспечению нормативных требований по повышению тепловой эффективности наружных стен здания.

**Ключевые слова:** утеплитель, вентилируемая фасадная система, теплоизоляция, сопротивление теплопередаче, влажность, наружное ограждение.

**ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Особое место среди комплекса проблем, связанных с повышением эффективности использования зданий, занимают вопросы энергосбережения, так как потребление и стоимость энергии в мире имеют стойкую тенденцию к росту, в том числе и на отопление зданий. Одним из направлений решения проблем технической эксплуатации зданий является применение эффективных энергосберегающих технологий и конструктивных решений наружного ограждения. Эксплуатационные показатели здания в значительной степени зависят от необходимого температурно-влажностного режима конструкций наружных стен, покрытия, цокольного перекрытия. Основными теплотехническими требованиями, которые предъявляются к наружным ограждающим конструкциям здания, являются сопротивление теплопередаче и предупреждение конденсации водяного пара на поверхности и (или) внутри ограждающих конструкций при определённых условиях.

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Аналитический обзор литературы [6–11] позволяет сделать некоторые выводы о состоянии, тенденциях и направлениях развития технологий фасадной облицовки зданий на современном этапе. Наружные стены здания – это комплексная инженерная конструкция, выполняющая ограждающую функцию для поддержания необходимого баланса температурно-влажностного режима между атмосферой и внутренним пространством здания. Оптимизация наружных ограждающих конструкций здания предусматривает создание оболочки, одновременно отвечающей требованиям функциональности, эффективной теплоизоляции, минимальных эксплуатационных затрат, приемлемой стоимости. К основным мероприятиям по оптимизации наружных ограждающих конструкций зданий относятся: толщина и качество теплоизоляции; применение многослойных ограждений с эффективной теплоизоляцией; улучшение влажностного режима наружных ограждений; устройство в наружных ограждениях замкнутых и вентилируемых воздушных прослоек. Вентилируемые воздушные прослойки можно применять как для снижения поступлений теплоты в теплый период года, так и для снижения потерь теплоты в холодный период.

© Г. М. Васильченко, Р. Н. Кравец, 2017

Для анализа теплотехнических характеристик выбрана фасадная система «СТЕНОЛИТ». Термопанели «СТЕНОЛИТ» разработаны российско-японскими производителями современных фасадных отделочных материалов. Панели по весу составляют лишь 1/6 веса аналогов (СКАНРОК, МАРМАРОК и т. д.), легко монтируются, прочны. Придают новый вид старым зданиям, не требуют дорогостоящей подготовки закрываемых поверхностей. Монтаж «СТЕНОЛИТА» можно проводить круглогодично. «Изюминка» такого фасадного материала заключается в его структуре, которая состоит из: формованных стальных листов, покрытых коррозионно-стойкой краской и алюмином и теплоизоляционного слоя – пенополиуретана, который обеспечивает хорошие теплоизоляционные свойства. Система имеет соответствующие конструктивные решения и теплотехнические характеристики, которые регламентируются фирмой производителем ООО «СТЕНОЛИТ».

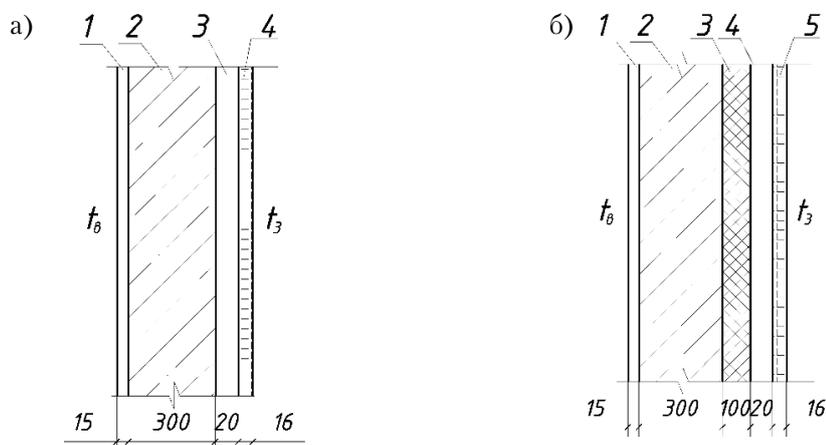
В основных нормативных документах по теплоизоляции зданий ДБН В.2.6-31 [1] и ДСТУ Б В.2.6.189 [2] приведены основные требования к конструированию наружных ограждений с замкнутыми и вентилируемыми воздушными прослойками. Более подробно требования к конструированию фасадной теплоизоляции и отделки индустриальными элементами с вентилируемыми воздушными прослойками прописано в общих технических условиях на использование (ДСТУ Б В.2.6-35 [5]).

### ЦЕЛИ

Исследование теплотехнических характеристик фасадной системы «СТЕНОЛИТ» согласно нормативным документам, действующим на территории Донбасса.

### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Для проверки возможности применения фасадной системы «СТЕНОЛИТ» при новом строительстве и термомодернизации существующих зданий в г. Донецке были выполнены теплотехнические расчеты наружного ограждения. Расчет ведется для трех вариантов конструктивного решения наружной стены облицованной фасадной системой «СТЕНОЛИТ». Конструктивные схемы расположения фасадной системы показаны на рисунке 1а, б.



**Рисунок 1** – Конструктивная схема расположения фасадной системы «СТЕНОЛИТ»: а) вариант 1; б) варианты 2, 3.

Для примера выбран фрагмент конструкции наружной стены из ячеистых блоков монолитного каркасного здания с фасадной теплоизоляцией в пределах одного этажа. По вертикали фрагмент ограничен несущими колоннами здания, по горизонтали – монолитным перекрытием. Несущая часть стены выполнена на основе кладки блоков из ячеистого бетона толщиной 300 мм, плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>, теплоизоляционный слой – минераловатные плиты ROCKWOOL плотностью 80 кг/м<sup>3</sup>. Минераловатные плиты крепятся к несущей стене при помощи пластиковых дюбелей с металлическим стержнем. Количество дюбелей из расчета 5 шт. на 1 м<sup>2</sup>. С внутренней стороны наружных стен устраивается известково-песчаная штукатурка толщиной 15 мм. Плиты «СТЕНОЛИТ» крепятся к наружной поверхности стены при помощи несущих кронштейнов, являясь при этом внешним экраном фасадной системы с воздушным зазором на отnose. Высота этажа 3,3 м, размеры в осях между

колоннами 6,6 м. Размеры фрагмента фасада составляют 3,3×6,6 м. На фрагменте имеются две оконные конструкции размерами 1,5×1,8 м и 0,9×1,8 м. Общая площадь непрозрачной части фрагмента фасада равна 17,46 м<sup>2</sup>. Общий вид фрагмента приведен на рисунке 2.

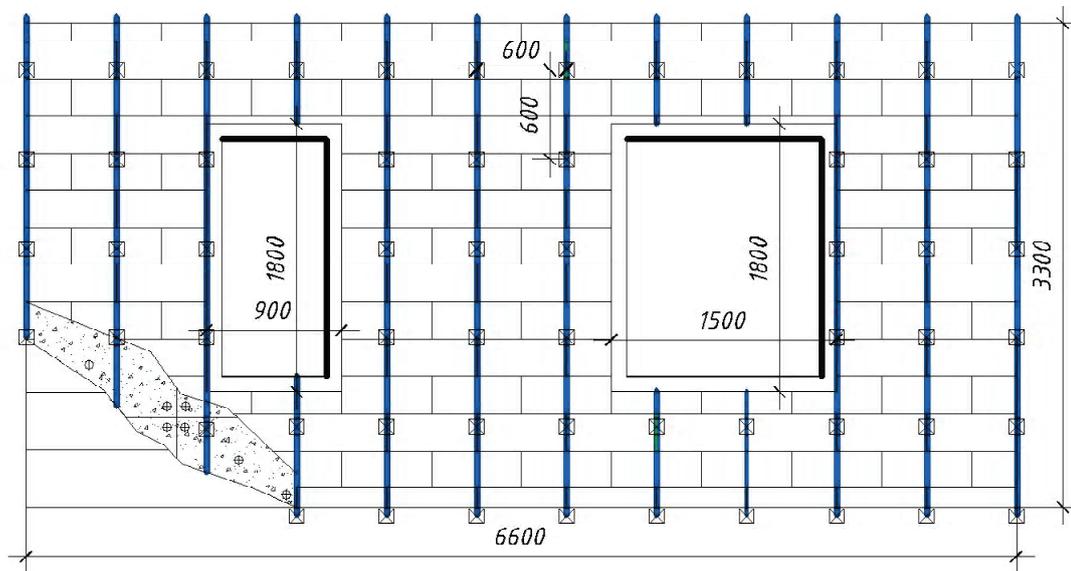


Рисунок 2 – Общий вид фрагмента фасада

Расчет ведется в два этапа. На первом этапе определяется сопротивление теплопередаче конструкции наружной стены согласно нормативным документам ДБН [1] и ДСТУ [2].

Вариант 1 (слои 1, 2, 4, 5) – фасадная система крепится к наружной поверхности стены, образуя при этом воздушный зазор шириной 20 мм. Вариант 2 (слои 1, 2, 3, 4, 5) – предусматривает дополнительный слой утеплителя на наружной поверхности стены. Воздушная прослойка рассматривается замкнутой. Для 1 и 2 вариантов в зазоре предусмотрено теплоотражающее покрытие из алюминиевой фольги. Сопротивление теплопередаче замкнутой воздушной прослойки с теплоотражающим экраном из алюминиевой фольги (односторонняя тип А), принято из Приложения В, таблица В.2 2 при средней температуре воздуха в прослойке меньшей 0 °С, и составляет 0,3 м<sup>2</sup>К/Вт. В варианте 3, в отличие от варианта 2, рассматривается вентилируемая воздушная прослойка – 20 мм.

Исходные данные приняты согласно приложению В (таблица В.2) 1 для офисных зданий:  $t_g = 20$  °С;  $\phi_b = 50$  %. Согласно ДБН В.2.6-31 [1] минимально допустимое значение приведенного сопротивления теплопередаче для непрозрачных частей наружных стен в I-й температурной зоне эксплуатации (г. Донецк) составляет  $R_{qmin} = 3,3$  м<sup>2</sup>·К/Вт. Определяем сопротивление теплопередаче наружных стен одномерного температурного поля по формуле:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1)$$

где  $\alpha_B, \alpha_3$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·К), принимаем согласно Приложению Б [2], и:  $\alpha_B = 8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_3 = 12$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) при замкнутой воздушной прослойке и 23 Вт/(м<sup>2</sup>·К) – для вентилируемой;  
 $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя наружных стен, м;  
 $\lambda_{ip}$  – расчетная теплопроводность материала  $i$ -го слоя наружных стен в расчетных условиях, Вт/(м·К), принимаем согласно Приложению А [2], для условий эксплуатации «Б».

Конструктивно назначаем толщину теплоизоляционного слоя – 100 мм. Расчетные характеристики заносим в таблицу 1.

Однако для расчета приведенного сопротивления теплопередаче необходимо учитывать теплопроводные включения, относящиеся к непрозрачной ограждающей конструкции, такие как: откосы оконных проемов в зоне: надоконной перемычки, подоконника, рядового примыкания – линейные элементы; дюбели для крепления минерало-ватных плит – точечные элементы; несущие кронштейны для крепления элементов подсистемы навесного фасада.

Таблица 1 – Расчетные характеристики слоев конструкции стены

№ слоя	Наименование слоя	Плотность, $\rho_o$ , кг/м <sup>3</sup>	Толщина, $\delta$ , м	Теплопроводность, $\lambda$ , Вт/(м·К)	Сопротивление теплопередаче, $R_{i,j}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
1	Известково-песчаный раствор	1 600	0,015	0,810	0,019
2	Блоки из ячеистого бетона	600	0,300	0,18	1,67
3	Утеплитель – минераловатные плиты ROCKWOOL	50	0,100	0,048	2,08
4	Замкнутая воздушная прослойка (вентилируемая воздушная прослойка)*	– (–)*	0,020 (0,020)*	– (–)*	0,19 (–)*
5	Облицовка фасадной системой СТЕНОЛИТ(*)	1 700	0,016	0,04 (–)*	0,400 (–)*

Примечание (–)\* – вентилируемая воздушная прослойка и облицовка, не учитываются в расчете, согласно пункта 4.11.6 [2].

Для вышеупомянутых теплопроводных включений по проектным данным и данным приложений Г и Д [2] определяют количественные показатели характеристики линейных и точечных коэффициентов теплопередачи. Сводные результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Теплопроводные включения и их количественное выражение

Наименование теплопроводного включения	Протяженность, м	Кол-во, шт.	Линейный коэф. теплопередачи, $k$ , Вт/(м·К)	Точечный коэф. теплопередачи, $\psi$ , Вт/К
Оконный откос в зоне перемычки	2,4	–	0,063	–
Оконный откос в зоне подоконника	2,4	–	0,035	–
Оконный откос в зоне рядового примыкания	7,2	–	0,049	–
Дюбели для крепления минераловатных плит	–	95	–	0,005
Несущие кронштейны для крепления подблицовочных элементов навесного фасада	–	12	–	0,015

По результатам расчета сопротивление теплопередаче по основному полю составило: для 1 варианта  $R_{\Sigma} = 2,58$ ; варианта 2 – 5,08; варианта 3 – 4,35 м<sup>2</sup>·К/Вт.

На основании данных таблицы 2 определяем приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен по формуле 3 [2]:

$$R_{\Sigma_{np}} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{F_i}{R_{\Sigma_i}} + \sum_{j=1}^J k_j L_j + \sum_{k=1}^K \psi_k N_k} \quad (2)$$

Согласно нормативным требованиям ДБН [1] должно выполняться условие:

$$R_{\Sigma_{np}} \geq R_{qmin} \quad (3)$$

По результатам расчета приведенное сопротивление теплопередаче составило для 1 варианта  $R_{\Sigma_{np}} = 2,18$ ; варианта 2 – 3,73; варианта 3 – 4,01 м<sup>2</sup>·К/Вт. То есть, конструктивное решение, выполненное по второму и третьему варианту, обеспечивает необходимое сопротивление теплопередаче  $R_{qmin} = 3,3$  м<sup>2</sup>·К/Вт, для I-ой температурной зоны, в которой находится г. Донецк. Вариант 1 можно применять для промышленных зданий с сухим и нормальным режимом эксплуатации конструкций, для которых согласно таблице 3 [1]  $R_{qmin} = 1,7$  м<sup>2</sup>·К/Вт.

На втором этапе рассчитывался влажностный режим по разделу 6 [1]. Для наружного ограждения необходимо выполнение условия:

$$\Delta w \leq \Delta w_d, \quad (4)$$

где  $\Delta w$  – увеличение влажности материала в толще слоя конструкции, в котором может происходить конденсация влаги, за холодный период года, % по массе;  
 $\Delta w_d$  – допустимое увеличение влажности материала, % по массе, устанавливаемое согласно таблице 7 [1] в зависимости от вида материала.

Для системы «СТЕНОЛИТ» коэффициент паропроницания принят согласно техническим характеристикам, предоставленным компанией – производителем ООО «СТЕНОЛИТ». В зависимости от климатического района и назначения здания приняты следующие микроклиматические (по [1]) и климатические (по [3]) показатели: расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{\theta} = 20$  °С; средняя температура наружного воздуха (январь),  $t_3 = -5,2$  °С; расчетная относительная влажность водяного пара внутреннего воздуха  $\varphi_{в} = 50$  %; средняя относительная влажность водяного пара наружного воздуха  $\varphi_3 = 86$  %. Расчетные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные данные для определения паропроницания

№ слоя	Наименование слоя	Плотность, $\rho_{ос}$ , кг/м <sup>3</sup>	Толщина, $\delta$ , м	Сопротивление теплопередаче, $R_i$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	Кэф. паропроницания $\mu$ , мг/(м·ч·Па)	Сопротивление паропроницанию, $R_{ni}$ , м <sup>2</sup> ·ч·Па/мг
1	Известково-песчаный раствор	1 600	0,015	0,019	0,120	0,125
2	Блоки из ячеистого бетона	600	0,300	1,670	0,170	1,76
3	Утеплитель – минераловатные плиты	50	0,100	2,080	0,520	0,192
4	Замкнутая воздушная прослойка с отражающим экраном (Вентилируемая воздушная прослойка)*	–	0,020	0,300	–	–
		–	0,020	–	–	–
5	Облицовка фасадной системой «СТЕНОЛИТ»	170	0,016	0,400	–	–

Зона конденсации в середине ограждения определяется характером распределения парциального давления водяного пара  $e(x)$  и насыщенного водяного пара  $E(x)$  в толще слоев ограждающей конструкции на расстоянии  $x$  от внутренней поверхности.

Определяются значения температур  $t(x)$ , °С по поперечному разрезу ограждения на границах слоев:

$$t(x) = t_B - \frac{t_B - t_{3B}}{R_{\Sigma}} \cdot \left( \frac{1}{\alpha_B} R_x \right). \quad (5)$$

По результатам расчетов в варианте 1 конденсация пара во всех сечениях конструкции не происходит. Величина парциального давления не должна превышать давления насыщенного водяного пара, которое соответствует температуре в прослойке  $t_{np}$ . В противном случае в слое происходит конденсат (на внутренней поверхности облицовки или элементах крепления), который свидетельствует о недостаточном движении воздуха в прослойке. Расчеты показали, что в вариантах 2 и 3 между утеплителем и системой «СТЕНОЛИТ» зафиксировано увеличение влажности на  $\Delta w = 22$  и  $21$  % соответственно при допустимом значении  $\Delta w_d = 2,5$  %. Очевидно, что это недопустимые значения и такая конструкция не может быть пригодна для использования облицовки фасада.

## ВЫВОДЫ

1. По величине сопротивления теплопередаче конструкция с фасадной системой «СТЕНОЛИТ» возможна к применению в I-м климатическом районе для промышленных (вариант1), жилых и общественных зданий (вариант 2, 3).

2. По величине сопротивления паропроницанию конструктивные решения фасадной системы должны быть дополнены слоями, которые снизят значения паропроницания. Это могут быть паробарьерные пленки АНТИКОНДЕНСАТ™, «ТУВЕК» и др.

3. При разработке конструктивной схемы вентилируемой фасадной системы с использованием облицовки «СТЕНОЛИТ» (для недопущения конденсата на утеплителе или внутренней поверхности облицовки) необходимо выполнять дополнительные расчеты скорости движения, температуры и влажности воздуха в прослойке. Для этого можно использовать методики, например, СП 50.13330.2012 [10].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель [Текст]. – [Чинні від 2017-05-01]. – К. : Мінрегіон України, 2017. – 30 с. – (Державні будівельні норми України).
2. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Текст]. – [Чинний з 01.01.2014]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 55 с. – (Державний стандарт України).
3. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій [Текст]. – [Чинний з 01.01.2014]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 30 с. – (Державний стандарт України).
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Текст]. – [Чинний з 01.11.2011]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 124 с. – (Державний стандарт України).
5. ДСТУ Б В.2.6-35:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови [Текст]. – [Чинний з 01.12.2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Державний стандарт України).
6. Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для нового строительства и реконструкции зданий [Текст] / [С. В. Николаев, Ю. Г. Граник и др.]. – М. : Москомархитектура, 2002. – 42 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-137:2008 2011. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні [Текст]. – [Чинний з 01.10.2008]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Державний стандарт України).
8. EN ISO 13788:2001. Hydro thermal performance of building component sand building elements – Internal surface temperature to a void critical surface humidity an interstitial condensation – Calculation methods [Текст]. – Replace ISO/FDIS 13788 (2000-04) ; introduced 01.07.2001. – Brussels : CEN, 2001. – 38 p.
9. Батинич, Радивое. Теплотехнический расчет (доклад) [Электронный ресурс] // Информационная система по строительству. / «Ной-хаус.ру». – [Б. м. : б. и.], [2000–2010]. – Режим доступа : [http://www.know-house.ru/info\\_new.php?r=walls2&uid=35](http://www.know-house.ru/info_new.php?r=walls2&uid=35)
10. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий [Текст]. – Введ. 2013-07-01. – М. : Министерство регионального развития РФ, 2012. – 82 с.
11. Гагарин, В. Г. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором Текст / В. Г. Гагарин, В. В. Козлов, Е. Ю. Цыкановский // Журнал АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20–26.

Получено 09.01.2017

#### Г. М. ВАСИЛЬЧЕНКО, Р. М. КРАВЕЦЬ АНАЛІЗ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ З ФАСАДНОЮ СИСТЕМОЮ «СТЕНОЛИТ» ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У статті виконано аналіз тепловологісних характеристик зовнішньої стіни з фасадною системою «СТЕНОЛИТ» на прикладі фрагмента фасаду. Для розрахунку були обрані три варіанти конструктивного рішення: 1 – фасадні панелі кріпляться до зовнішньої стіни без утеплювача, 2 – в конструкцію додається шар утеплювача, 3 – в конструкції виконано вентиляований повітряний прошарок. На першому етапі визначено опір теплопередачі конструкції зовнішньої стіни будівлі, на другому етапі розраховувався вологісний режим огорожі. На основі аналізу конструктивних і теплотехнічних особливостей зовнішніх огорожень, а також нормативних вимог до енергоефективності та теплозахисту будинків виявлені найбільш ефективні типи конструкцій зовнішнього огороження будівель при застосуванні навісної фасадної системи «СТЕНОЛИТ». Дано рекомендації щодо забезпечення нормативних вимог та підвищення теплової ефективності зовнішніх стін будівлі.

**Ключові слова:** утеплювач, вентилявана фасадна система, теплоізоляція, опір теплопередачі, вологість, зовнішнє огороження.

GALINA VASILCHENKO, ROMAN KRAVETS  
ANALYSIS OF THERMAL CALCULATIONS OF THE OUTER WALL FROM THE  
FRONT SYSTEM «STENOLIT»

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** This article gives an analysis of the heat and humidity characteristics of exterior wall with a front system «STENOLIT» for example, a fragment of the facade. To calculate the three variants of constructive solutions were selected: 1 – facade panels are fixed to the outer wall without insulation, 2 – in the design adds a layer of insulation, 3 – in the construction of ventilated air layer is made. During the first stage defined thermal resistance of the outer walls of the building construction, the second phase was calculated humidity fence mode. Based on the analysis of structural and thermal characteristics of the outer fences, as well as regulatory requirements for energy efficiency and thermal protection of buildings it has been identified the most effective types of external fencing structures of buildings in the application of a hinged facade system «STENOLIT». Recommendations to ensure the regulatory requirements to improve the thermal efficiency of the external walls of the building have been given.

**Key words:** insulation, ventilated facade systems, thermal insulation, heat resistance, humidity, external fence.

**Васильченко Галина Михайловна** – кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: строительная физика, энергоэффективность зданий; численное моделирование температурных полей и тепловых потоков узловых соединений ограждающих конструкций зданий, проектирование и теоретические расчеты вентилируемых фасадных систем.

**Кравец Роман Николаевич** – магистрант кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: строительная физика, энергоэффективность зданий, проектирование и теоретические расчеты вентилируемых фасадных систем.

**Васильченко Галина Михайлівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури промислових і цивільних будівель ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будівельна фізика, енергоефективність будівель; чисельне моделювання температурних полів та температурних потоків вузлових з'єднань огорожувальних конструкцій будівель, проектування та теоретичні розрахунки вентильованих фасадних систем.

**Кравець Роман Миколайович** – магістрант кафедри архітектури промислових і цивільних будівель ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: будівельна фізика, енергоефективність будівель, проектування та теоретичні розрахунки вентильованих фасадних систем.

**Vasilchenko Galina** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Architecture Industrial and Civil of Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: building physics, energy efficiency of buildings, and Numerical simulation of temperature fields and heat fluxes joint connections of building enclosures, design and theoretical calculations ventilated facade systems.

**Kravets Roman** – master's student, Architecture Industrial and Civil of Buildings Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: building physics, energy efficiency of buildings, design and theoretical calculations ventilated facade systems.