

## ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ДРУЖБЫ НАРОДОВ

А.П. СВИНЦОВ\*, доктор технических наук, профессор,

Т.В. СКРИПНИК\*\*, ассистент,

Б.Ш. ШАКИРОВ\*\*\*, студент магистратуры

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»

\*svintsovap@rambler.ru; \*\*tvscripnic@rambler.ru; \*\*\*shakirov.77@yandex.ru

*Представлены результаты исследования теплоэнергетической эффективности, выполненного утепления, ограждающих конструкций здания Российского университета дружбы народов. В результате тепловизионного обследования дана оценка теплоэнергетической эффективности утепления по технологии вентилируемого фасада, а также выявлены участки с повышенным тепловым излучением.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тепловое излучение, тепловые потери, утепление, теплоизоляция, тепловизор, ограждающие конструкции.

### **Введение**

Для повышения эффективности использования тепловой энергии при отоплении зданий, возведенных по технологиям полносборного домостроения во второй половине XX в., необходимо дополнительное утепление их ограждающих конструкций. Одним из важнейших направлений повышения теплоэнергетической эффективности ограждающих конструкций является улучшение их теплоизоляции. В настоящее время все более широко применяют утепление наружных стен с устройством облицовки на отnose (вентилируемого фасада).

В связи с реализацией программы теплосбережения в Российском университете дружбы народов выполнено дополнительное утепление ограждающих конструкций главного здания. Поставлена задача по проверке теплоэнергетической эффективности выполненного утепления наружных стен здания.

В рамках тепловизионного обследования фасада здания определена теплоэнергетическая эффективность выполненного утепления ограждающих конструкций и выявлены участки с повышенным тепловым излучением, обусловленным низким качеством выполненных теплоизоляционных работ.

Сравнение показателей тепловой эффективности утепленных наружных стен и аналогичных конструкций без дополнительного утепления позволило предложить их объективные сравнения. Показано, что применение вентилируемых фасадов на ограждающих конструкциях зданий, возведенных по технологии крупнопанельного домостроения, позволяет существенно повысить их теплоэнергетическую эффективность в отопительный период года.

### **Анализ состояния вопроса**

Теплотехнические свойства ограждающих конструкций оказывают существенное влияние на теплоэнергетическую эффективность создания и поддержания комфортных условий в помещениях зданий. Одним из важнейших направлений теплосбережения и эффективности функционирования эксплуатируемых зданий является создание теплоизоляции ограждающих конструкций.

По данным [1] «преимущество наружного утепления фасада заключается в следующем: стены надежно защищены от сезонных и суточных температурных колебаний и воздействий осадков, являющихся одной из основных причин их разрушения; точка росы, вынесенная за конструкцию стены, позволяет избежать выпадения конденсата».

Вентилируемый фасад существенно повышает энергоэффективность здания в среднем на 23-30% [2]. В то же время установлено, что показатели энергоэффективности и тепловой защиты зданий с вентилируемыми фасадами существенно ниже проектных значений. Это связывают с качеством монтажа минераловатного утеплителя [3]. По данным [4] систематическое воздействие вла-

ги на утеплитель может привести к его частичному разрушению. Существует мнение [5], что системы утепления стен с применением вентилируемых фасадов не настолько эффективны, как принято считать. Это связывают, в основном, со свойством старения материала утеплителя. Несмотря на имеющиеся негативные особенности, утепление по технологии вентилируемых фасадов признано эффективным и целесообразным [6-8].

Использованию утепления ограждающих конструкций по технологии вентилируемого фасада уделяют внимание зарубежные исследователи. В работе [9] представлены результаты исследования утеплителей с вентилируемым фасадом, позволяющим использовать энергию солнца как для обогрева помещений в зимнее время, так и для охлаждения летом, применительно к климатическим условиям. Использование утепления с вентилируемым фасадом позволяет получить экономию энергии до 16,7% [10]. На термическое поведение вентилируемого фасада оказывают влияние такие факторы, как толщина воздушной прослойки, наличие швов, тип защитного покрытия и др. [11]. Для повышения теплоэнергетической эффективности применяют вентилируемые фасады с двойной облицовкой [12]. Это позволяет использовать их для охлаждения помещений в летний период года. Для обеспечения высокой энергоэффективности зданий целесообразно использовать любой из возобновляемых источников энергии. В этом аспекте непрозрачный вентилируемый фасад поглощает солнечную энергию и передает ее в систему вентиляции [13].

Анализ источников информации позволяет считать, что дополнительное утепление наружных стен по технологии вентилируемого фасада характеризуется, в целом, положительно в аспекте теплоэнергетической эффективности. Проверку эффективности утепления наиболее целесообразно производить с использованием тепловизионного обследования. Это позволяет получить натурные данные о тепловом излучении ограждающих конструкций.

#### **Постановка задачи и методика исследования**

В летний период 2015 г. в Российском университете дружбы народов выполнены работы по утеплению наружных стеновых панелей с использованием технологии вентилируемого фасада. Необходимость в утеплении вызвана тем, что во многих помещениях температура внутреннего воздуха в течение отопительного сезона была, как правило, ниже требуемой по комфортным условиям. Особенностью комфортных условий в помещениях Российского университета дружбы народов является то, что многие студенты являются уроженцами стран с тропическим климатом и очень чувствительны даже к незначительному понижению температуры воздуха. Наибольшую озабоченность составляла задача обогрева актового зала, для чего используется система воздушного отопления, оснащенная четырьмя калориферами. Высокая теплопроводность стеновых панелей обусловила не только низкую температуру внутреннего воздуха даже при одновременной работе на полную мощность всех четырех калориферов, но и образование грибка на внутренних поверхностях стен, особенно в местах стыковых соединений панелей.

После утепления наружных стен в результате периодического наблюдения и в рамках подготовки к мероприятиям в актовом зале установлено, что в относительно холодные дни (-16° С 23-25 января) температура внутреннего воздуха в разных точках помещения была от 17 до 19° С при периодическом автоматическом включении только одного калорифера.

Поставлена задача тепловизионного обследования поверхностей наружных стеновых панелей здания Российского университета дружбы народов для оценки теплоэнергетической эффективности, выполненного утепления, и выявления участков с интенсивными тепловыми потерями.

Исследование выполнено в три стадии:

1. Моделирование и расчет теплопроводности существующей и модернизированной конструкций ограждающих панелей.

2. Экспериментальное исследование теплового излучения с поверхностей стен из керамзитобетонных панелей и вентилируемого фасада.

3. Камеральная обработка результатов измерений и анализ экспериментальных данных.

В рамках моделирования параметров теплопроводности выполнено сравнение расчетных значений коэффициентов теплопроводности стены без дополнительного утепления (исходная конструкция) и стены с дополнительным утеплением по технологии вентилируемого фасада. Расчет выполнен в соответствии с СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий и СП 131.13330.2012. Строительная климатология.

Исследование выполнено с использованием тепловизора Therma CAM В 640. Тепловизор предназначен для бесконтактного измерения пространственного распределения температуры поверхностей твердых (сыпучих) тел, газовых струй и воды по их собственному тепловому излучению и отображения этого распределения на экране черно-белого или цветного монитора. Тепловизор применяют для контроля состояния объектов и технологических процессов в различных отраслях промышленности, а также при проведении разных исследований. Обследование выполнено в утреннее время от 08 до 10 часов при температуре наружного воздуха  $-4^{\circ}\text{C}$ . На момент исследования температурный перепад между внутренним и наружным воздухом составил  $20^{\circ}\text{C}$ .

Камеральная обработка результатов измерений заключается в анализе инфракрасного изображения обследованных объектов. Результаты измерения отображаются на мониторе прибора, а также сохраняются в памяти. Расшифровка термограмм заключается в идентификации инфракрасного изображения по цветовой палитре прибора. Расшифровка термограмм позволяет выявить теплопотери через материал стеновых панелей, трещины в них, даже не видимые для визуального осмотра, неплотности остекления оконных проемов и т.п. Использование специального прибора позволило получить объективные показатели тепловой эффективности утепления конструкций здания университета.

#### Результаты и их обсуждение

В результате моделирования и расчета теплопроводности установлено, что коэффициент теплопередачи стены исходной конструкции в 2,3 раза выше, чем у стены с дополнительным утеплением. Как показывает практика, фактическая энергоэффективность утепления по технологии вентилируемого фасада существенно ниже проектных значений [3, 4].

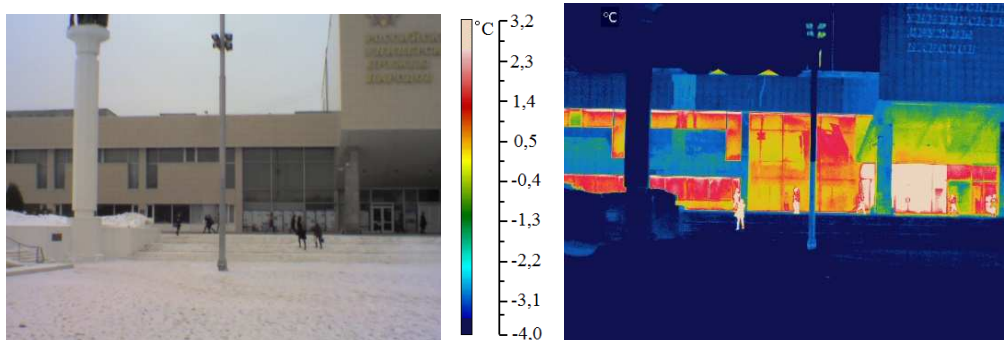


Рис. 1. Главный фасад в видимом и инфракрасном спектрах

В процессе тепловизионного обследования здания Российского университета дружбы народов установлено, что ограждающие конструкции, снабженные дополнительным теплоизоляционным слоем по технологии вентилируемого фасада излучают тепловую энергию в среднем в 1,3 раза меньше, чем стеновые

панели без дополнительного утепления. На рис. 1 представлены фото- и термограммы главного фасада здания.

Теплоэнергетическая эффективность утепления по технологии вентилируемого фасада оказалась существенно ниже проектного значения. Это объясняется тем, что навесной системе вентилируемого фасада характерна существенная теплотехническая неоднородность, которая обусловлена большим количеством кронштейнов, проходящих через слой утеплителя и являющихся мостиками холода [13, 14].

Наибольшие тепловые потери зафиксированы через витражи остекления. Особенно интенсивные тепловые потери через витражи выявлены на первом этаже слева от входа в вестибюль. При этом тепловое излучение с поверхностей стеновых панелей минимально. При анализе термограмм выявлены участки соединения оконных переплетов со стеновыми панелями, где происходят значительные тепловые потери.

Между теплоизоляционным слоем и облицовкой фасада имеется воздушный зазор, составляющий сущность вентиляции. Наличие такого зазора искажает фактическое тепловое излучение и не позволяет в полной мере оценить теплоэнергетическую эффективность выполненного утепления. Для устранения эффекта экранирования теплоизоляции выполнена тепловизионная съемка фрагмента бокового фасада, с которого на время обследования снята облицовка. На рис. 2 представлен фрагмент бокового фасада в видимом и инфракрасном спектрах.

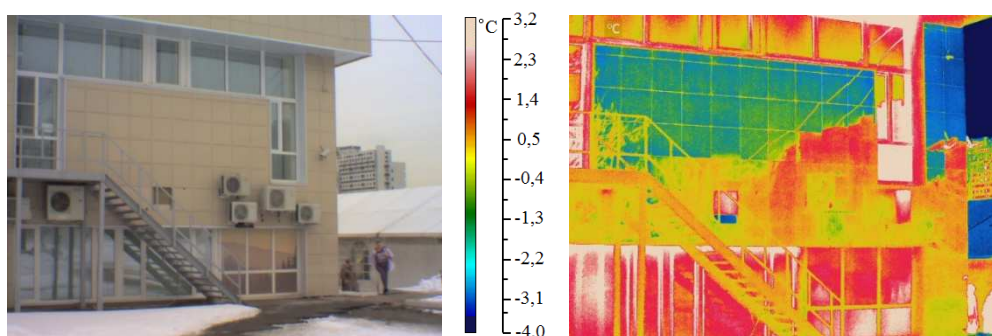


Рис. 2. Фрагмент бокового фасада в видимом и инфракрасном спектрах

Анализ термограммы показывает, что в условиях стационарного режима теплопередачи тепловое излучение с поверхности утепленной стены на 20-25% ниже, чем с участков без дополнительного утепления.

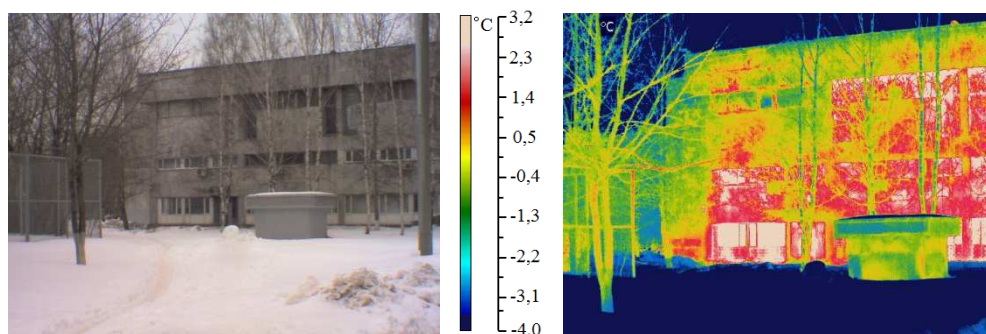


Рис. 3. Дворовый фасад здания в видимом и инфракрасном спектрах

Анализ термограммы позволил выявить и участки фасада с высоким тепловым излучением. Повышенное тепловое излучение обусловлено тем, на некоторых участках ограждающих конструкций утепление выполнено не качественно.



Это приводит к большим теплотерям, чем на остальных участках стены.

Утепление части дворового фасада предусмотрено во вторую очередь. Тепловизионное обследование ограждающих конструкций из сборного железобетона позволило не только оценить теплотери, но и сравнить эффективность дополнительной теплоизоляции, установленной на других участках фасада.

Анализ термограмм дворового фасада (рис. 3) дает основания считать, что тепловое излучение с поверхностей керамзитобетонных панелей и оконных проемов одинаково.

Из термограмм видно, что теплотери через ограждающие конструкции очень существенны. В результате исследования выявлено существенное тепловое излучение с поверхности витража на первом этаже, а также на некоторых участках оконного остекления. Особенно интенсивное тепловое излучение отмечено по линиям примыкания оконных переплетов к стеновым панелям. Наибольшие теплотери происходят через стыки между панелями. При этом теплотери через железобетонные конструкции находятся в красном диапазоне изображения. Это существенно выше, чем теплотери через аналогичные панели на утепленной стороне фасада здания.

### **Заключение**

В результате тепловизионного обследования ограждающих конструкций здания университета установлено:

- 1) дополнительное утепление ограждающих конструкций из сборных керамзитобетонных панелей позволяет существенно повысить их теплоэнергетическую эффективность;
- 2) наиболее интенсивное тепловое излучение происходит через витражи, остекление окон, примыкания оконных переплетов к стеновым панелям, а также через стыки между стеновыми панелями;
- 3) утепление ограждающих конструкций с применением технологии вентилируемого фасада позволяет улучшить комфортные условия в помещениях при одновременно уменьшении затрат на отопление.

### **Л и т е р а т у р а**

1. Пудовкин А.Н. Выбор способа утепления наружных стен как один из способов повышения энергоэффективности зданий и сооружений // Вестник УГАЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2014. № 1 (7). С. 169-170.
2. Вентилируемый фасад Одинцовского завода легких конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2011. № 4 (147). С. 24-25.
3. Якубсон В. Вентилируемые фасады и другие // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 2-3.
4. Солощенко С.С. Влияние вентилируемого зазора на теплофизические характеристики систем наружного утепления фасадов зданий с применением тонкослойной штукатурки // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 2. С. 39-41.
5. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 5. С. 7-11.
6. Зорин Р.Н., Сьянов И.В. Анализ современных систем вентилируемых фасадов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2010. № 1. С. 139-142.
7. Куликова Ю.С., Гойкалов А.Н. Оценка современных способов решений утепления фасадов зданий при их реконструкции // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 348-354.
8. Петриченко М.Р., Петроченко М.В., Явтушенко Е.Б. Гидравлически оптимальная вентилируемая щель // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 2 (37). С. 35-40.
9. Alvaro de Gracia, Lidia Navarro, Albert Castell, Luisa F. Cabeza. Numerical study on the thermal performance of a ventilated facade with PCM// Applied Thermal Engineering, Volume 61, Issue 2, 3 November 2013, Pages 372-380.

10. *Alvaro de Gracia, Reza Barzin, Cesar Fernández, Mohammed M. Farid, Luisa F. Cabeza*. Control strategies comparison of a ventilated facade with PCM – energy savings, cost reduction and CO<sub>2</sub> mitigation// *Energy and Buildings*, Vol.130, Oct. 15, 2016, pp. 821-828.

11. *C. Marinosci, G. Semprini, G.L. Morini*. Experimental analysis of the summer thermal performances of a naturally ventilated rainscreen façade building// *Energy and Buildings*, Volume 72, April 2014, Pages 280-287.

12. *Aleksandar S. Anđelković, Branka Gvozdenac-Urošević, Miroslav Kljajić, Marko G. Ignjatović*. Experimental research of the thermal characteristics of a multi-story naturally ventilated double skin façade// *Energy and Buildings*, Vol. 86, January 2015, pp. 766-781.

13. *Туснина О.А., Емельянов А.А., Туснина В.М.* Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов // *Инженерно-строительный журнал*. 2013. № 8 (43). С. 54-63.

14. *Низовцев М.И., Белый В.Т., Стерлягов А.Н.* Новая теплоизоляционная фасадная система зданий на основе панелей с вентилируемыми каналами // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2015. № 10 (682). С. 25-32.

#### References

1. *Pudovkin A.N.* (2014). Vybor sposoba uteplenija naruzhnyh sten kak odin iz sposobov povyshenija jenergojeffektivnosti zdaniy i sooruzhenij, *Vestnik UGAJeS. Nauka, Obrazovanie, Jekonomika. Serija: Jekonomika*, № 1 (7), p. 169-170.

2. Ventiliruemyj fasad Odincovskogo zavoda legkih konstrukcij, *Stroitel'nye materialy, Oborudovanie, Tehnologii XXI Veka*. 2011, № 4 (147), p. 24-25.

3. *Jakubson V.* (2008). Ventiliruemye fasady i drugie, *Inzhenerno-Stroitel'nyj Zhurnal*, № 2, p. 2-3.

4. *Soloshhenko S.S.* (2011). Vlijanie ventiliruемого zazora na teplofizicheskie harakteristiki sistem naruzhnogo uteplenija fasadov zdaniy s primeneniem tonkoslojnoj shtukaturki, *Inzhenerno-Stroitel'nyj Zhurnal*, № 2, p. 39-41.

5. *Nemova D.V.* (2010). Navesnye ventiliruemye fasady: obzor osnovnyh problem, *Inzhenerno-Stroitel'nyj Zhurnal*, № 5, p. 7-11.

6. *Zorin R.N., Sianov I.V.* (2010). Analiz sovremennyh sistem ventiliruemyh fasadov, *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija.*; № 1, p. 139-142.

7. *Kulikova Ju.S., Gojkalov A.N.* (2015). Ocenka sovremennyh sposobov reshenij uteplenija fasadov zdaniy pri ih rekonstrukcii, *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Serija: Vysokie tehnologii. Jekologija*; № 1, p. 348-354.

8. *Petrichenko M.R., Petrochenko M.V., Javtushenko E.B.* (2013). Gidravlicheski optimal'naja ventiliruemaja shchel', *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, № 2 (37), p. 35-40.

9. *Alvaro de Gracia, Lidia Navarro, Albert Castell, Luisa F. Cabeza* (2013). Numerical study on the thermal performance of a ventilated facade with PCM, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 61, Iss. 2, 3 November 2013, pp. 372-380.

10. *Alvaro de Gracia, Reza Barzin, Cesar Fernández, Mohammed M. Farid, Luisa F. Cabeza*. Control strategies comparison of a ventilated facade with PCM – energy savings, cost reduction and CO<sub>2</sub> mitigation, *Energy and Buildings*, Volume 130, 15 October 2016, pp. 821-828.

11. *C. Marinosci, G. Semprini, G.L. Morini* (2014). Experimental analysis of the summer thermal performances of a naturally ventilated rainscreen façade building, *Energy and Buildings*, 72, p. 280-287.

12. *Aleksandar S. Anđelković, Branka Gvozdenac-Urošević, Miroslav Kljajić, Marko G. Ignjatović* (2015). Experimental research of the thermal characteristics of a multi-storey naturally ventilated double skin façade, *Energy and Buildings*, Vol. 86, January 2015, p. 766-781.

13. *Tusnina O.A., Emel'janov A.A., Tusnina V.M.* (2013). Teplotehnicheskie svojstva razlichnyh konstruktivnyh sistem navesnyh ventiliruemyh fasadov, *Inzhenerno-Stroit. Zhurnal*, № 8 (43), p. 54-63.

14. *Nizovcev M.I., Belyj V.T., Sterljagov A.N.* (2015). Novaja teploizoljacionnaja fasadnaja sistema zdaniy na osnove panelej s ventiliruemyimi kanalami, *Izvestija Vysshih Uchebnyh Zavedenij. Stroitel'stvo*, № 10 (682), p. 25-32.

#### THERMAL IMAGING SURVEY OF A BUILDING OF THE PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA

A.P. Svintsov, T.V. Scripnic, B.SH. Shakirov

Results of a study of thermal power efficiency performed by thermal insulation of enclosing structures of a building of the Peoples' Friendship University of Russia are presented. As a result of thermal imaging survey, the thermal power efficiency of thermal insulation on the technology of ventilated facade is assessed, as well as the areas with high thermal radiation are identified.

**Keywords:** thermal radiation, heat loss, thermal insulation, thermal imager, enclosing structures.