



doi: 10.18720/CUBS.76.3

## Технико-экономическое обоснование фасадных систем

### The technical and economic basis of facade systems

А.С. Горшков<sup>1\*</sup>, С.В. Корниенко<sup>2</sup>A. Gorshkov<sup>1\*</sup>, S. Korniyenko<sup>2</sup><sup>1</sup>ОАО ИНСОЛАР-ИНВЕСТ, Москва, Большая Филёвская ул., дом 32, корп. 3<sup>1</sup>PLC INSOLAR-INVEST, 32, building 3, Bolshaya Filevskaya street, 121433, Moscow, Russia<sup>2</sup>Волгоградский государственный технический университет, Россия, г. Волгоград<sup>2</sup>Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

#### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

фасадная система;  
ограждающая конструкция;  
тепловая защита;  
сопротивление теплопередаче;  
экономический анализ;  
срок службы;  
пожар

#### KEYWORDS

facade system;  
enclosing structure;  
thermal protection;  
resistance to heat transfer;  
economic analysis;  
durability;  
fire

#### АННОТАЦИЯ

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности зданий путем совершенствования конструктивных решений фасадных систем является, безусловно, актуальной задачей. Комплексная оценка показателей различных типов фасадных систем в настоящее время отсутствует. Объектом исследования в данной статье является фасад жилого многоквартирного дома, проектируемого в составе жилого комплекса для условий холодного российского климата (HDD = 7649 К\*сут/год). Рассмотрены два типа современных фасадных систем — фасадная теплоизоляционная композиционная система и навесная фасадная система. Выполнен сравнительный анализ теплотехнических, экономических и эксплуатационных характеристик этих фасадных систем. По итогам технико-экономического анализа фасадных систем сделан вывод о том, что фасадные теплоизоляционные композиционные системы являются более надежными и экономически обоснованными системами, что открывает широкие возможности их дальнейшего изучения с целью эффективного применения в современном строительстве.

#### ABSTRACT

The problem of energy saving and increase of energy efficiency of buildings by improvement of constructive solutions of facade systems is relevant. The complex assessment of indicators of various types of facade systems is absent at present. The object of research is the facade of the apartment house projected as a part of a housing estate for a cold Russian climate (HDD = 7649 K\*days/year). Two types of modern facade systems, such as the facade thermal insulation composite system with external mortar layers and the ventilated facade system are considered. The comparative analysis of thermal performance, economic and operational characteristics of these facade systems is carried out in this article. Following the results of the technical and economic analysis of these facade systems the conclusion is drawn that facade thermal insulation composite systems with external mortar layers are more reliable and economically reasonable systems. It opens great opportunities of their further studying for the purpose of their effective application in modern construction.

#### Содержание

1.	Введение	52
2.	Методы	54
3.	Результаты и обсуждение	55
4.	Заключение	60

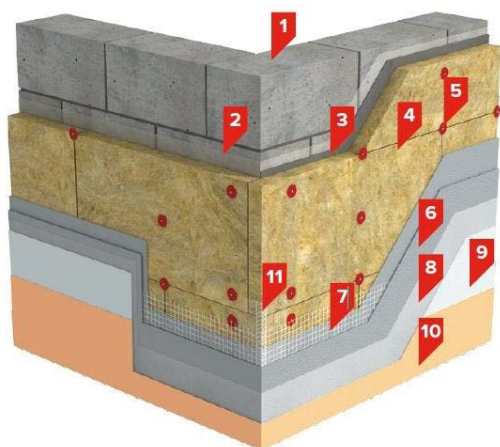
## 1. Введение

Проблема энергосбережения и повышения энергетической эффективности зданий путем совершенствования конструктивных решений фасадных систем, безусловно, актуальна [1—4]. Из всего

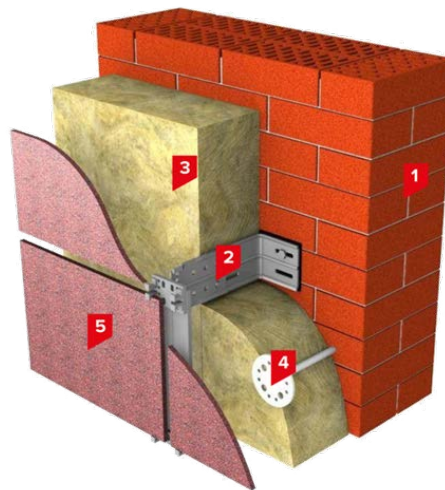
многообразия фасадных систем, применяемых в настоящее время, можно выделить фасадные теплоизоляционные композиционные системы с наружными штукатурными слоями (СФТК) и навесные фасадные системы с воздушным зазором (НФС).

СФТК (рисунок 1) получили широкое применение в Российской Федерации с середины 90-х годов прошлого столетия в связи с повышением нормативных требований к поэлементному уровню тепловой защиты зданий. Не обладая соответствующей нормативной базой, опытом проектирования и строительства, многие технические решения были заимствованы из зарубежной практики, без адаптации их к специфическим климатическим условиям регионов России, а также без учета характеристик и номенклатуры выпускаемых отечественной промышленностью строительных материалов и изделий. В этой связи уже в первые годы эксплуатации многослойных стен были выявлены серьезные недостатки, которые во многих случаях приводили к аварийному состоянию стенового ограждения.

В зарубежной и отечественной практике накоплен значительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации НФС (рисунок 2). Однако их технические параметры, как правило, доступны специализированным организациям либо компаниям-разработчикам конкретных систем. Разработка новых и совершенствование существующих НФС происходит в условиях отсутствия результатов обобщающих исследований. Широкому применению НФС препятствует также отсутствие нормативных требований к конструктивным решениям фасадов и используемым в них материалам и изделиям, учитывающим особенности эксплуатации НФС в условиях холодного российского климата.



**Рисунок 1. Фасадная теплоизоляционная композиционная система (СФТК) [25]**



**Рисунок 2. Навесная фасадная система (НФС) [25]**

Конструкции стеновых ограждений с СФТК и НФС имеют определенное своеобразие. В стенах расположены большие оконные проемы. Снаружи к стене примыкают балконные плиты, непосредственно связанные с междуэтажными перекрытиями. Здания имеют углы. Для крепления теплоизоляционного слоя к основанию стены применяют дюбели со стальным сердечником. Используемые для крепления подконструкции навесного фасада к основанию стены кронштейны создают в толще теплоизоляционного слоя металлические теплопроводные включения. Следовательно, по площади наружной стены практически нет участков, в пределах которых передачу теплоты можно было бы считать проходящей по одномерной схеме. За счет перечисленных конструктивных особенностей потери теплоты по всей площади ограждения оказываются часто большими, чем теплотери, рассчитанные в предположении одномерности теплового потока [5—9].

Применение НФС предупреждает переувлажнение конструкций за счет устройства вентилируемых воздушных прослоек [10]. В стенах с СФТК возможно образование плоскости максимального увлажнения в толще теплоизоляционного слоя или на стыке с наружным штукатурным слоем [11, 12]. Расположение плоскости максимального увлажнения зависит от конструктивного решения ограждения и параметров окружающей среды. Несмотря на то, что влагозащитные свойства ограждающих конструкций с СФТК, как правило, обеспечены, сближение профилей парциального давления водяного пара и давления насыщенного пара в конструкции указывает на возможность повышения влажности материала теплоизоляционного слоя.

НФС считают более долговечными системами [13]. Прогнозируемый срок службы этих систем превышает 50 лет. Аналогичный показатель для СФТК составляет более 25 лет. Однако в настоящее время не существует каких-либо данных, которые могли бы подтвердить или опровергнуть эти





точечные элементы усреднены при различной толщине теплоизоляционного слоя. Влияние кронштейнов в НФС дополнительно учтено на основе данных СП 345.1325800.2017.

Результаты расчета удельных тепловых потерь через рассматриваемые варианты конструктивного исполнения наружных стен представлены в таблицах 2—4.

**Таблица 2. Результаты расчета удельных тепловых потерь через стеновую конструкцию с СФТК**

Элемент конструкции, его удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты через элемент			Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
	U, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Ψ, Вт/(м·К)	χ, Вт/К	
Плоский элемент ( $a_1 = 1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ )	0,199/0,161*			0,199/0,161*
Стык с оконным блоком ( $l_1 = 0,651 \text{ м}^{-1}$ )		0,068		0,0443
Сопряжение с балконной плитой ( $l_2 = 0,114 \text{ м}^{-1}$ )		0,202		0,023
Выпуклый угол ( $l_3 = 0,095 \text{ м}^{-1}$ )		0,093		0,0088
Вогнутый угол ( $l_4 = 0,032 \text{ м}^{-1}$ )		-0,133		-0,0043
Дюбель ( $n_1 = 5,6 \text{ м}^{-2}$ )			0,002	0,0112
<b>Итого:</b>				<b>0,282/0,244</b>

\*до черты — толщина теплоизоляционного слоя 200 мм, после черты — 250 мм

**Таблица 3. Результаты расчета удельных тепловых потерь через стеновую конструкцию с НФС1**

Элемент конструкции, его удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты через элемент			Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
	U, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Ψ, Вт/(м·К)	χ, Вт/К	
Плоский элемент ( $a_1 = 1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ )	0,197/0,16*			0,197/0,16*
Стык с оконным блоком ( $l_1 = 0,651 \text{ м}^{-1}$ )		0,068		0,0443
Сопряжение с балконной плитой ( $l_2 = 0,114 \text{ м}^{-1}$ )		0,202		0,023
Выпуклый угол ( $l_3 = 0,095 \text{ м}^{-1}$ )		0,093		0,0088
Вогнутый угол ( $l_4 = 0,032 \text{ м}^{-1}$ )		-0,133		-0,0043
Дюбель ( $n_1 = 5,6 \text{ м}^{-2}$ )			0,002	0,0112
Кронштейн ( $n_2 = 1,39 \text{ м}^{-2}$ )			0,02	0,0278
<b>Итого:</b>				<b>0,308/0,271</b>

\*до черты — толщина теплоизоляционного слоя 200 мм, после черты — 250 мм

**Таблица 4. Результаты расчета удельных тепловых потерь через стеновую конструкцию с НФС2**

Элемент конструкции, его удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты через элемент			Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
	U, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Ψ, Вт/(м·К)	χ, Вт/К	
Плоский элемент ( $a_1 = 1 \text{ м}^2/\text{м}^2$ )	0,197/0,16			0,197/0,16
Стык с оконным блоком ( $l_1 = 0,651 \text{ м}^{-1}$ )		0,068		0,0443
Сопряжение с балконной плитой ( $l_2 = 0,114 \text{ м}^{-1}$ )		0,202		0,023
Выпуклый угол ( $l_3 = 0,095 \text{ м}^{-1}$ )		0,093		0,0088
Вогнутый угол ( $l_4 = 0,032 \text{ м}^{-1}$ )		-0,133		-0,0043
Дюбель ( $n_1 = 5,6 \text{ м}^{-2}$ )			0,002	0,0112
Кронштейн ( $n_2 = 1,39 \text{ м}^{-2}$ )			0,06	0,0834
<b>Итого:</b>				<b>0,363/0,326</b>

\*до черты — толщина теплоизоляционного слоя 200 мм, после черты — 250 мм

Анализ данных, представленных в таблицах 2—4, показывает, что наружные стены с СФТК теплотехнически более однородны по сравнению с наружными стенами с НФС. С увеличением толщины теплоизоляционного слоя влияние теплотехнически неоднородных участков стены возрастает. Наибольшее влияние теплотехнически неоднородных участков отмечается для НФС с алюминиевой подконструкцией и толщиной теплоизоляционного слоя 250 мм.

Результаты теплотехнических расчетов наружных стен с рассматриваемыми фасадными системами приведены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты теплотехнических расчетов наружных стен

Фасадная система	Толщина слоя теплоизоляции, мм	$R_{0}^{пр}$ , $м^2 \cdot К/Вт$	$r$ отн. ед.	Соответствует	
				требованиям при $m_p=1$ [ $R_{0}^{тр} = 4,08 м^2 \cdot К/Вт$ ]	требованиям при $m_p=0,63$ [ $R_{0}^{норм} = 2,57 м^2 \cdot К/Вт$ ]
СФТК	250	4,10	0,66	ДА	ДА
	200	3,55	0,71	НЕТ	ДА
НФС <sub>1</sub>	250	3,69	0,59	НЕТ	ДА
	200	3,25	0,64	НЕТ	ДА
НФС <sub>2</sub>	250	3,07	0,49	НЕТ	ДА
	200	2,76	0,54	НЕТ	ДА

Представленные в таблице 5 данные графически показаны на рисунке 3.

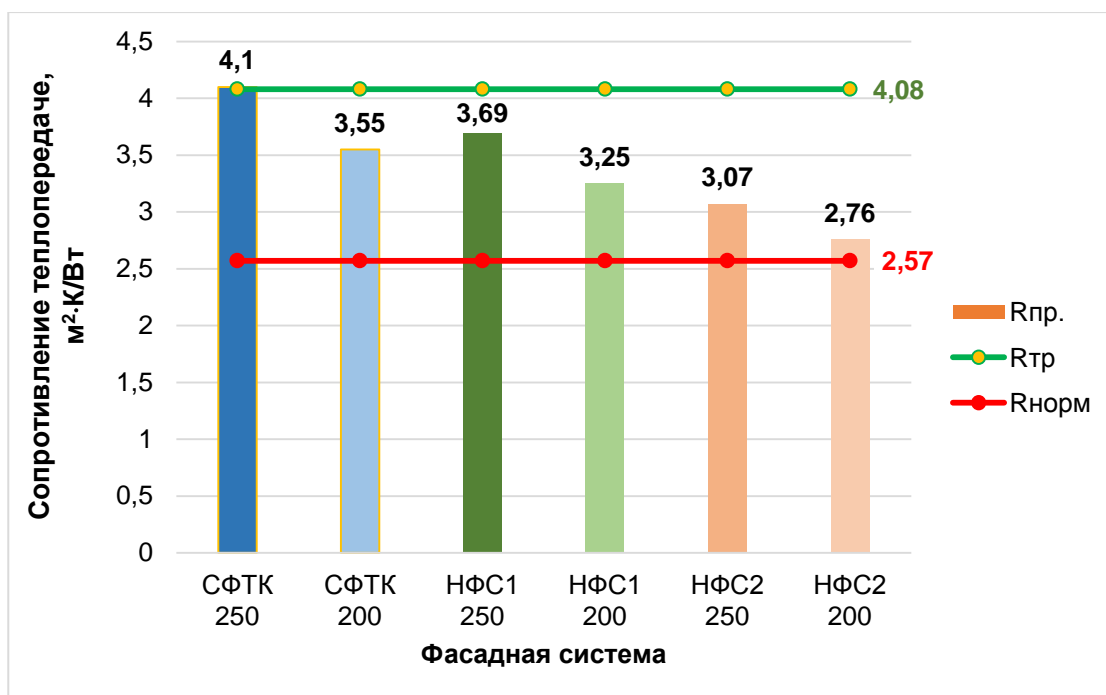


Рисунок 3. Результаты теплотехнических расчетов наружных стен

Результаты расчетов показывают, что только один вариант фасадов — СФТК с толщиной слоя теплоизоляции 250 мм, соответствует поэлементным требованиям СП 50.13330.2012 без дополнительных ограничений.

Все остальные варианты фасадов соответствуют нормативным требованиям по тепловой защите только в том случае, если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике приложения Г СП 50.13330.2012 выполняются требования п. 10.1 к данной удельной характеристике, т.е. зависят от множества других характеристик проектируемого объекта: формы и размеров здания, теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций, кратности воздухообмена, величины бытовых и солнечных теплопоступлений, инженерных решений.

Анализ данных, представленных в таблице 5 и на рисунке 3, показывает, что наружные стены с СФТК теплотехнически более однородны по сравнению со стенами с НФС. Следует отметить крайне низкую теплотехническую однородность навесных фасадных систем с применением алюминиевых

кронштейнов (НФС<sub>2</sub>). Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен с СФТК при одной и той же толщине слоя теплоизоляции оказывается выше, чем у стен с НФС.

Таким образом, по итогам выполненных теплотехнических расчетов можно утверждать, что проектное решение наружных стен с СФТК для рассматриваемого объекта при толщине теплоизоляционного слоя 250 мм является наиболее обоснованным.

### 3.2. Экономическое сравнение фасадных систем

Результаты экономической оценки фасадных систем представлены на рисунке 4.

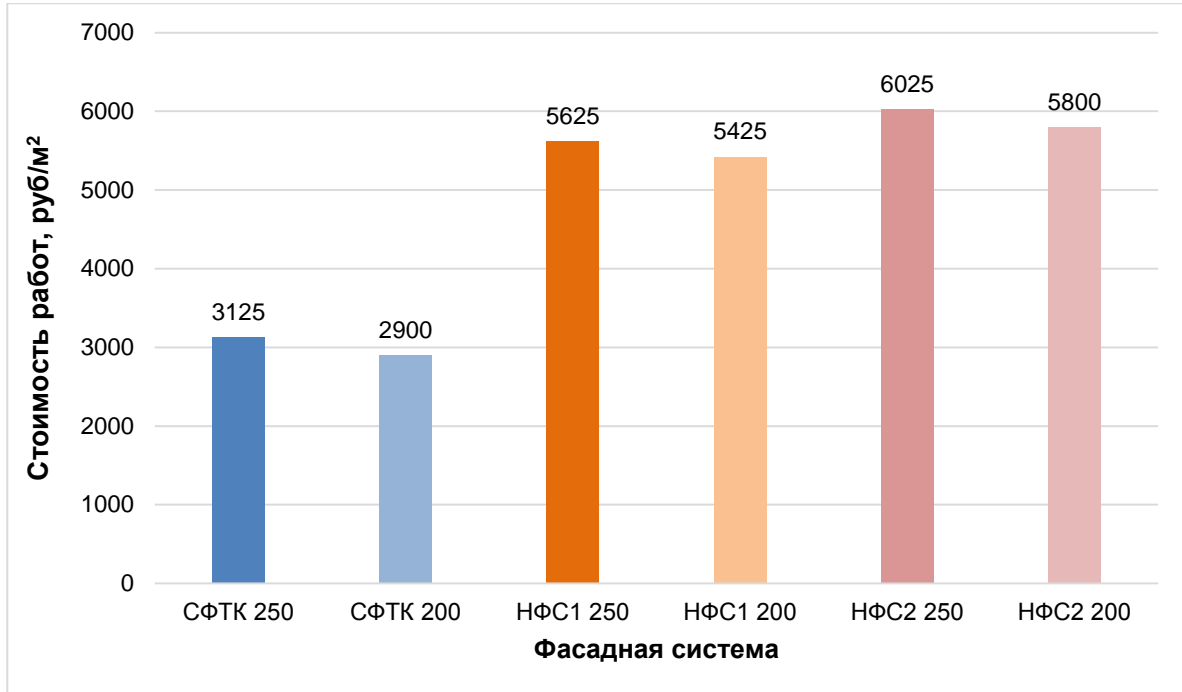


Рисунок 4. Экономическое сравнение фасадных систем

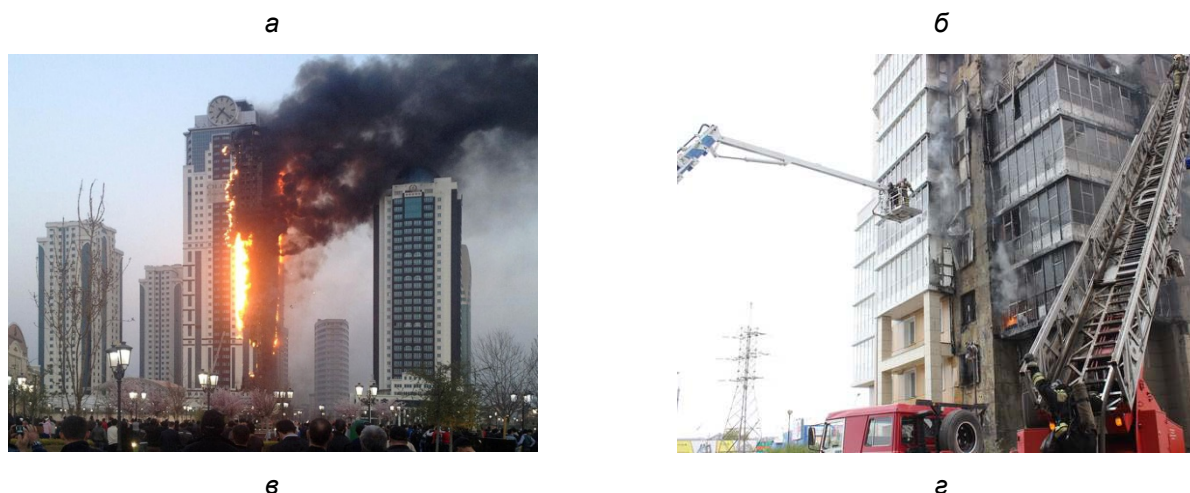
Из рисунка 4 видно, что СФТК являются наиболее экономичными. НФС примерно в два раза дороже, чем СФТК, при одинаковой толщине теплоизоляции.

### 3.3. Общая сравнительная оценка факторов, влияющих на срок службы фасадных систем

Ввиду отсутствия надежных экспериментальных данных достоверно установить срок службы СФТК и НФС в российских климатических условиях не представляется возможным. Территория России отличается значительным разнообразием климатических условий, поэтому фактический срок службы фасадных систем, даже при наличии отказов, должен учитывать условия их эксплуатации и интенсивность климатических воздействий.

В настоящее время отказы фасадных систем зарегистрированы только по причине пожаров. Поэтому при оценке срока службы фасадных систем следует учитывать риски, связанные с огневым воздействием. Наиболее известные пожары на фасадах зданий относятся к НФС (рисунок 5).





**Рисунок 5. Повреждение НФС многоквартирных жилых домов в результате пожара:**

а — г. Владивосток, ЖК «Атлантис» [26]; б — г. Москва, ул. Ивана Бабушкина [27]; в — г. Грозный, ЖК «Олимп» [28]; г — г. Красноярск, ул. Шахтеров [29]

Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев основной причиной значительного повреждения НФС являлось применение на фасадах алюминиевых композитных панелей [22].

Наличие вентилируемой воздушной прослойки между слоем теплоизоляции и облицовочным слоем способствует быстрому распространению пламени по фасаду, поэтому риск повреждения фасадов в результате огневого воздействия на НФС выше, чем на СФТК. На СФТК, даже при наличии пожара, значительных повреждений фасадов не выявлено.

Специальные технические элементы позволяют снизить риски повреждения НФС при пожаре. Для этих целей в составе НФС могут быть предусмотрены противопожарные короба и рассечки [23]. Указанные элементы предотвращают попадание пламени в воздушный зазор НФС в случае пожара и препятствуют распространению горения. Вместе с тем, такие элементы могут нарушить воздушный режим вентилируемой прослойки, что приводит к ухудшению процесса сушки материала теплоизоляционного слоя в теплый период года. Кроме того, применение дополнительных крепежных элементов в составе НФС усиливает влияние металлических теплопроводных включений и снижает приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен.

Результаты общей сравнительной оценки факторов, влияющих на срок службы рассматриваемых типов фасадных систем, приведены в таблице 6.

**Таблица 6. Общая сравнительная оценка факторов, влияющих на срок службы фасадных систем**

Фасадная система	Прогнозируемый срок службы фасадной системы	Риск распространения пламени при пожаре	Ущерб от пожара
СФТК	> 25	низкий	незначительный <sup>1</sup>
НФС <sub>1</sub>	> 50	высокий	средний <sup>2</sup>
НФС <sub>2</sub>	> 50	высокий	значительный <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Устранение дефектов на поврежденном участке без демонтажа системы.

<sup>2</sup> Частичный демонтаж системы на поврежденных участках.

<sup>3</sup> Полный демонтаж системы на поврежденных участках.

При учете факторов, указанных в таблице 6, предполагается, что в качестве слоя теплоизоляции применяют минераловатные изделия группы горючести НГ.

При эксплуатации НФС в условиях городской среды высока вероятность попадания пыли на внешнюю поверхность минераловатных изделий, в результате чего ускоряется процесс коррозии несущих металлических элементов НФС [24] и снижается долговечность фасадной системы в целом. Данное обстоятельство также следует учитывать при прогнозировании срока службы фасадных систем.



## 4. Заключение

По итогам выполненного сравнительного анализа теплотехнических, экономических и эксплуатационных характеристик широко применяемых в практике строительства фасадных систем (СФТК и НФС) сформулированы следующие **основные выводы**:

1. Наружные стены с СФТК теплотехнически более однородны по сравнению с наружными стенами с НФС. С увеличением толщины теплоизоляционного слоя влияние теплотехнически неоднородных участков стены возрастает. Наибольшее влияние таких участков отмечается для НФС с алюминиевой подконструкцией и толщиной теплоизоляционного слоя 250 мм.
2. Приведенное сопротивление теплопередаче наружных стен с СФТК при одной и той же толщине слоя теплоизоляции оказывается выше, чем у стен с НФС.
3. Из рассматриваемого перечня фасадных систем только СФТК с толщиной слоя теплоизоляции 250 мм обеспечивают поэтажные требования СП 50.13330.2012 без дополнительных ограничений, при ГСОП = 7649 К·сут/г. Все остальные варианты фасадных систем (СФТК с толщиной теплоизоляции 200 мм и все типы НФС) соответствуют нормативным требованиям по тепловой защите только в том случае, если при выполнении расчета удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания по методике приложения Г СП 50.13330.2012 выполняются требования п.10.1 к данной удельной характеристике.
4. СФТК является наиболее экономичной фасадной системой. НФС примерно в два раза дороже, чем СФТК, при одинаковой толщине теплоизоляции.
5. При оценке срока службы фасадных систем следует учитывать риски, связанные с пожаром. Наличие вентилируемой воздушной прослойки между слоем теплоизоляции и облицовочным слоем способствует быстрому распространению пламени по фасаду, поэтому риск повреждения фасадов в результате огневого воздействия на НФС выше, чем на СФТК.
6. При эксплуатации НФС в условиях городской среды существует вероятность попадания пыли на внешнюю поверхность минераловатных изделий, в результате чего ускоряется процесс коррозии несущих металлических элементов НФС и снижается долговечность фасадной системы в целом.

По совокупности всех рассмотренных выше факторов СФТК являются более надежными и экономически обоснованными системами, что открывает широкие возможности их дальнейшего изучения с целью эффективного применения в современном строительстве.

### Литература

- [1]. Kokogiannakis G., Darkwa J., Badeka S., Li Y. (2019). Experimental comparison of green facades with outdoor test cells during a hot humid season. *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 185. Pp. 196–209.
- [2]. Geng Y., Ji W., Wang Z., Lin B., Zhu Y. (2019). A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 183. Pp. 500–514.
- [3]. Kauskale L., Geipele I., Zeltins N., Lecis I. (2016). Energy Aspects of Green Buildings — International Experience. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2016. No. 53 (6). Pp. 21–28.
- [4]. Statsenko E., Ostrovaia A., Musorina T., Sergievskaya N. (2018). Thermal Properties of the Building with Low Energy Consumption (LEB). *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. No. 692. Pp. 417–431.
- [5]. Korniyenko S.V. (2014). The experimental analysis and calculative assessment of building energy efficiency. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 618. Pp. 509–513.
- [6]. Корниенко С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций // *Academia. Архитектура и строительство*. 2010. № 3. С. 348–351.
- [7]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Musorina T.A., Kukolev M.I., Petritchenko M.R. (2016). The elementary mathematical model of sustainable enclosing structure. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 8 (68). Pp. 86–91.

### References

- [1]. Kokogiannakis G., Darkwa J., Badeka S., Li Y. (2019). Experimental comparison of green facades with outdoor test cells during a hot humid season. *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 185. Pp. 196–209.
- [2]. Geng Y., Ji W., Wang Z., Lin B., Zhu Y. (2019). A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction. *Energy and Buildings*. 2019. Vol. 183. Pp. 500–514.
- [3]. Kauskale L., Geipele I., Zeltins N., Lecis I. (2016). Energy Aspects of Green Buildings — International Experience. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*. 2016. No. 53 (6). Pp. 21–28.
- [4]. Statsenko E., Ostrovaia A., Musorina T., Sergievskaya N. (2018). Thermal Properties of the Building with Low Energy Consumption (LEB). *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. No. 692. Pp. 417–431.
- [5]. Korniyenko S.V. (2014). The experimental analysis and calculative assessment of building energy efficiency. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 618. Pp. 509–513.
- [6]. Korniyenko S.V. Povysheniye energoeffektivnosti zdaniy za schet snizheniya teplopoter cherez krayevyye zony ograzhdayushchikh konstruksiy [The Increase of Power Efficiency of Building at the expense of Reduction of Heat Losses through Edge Zones of Enclosure]. *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2010. No. 3. Pp. 348–351. (rus)
- [7]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Musorina T.A., Kukolev M.I., Petritchenko M.R. (2016). The elementary mathematical model of sustainable enclosing structure. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 8 (68). Pp. 86–91.
- [8]. Popova Ye.Ye., Gorodilova A.Ye., Kukolev M.I. Povysheniye

- [8]. Попова Е.Е., Городилова А.Е., Куколев М.И. Повышение энергоэффективности домов с помощью навесных вентилируемых фасадов // Ростовский научный журнал. 2017. № 12. С. 367–378.
- [9]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Olshevskiy V.Ya., Petrichenko M.R. (2018). Temperature and velocity conditions in vertical channel of ventilated façade. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 4 (80). Pp. 119–127.
- [10]. Корниенко С.В. О применимости методики СП 50.13330.2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультизональной конденсацией влаги // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 29–37.
- [11]. Гагарин В.Г., Зубарев К.П., Козлов В.В. Определение зоны наибольшего увлажнения в стенах с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружными штукатурными слоями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (54). С. 125–132.
- [12]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Оценка влажностного режима стен с фасадными теплоизоляционными композиционными системами // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 6 (45). С. 34–54.
- [13]. Ананьев А.И. Влажностный режим и долговечность наружных стен зданий // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2018. № 8. С. 32–39.
- [14]. Petrichenko M.R., Subbotina S.A., Khairutdinova F.F., Reich E.V., Nemova D., Olshevskiy V., Sergeev V.V. (2017). Effect of rustication joints on air mode in ventilated façade. Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 5 (73). Pp. 40–48.
- [15]. Petrichenko M.R., Nemova D.V., Kotov E.V., Tarasova D.S., Sergeev V.V. (2018). Ventilated facade integrated with the HVAC system for cold climate. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 1 (77). Pp. 47–58.
- [16]. Юн А.Я. Анализ эффективности двухслойного и однослойного утепления вентилируемых фасадов // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 77–79.
- [17]. Dotzler C., Botzler S., Kierdorf D., Lang W. (2018). Methods for optimising energy efficiency and renovation processes of complex public properties. Energy and Buildings. 2018. Vol. 164. Pp. 254–265.
- [18]. Hamid A.A., Farsäter K., Wahlström A., Wallentén P. (2018). Literature review on renovation of multifamily buildings in temperate climate conditions. Energy and Buildings. 2018. Vol. 172. Pp. 414–431.
- [19]. Korniyenko S.V. (2018). Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 463(2), 022060.
- [20]. Borodinecs A., Zemitis J., Sorokins J., Baranova D.V., Sovetnikov D.O. (2016). Renovation need for apartment buildings in Latvia. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 68(8). Pp. 58–64.
- [21]. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P., Kydrevich O.O. (2018). Payback period of investments in energy saving. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 2 (78). Pp. 65–75.
- [22]. Машенков А.М., Чебурканова Е.В. Проблемы пожарной безопасности навесных вентилируемых фасадов // АВОК. 2007. № 8. С. 32–41.
- [23]. Шестерова Е.В., Немова Д.В., Петриченко М.Р. Усовершенствованная конструкция противопожарных энергоэффективности домов с помощью навесных вентилируемых фасадов. Rostovskiy nauchnyy zhurnal. 2017. No. 12. Pp. 367–378. (rus)
- [9]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Olshevskiy V.Ya., Petrichenko M.R. (2018). Temperature and velocity conditions in vertical channel of ventilated façade. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 4 (80). Pp. 119–127.
- [10]. Korniyenko S.V. O primenimosti metodiki SP 50.13330.2012 k raschetu vlazhnostnogo rezhima ograzhdayushchikh konstruksiy s multizonalnoy kondensatsiyey vlagi [About applicability of sp 50.13330.2012 method to calculation of a moisture conditions of enclosing structures with multi-zone moisture condensation]. Stroitelstvo i rekonstruktsiya. 2014. No. 5 (55). Pp. 29–37. (rus)
- [11]. Gagarin V.G., Zubarev K.P., Kozlov V.V. Opredeleniye zony naibolshego uvlazhneniya v stenakh s fasadnymi teploizolyatsionnymi kompozitsionnymi sistemami s naruzhnymi shtukaturnymi sloyami [The Highest Moisture Area in Façade Heat-Insulation Composite Wall Systems with External Plastering]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2016. No. 1 (54). Pp. 125–132. (rus)
- [12]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Otsenka vlazhnostnogo rezhima sten s fasadnymi teploizolyatsionnymi kompozitsionnymi sistemami [Assessment of moisture conditions of walls with facade's thermo-insulation composite]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No. 6 (45). Pp. 34–54. (rus)
- [13]. Ananyev A.I. Vlazhnostnyy rezhim i dolgovechnost naruzhnykh sten zdaniy [Moisture conditions and durability of external walls of buildings]. AVOK: Ventilyatsiya, otopeniye, konditsionirovaniye vozdukh, teplosnabzheniye i stroitel'naya teplofizika. 2018. No. 8. Pp. 32–39. (rus)
- [14]. Petrichenko M.R., Subbotina S.A., Khairutdinova F.F., Reich E.V., Nemova D., Olshevskiy V., Sergeev V.V. (2017). Effect of rustication joints on air mode in ventilated façade. Magazine of Civil Engineering. 2017. No. 5 (73). Pp. 40–48.
- [15]. Petrichenko M.R., Nemova D.V., Kotov E.V., Tarasova D.S., Sergeev V.V. (2018). Ventilated facade integrated with the HVAC system for cold climate. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 1 (77). Pp. 47–58.
- [16]. Yun A.Ya. Analiz effektivnosti dvukhsloynogo i odnosloynogo utepleniya ventiliruyemykh fasadov [Analysis of efficiency of two-layer and one-layer heat insulation of ventilated facades]. Construction Materials. 2017. No. 7. Pp. 77–79. (rus)
- [17]. Dotzler C., Botzler S., Kierdorf D., Lang W. (2018). Methods for optimising energy efficiency and renovation processes of complex public properties. Energy and Buildings. 2018. Vol. 164. Pp. 254–265.
- [18]. Hamid A.A., Farsäter K., Wahlström A., Wallentén P. (2018). Literature review on renovation of multifamily buildings in temperate climate conditions. Energy and Buildings. 2018. Vol. 172. Pp. 414–431.
- [19]. Korniyenko S.V. (2018). Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. No. 463(2), 022060.
- [20]. Borodinecs A., Zemitis J., Sorokins J., Baranova D.V., Sovetnikov D.O. (2016). Renovation need for apartment buildings in Latvia. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 68(8). Pp. 58–64.
- [21]. Gorshkov A.S., Vatin N.I., Rymkevich P.P., Kydrevich O.O. (2018). Payback period of investments in energy saving. Magazine of Civil Engineering. 2018. No. 2 (78). Pp. 65–75.
- [22]. Mashenkov A.M., Cheburkanova Ye.V. Problemy pozharnoy bezopasnosti navesnykh ventiliruyemykh fasadov. AVOK. 2007. No. 8. Pp. 32–41. (rus)
- [23]. Shesterova Ye.V., Nemova D.V., Petrichenko M.R. Usovershenstvovannaya konstruksiya protivopozharnykh rassechek v NVF [The new design of fire-prevention bafflers in

рассечек в НВФ // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 7 (46). С. 35–49.

- [24]. Умнякова Н.П. Влияние загрязнений окружающей среды города на конструкции вентилируемых фасадов // Вестник МГСУ 2011. № 3. С. 221–226.
- [25]. Технический портал ТехноНИКОЛЬ [сайт]. URL: <http://nav.tn.ru/systems/fasad-i-stena/tn-fasad-profi/> (дата обращения: 11.06.2019).
- [26]. Nevsedoma. URL: <http://nevsedoma.com.ua/?newsid=15773> (дата обращения: 11.06.2019).
- [27]. URL: <http://fishki.net/23545-v-moskve-zagorelas-vysotka-91-foto.html> (дата обращения: 11.06.2019).
- [28]. The Kiev Times. URL: <http://thekievtimes.ua/video/220483-pozhar-v-odnoj-iz-vysotok-kompleksa-groznyj-siti.html> (дата обращения: 11.06.2019).
- [29]. ДелaRu [сайт]. URL: <http://dela.ru/lenta/127745/> (дата обращения: 11.06.2019).
- double skin facades]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No. 7 (46). Pp. 35–49. (rus)
- [24]. Umnyakova N. P. Vliyaniye zagryazneniy okruzhayushchey sredy goroda na konstruksii ventiliruyemykh fasadov [The influence of city air pollutants on ventilated façade's structure]. Vestnik MGSU 2011. No. 3. Pp. 221–226. (rus)
- [25]. Tekhnicheskii portal TekhnoNIKOL [sayt]. URL: <http://nav.tn.ru/systems/fasad-i-stena/tn-fasad-profi/> (data obrashcheniya: 11.06.2019).
- [26]. Nevsedoma. URL: <http://nevsedoma.com.ua/?newsid=15773> (data obrashcheniya: 11.06.2019).
- [27]. URL: <http://fishki.net/23545-v-moskve-zagorelas-vysotka-91-foto.html> (data obrashcheniya: 11.06.2019).
- [28]. The Kiev Times. URL: <http://thekievtimes.ua/video/220483-pozhar-v-odnoj-iz-vysotok-kompleksa-groznyj-siti.html> (data obrashcheniya: 11.06.2019).
- [29]. DelaRu [sayt]. URL: <http://dela.ru/lenta/127745/> (data obrashcheniya: 11.06.2019).

**Контактная информация**

- 1.\* +79213884315, [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru) (Горшков Александр Сергеевич, к.т.н.)
2. +79884912459, [svkorn2009@yandex.ru](mailto:svkorn2009@yandex.ru) (Корниенко Сергей Валеревич, д.т.н., профессор)

**Contact information**

- 1.\* +79213884315, [alsgor@yandex.ru](mailto:alsgor@yandex.ru) (Gorshkov Alexander, Candidate of Engineering Sciences)
2. +79884912459, [svkorn2009@yandex.ru](mailto:svkorn2009@yandex.ru) (Korniyenko Sergey, Doctor of Engineering Sciences, Professor)

© Горшков А.С., Корниенко С.В., 2019