Для цитирования: Д.Ф. Карпов, М.В. Павлов, А.А. Сеницын, Н.Н. Монаркин, А.Г. Гудков. Некоторые особенности и результаты теплового контроля навесных вентилируемых фасадных систем объектов капитального строительства. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020; 47 (1):147-155 DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-147-155

For citation: D.F. Karpov, M.V. Pavlov, A.A. Sinityn, N.N. Monarkin, A.G. Gudkov. Features of mounted ventilated facade heat control systems in construction projects. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2020; 47 (1): 147-155. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-147-155

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691:620.19

DOI:10.21822/2073-6185-2020-47-1-147-155

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЯ НАВЕСНЫХ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Д.Ф. Карпов, М.В. Павлов, А.А. Сеницын, Н.Н. Монаркин, А.Г. Гудков

Вологодский государственный университет,
160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15, Россия

Резюме. Цель. Тепловизионная диагностика зданий и сооружений является неотъемлемой частью энергетического обследования. Она позволяет оценивать теплозащитные свойства ограждающих конструкций объектов капитального строительства, контролировать функциональное и эксплуатационное состояние инженерных систем, идентифицировать скрытые (невидимые, неявные) и явные (видимые) дефекты в них. Целью работы является анализ некоторых особенностей и результатов теплового контроля несветопрозрачной навесной вентилируемой фасадной системы и светопрозрачных ограждающих конструкций в виде оконных систем объекта капитального строительства. **Метод.** Тепловой (тепловизионного) контроль в решении вопросов энергоресурсосбережения. Выделена особая важность теплового контроля светопрозрачных фасадных систем и несветопрозрачных навесных вентилируемых фасадов объектов капитального строительства различного функционального и эксплуатационного назначения. **Результат.** Представлены подробный алгоритм комплексной диагностики теплотехнического состояния ограждающих конструкций строительных объектов различного назначения по анализу термограмм, методики теплового контроля объектов капитального строительства, инженерных систем, строительных материалов и готовых изделий, а также технология натурного тепловизионного обследования светопрозрачных ограждающих конструкций. Представлены и проанализированы полученные термограммы. **Вывод.** Актуализированы современные проблемы энергоэффективности и энергоресурсосбережения в строительной и энергетической отраслях производства. Предложенный графо-аналитический алгоритм комплексной диагностики теплотехнического состояния ограждающих конструкций строительных объектов по анализу термограмм является максимально полным среди известных аналогов и прототипов.

Ключевые слова: тепловой контроль, тепловизионная диагностика, тепловизор, термограмма, тепловое изображение, навесной вентилируемый фасад, светопрозрачная и несветопрозрачная ограждающая конструкция, объекты капитального строительства

BUILDING AND ARCHITECTURE

FEATURES OF MOUNTED VENTILATED FACADE HEAT CONTROL SYSTEMS IN CONSTRUCTION PROJECTS

D.F. Karpov, M.V. Pavlov, A.A. Sinitsyn, N.N. Monarkin, A.G. Gudkov

Vologda State University,
15 Lenin Str., Vologda 160000, Russia

Abstract. Aim. An integral part of an energy audit of buildings and structures consists in thermal imaging diagnostics. This permits an evaluation of the heat-shielding properties of the enclosing structures of buildings in order to control the functional and operational status of engineering systems, as well as to identify implicit (invisible) and explicit (visible) defects in them. The aim of the work is to analyse some features and results of thermal control of an opaque hinged ventilated facade system and translucent enclosing structures in the form of window systems of a capital construction project. **Method.** Thermal imaging was used as a control for resolving issues of energy and resource conservation. The special importance of thermal control of translucent facade systems and non-translucent hinged ventilated facades of capital construction projects having various functional and operational purposes is highlighted. **Results.** A detailed algorithm is presented for supporting a comprehensive diagnosis of the heat engineering state of building envelopes for various construction projects by analysing thermograms, using thermal monitoring methods, to take into consideration engineering systems, building materials and finished products, along with technologies of full-scale thermal imaging inspection of translucent building envelopes. The obtained thermograms are presented and analysed. **Conclusion.** Current problems in the fields of energy efficiency and energy saving in the construction and energy industries are considered in the light of the latest technological developments. The proposed graph-analytical algorithm supporting a diagnosis of the heat engineering state of building envelopes based on the analysis of thermograms is the most comprehensive among known analogues and prototypes.

Keywords: thermal control, thermal imaging diagnostics, thermal imager, thermogram, thermal image, hinged ventilated facade, translucent and non-translucent enclosing structure, capital construction projects.

Введение. Вопросы энергоэффективности и энергоресурсосбережения в различных отраслях народного хозяйства (строительство, энергетика, машиностроение, транспорт и др.) являются стратегически важными, входят в перечень приоритетных направлений развития науки, технологий и техники Российской Федерации [1], а также в перечень критических технологий Российской Федерации.

Задачи рационального использования энергоресурсов (первичных, вторичных) различной природы происхождения также укладываются в парадигму энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [2], в проект энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года; соответствуют Федеральному закону от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3], стратегиям развития строительного и топливно-энергетического комплексов страны и отдельных субъектов Российской Федерации; отвечают целям национальных проектов «Экология» (2018-2024 гг.) и «Жилье и городская среда» (2018-2024 гг.), государственной программы Российской Федерации «Охрана окружающей среды»; лежат в основе федеральной целевой программы обеспечения безопасности в Российской Федерации, национальной безопасности и национальных интересов. Так, согласно [3], тепловизионная диагностика зданий и сооружений является неотъемлемой частью энергетического обследования.

Она позволяет оценивать теплозащитные свойства ограждающих конструкций объектов капитального строительства, контролировать функциональное и эксплуатационное состояние инженерных систем, идентифицировать скрытые (невидимые, неявные) и явные (видимые) дефекты в них.

Тепловизионная диагностика базируется на методах и средствах теплового контроля [4–13]. В свою очередь, тепловой контроль основан на измерении, мониторинге и анализе температуры контролируемых объектов. Главным условием применения теплового контроля является наличие в контролируемом объекте тепловых потоков. Процесс передачи тепловой энергии, выделение или поглощение теплоты в объекте контроля приводит к тому, что его температура изменяется относительно окружающей среды. Распределение температуры по поверхности объекта контроля является основным параметром в тепловом методе, так как несет информацию об особенностях процесса теплопередачи (теплообмена), режиме работы объекта контроля, его внутренней структуре, наличии или отсутствии дефектов. Тепловые потоки в контролируемом объекте могут возникать по различным причинам.

Практически любое здание, сооружение, строение (при наличии инженерных систем кондиционирования микроклимата) является сложным объектом с точки зрения теплообмена. Воздушный и температурно-влажностный режим такого объекта формируются под действием внешних метеорологических (климатических) воздействий, внутренних теплопоступлений от отопительных приборов, оборудования, присутствия людей (бытовые теплопоступления), а также совместной работы ограждающих конструкций и инженерных систем (в первую очередь систем отопления и вентиляции).

В связи с этим продолжает оставаться актуальным и практически значимым массовый и оперативный контроль качества тепловой защиты, как вводимых в эксплуатацию, так эксплуатируемых и прошедших капитальный ремонт, реконструкцию или модернизацию зданий. Такой контроль (тепловой контроль, тепловизионная инспекция) позволяет определить фактические теплопотери через ограждающие конструкции и сделать заключение о классе энергоэффективности контролируемых объектов. Тепловизионное обследование (термографирование) объектов капитального строительства, инженерных систем, отдельных установок и их элементов выполняют с помощью инфракрасного прибора – тепловизора.

Особый интерес в настоящее время в проведении подобной тепловизионной (тепловой) диагностики наблюдается в отношении светопрозрачных фасадных систем зданий и сооружений (рис. 1, верхний ряд), а также несветопрозрачных навесных вентилируемых фасадов объектов капитального строительства (рис. 1, нижний ряд).

Рис. 1. Варианты примеров светопрозрачных фасадных систем (верхний ряд) и несветопрозрачных навесных вентилируемых фасадных систем (нижний ряд) объектов капитального строительства различного функционального и эксплуатационного назначения

Fig. 1. Variants of examples of translucent facade systems (upper row) and non-translucent hinged ventilated facade systems (lower row) of capital construction objects of various functional and operational purposes

В первом случае, такой интерес обоснован высоким спросом на строительные объекты с большой площадью остекления для удовлетворения потребностей максимальной по времени естественной освещенности и инсоляции помещений.

Во втором случае – связан с увеличением количества капитальных ремонтов, модернизаций, реконструкций, реноваций в отношении существующих и эксплуатируемых зданий, сооружений, строении, необходимых для выполнения ужесточающихся требований к тепловой защите строительных оболочек различного назначения [3–6, 9].

Постановка задачи. Целью работы является анализ некоторых особенностей и результатов теплового контроля несветопрозрачной навесной вентилируемой фасадной системы и светопрозрачных ограждающих конструкций в виде оконных систем объекта капитального строительства.

Таким объектом капитального строительства является административно-производственное здание ЗАО «Вологодский Хлебокомбинат» (г. Вологда, Россия).

Графо-аналитический алгоритм комплексной диагностики теплотехнического состояния ограждающих конструкций объектов капитального строительства различного назначения по анализу термограмм представлен на рис. 2.

Рис. 2. Графо-аналитический алгоритм комплексной диагностики теплотехнического состояния ограждающих конструкций строительных объектов по анализу термограмм

Fig. 2. Graph-analytical algorithm for the comprehensive diagnosis of the heat engineering condition of building envelopes of building objects according to the analysis of thermograms

В [4, 5, 9, 14–16] приведена максимально подробная методика теплового контроля строительных объектов, инженерных систем, строительных материалов и изделий.

В [17] предложена краткая технология натурного тепловизионного обследования светопрозрачных ограждающих конструкций:

1. Тепловизионный контроль проводят при режиме теплопередачи, близком к стационарному, через ограждающую конструкцию.

Если режим теплопередачи нестационарный – выполняют несколько тепловизионных съемок с последующим совместным анализом термограмм. Обследуемые поверхности не должны находиться в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение измерений и 12 часов до проведения измерений.

2. Минимальный перепад температур между внутренним и наружным воздухом при выполнении тепловизионного контроля должен составлять 10 °С.

3. Измерения при обследовании не следует проводить, если значение интегрального коэффициента излучения поверхности объекта менее 0,7.

Значения коэффициента излучения принимают по технической документации на тепловизор, справочной литературе для заданных материалов в спектральном диапазоне тепловизора либо измеряют в натуральных или лабораторных условиях.

Поверхности ограждающих конструкций в период тепловизионных измерений не должны подвергаться дополнительному тепловому воздействию от биологических объектов, источников отопления и источников освещения.

4. Обработку термограмм проводят с использованием программного обеспечения фирмы-производителя тепловизионной техники.

Методы исследования. Методологической основой исследования служат фундаментальные положения теорий теплопередачи, теплового контроля и инфракрасной диагностики, методы качественного и количественного анализа термограмм (тепловых изображений).

Применяемые методы исследования и обработки полученных результатов базируются на действующих нормативных документах Российской Федерации (межгосударственные и национальные стандарты, своды правил и др.), федеральных законах, современных передовых научных работах и охраняемых документах (объектах интеллектуальной собственности) отечественных и зарубежных авторов, классических учебных и справочных материалах.

Обсуждение результатов. Проанализируем некоторые результаты теплового контроля светопрозрачных и нестепрозрачных ограждающих конструкций одного из объектов капитального строительства ЗАО «Вологодский Хлебокомбинат».

Тепловизионная диагностика и анализ ее результатов продиктованы необходимостью сокращения потребления энергетических ресурсов и экономией денежных средств ЗАО «Вологодский Хлебокомбинат».

На рис. 3 представлены некоторые результаты термографирования административно-производственного здания ЗАО «Вологодский Хлебокомбинат».

Тепловой контроль выполнялся в январе тепловизором марки Testo 875-2 с соблюдением всех норм и требований, предъявляемым к подобному рода обследованиям [4, 5, 9, 16, 18]. Тепловому контролю подвергались наружные поверхности ограждающих конструкций обследуемого объекта капитального строительства.

Напомним, что навесная вентилируемая фасадная система – это конструкция, состоящая из облицовочных материалов, которые крепятся на стальной оцинкованный, стальной нержавеющей или алюминиевый каркас к несущему слою стены или к монолитному перекрытию. По зазору между облицовкой и стеной свободно циркулирует воздух, который убирает конденсат и влагу с конструкций. Все элементы крепления навесной вентилируемой фасадной системы являются универсальными, что позволяет решать сложные архитектурные и конструкторские задачи – от классических до ультрасовременных.

Рис. 3. Результаты теплового контроля (термограммы) несветопрзрачных навесных вентилируемых фасадов со светопрозрачными ограждающими конструкциями в виде оконных систем с фотографическим подтверждением натурного внешнего обследования

Fig. 3. The results of thermal control (thermograms) of non-translucent hinged ventilated facades with translucent walling in the form of window systems with photographic confirmation of a full-scale external examination

Преимуществами таких систем являются: высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики; значительное сокращение затрат на отопление строительного объекта; устойчивость к атмосферным воздействиям; быстрый монтаж в любое время года и др. Недостатками таких систем являются: высокие требования к квалификации монтажников; несовершенство ряда существующих конструктивных решений для обеспечения пожарной безопасности; несоблюдение условий по коррозионной защите металлического каркаса; несоблюдение условий или отказ от защитных пленок в конструкции теплоизоляционного слоя, сказывается на экологичности системы и др.

Вывод. Результатом проведенного исследования являются следующие заключения:

1. Качественный анализ термограмм по результатам теплового контроля навесных вентилируемых фасадов ЗАО «Вологодский Хлебокомбинат» не выявил избыточных тепловых потерь строительной оболочкой. Данный факт свидетельствует о высоком качестве монтажных работ по устройству несветопрзрачной навесной вентилируемой фасадной системы и светопрозрачных ограждающих конструкций в виде оконных систем, а также других строительных конструкций, элементов, инженерных систем и установок.

2. В процессе теплового контроля и качественного анализа термограмм идентифицированы незначительные тепловые аномалии. Для устранения (ликвидации) локализованных зон с повышенными тепловыми потерями рекомендовано их утепление (герметизация) современными теплоизоляционными материалами [19].

3. Тепловизионная диагностика строительных объектов с различного рода навесными вентилируемыми фасадными системами (светопрозрачными и несветопрзрачными) позволяет выявить форму, размеры и точное местонахождение явных и скрытых дефектов; объяснить причины появления и выбрать рациональный способ устранения обнаруженных низко- и

высокотеплопроводных включений; вычислить теплотехнические характеристики материалов и изделий, из которых они изготовлены.

4. Предложенный графо-аналитический алгоритм комплексной диагностики теплотехнического состояния ограждающих конструкций строительных объектов по анализу термограмм является максимально полным среди известных аналогов и прототипов.

5. Тепловой контроль является одним из видов неразрушающего контроля [4, 5, 9, 20] и позволяет с высокой степенью технологичности и безопасности выполнять оценку и диагностику текущего состояния и потенциала энергосбережения различных объектов строительства, энергетики, транспорта, машиностроения. Активно применяется в военном деле, медицине, металлургии, электронике и некоторых других производственно-промышленных областях и сферах.

6. Практический опыт предыдущих обследований объектов капитального строительства и инженерных систем с применением законов и принципов теплового контроля подтвердил – тепловизионная диагностика является одним из наиболее прогрессивных и востребованных направлений качественной и количественной оценки функционирования различных объектов жилищного, коммунального, энергетического секторов страны.

7. Тепловизионная диагностика обеспечивает возможность безопасного мониторинга теплового состояния объектов контроля без вывода их из эксплуатации, прогнозирования и выявления дефектов на ранней стадии их развития, сокращение затрат на техническое обследование и т. д.

8. Тепловой контроль в очередной раз подтвердил свою практическую применимость для неразрушающего обследования строительных оболочек с подобного рода фасадными системами.

Библиографический список:

1. Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 г. № 899.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р. – М.: Правительство РФ. – 104 с.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ // Ведомости Федерального Собрания Российской Федерации. – М.: ООО «Рид Групп», 2012. – 80 с.
4. Будадин, О.Н. Тепловой контроль: учеб. пособие / О.Н. Будадин, В.П. Вавилов, Е.В. Абрамова. – М.: Издательский дом «СПЕКТР», 2013. – 176 с.
5. Вавилов, В.П. Тепловидение и тепловой контроль для инженеров. Изд. 1-е / В.П. Вавилов. – М.: Издательский дом «СПЕКТР», 2017. – 72 с.
6. Карпов, Д.Ф. Алгоритм комплексной диагностики технического состояния строительных конструкций по анализу термограмм / Д.Ф. Карпов // Строительные материалы и изделия. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 23-28.
7. Карпов, Д.Ф. Активный метод теплового контроля теплопроводности строительных материалов и изделий / Д.Ф. Карпов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 7. – С. 57-62.
8. Павлов, М.В. Качественно-количественный анализ тепловых изображений в строительной термографии / М.В. Павлов, Д.Ф. Карпов, В.А. Князев // Научный журнал «Вестник ВоГУ. Серия: Технические науки». – Вологда: ВоГУ. – 2019. – № 4 (6). – С. 79-82.
9. Сеницын, А.А. Основы тепловизионной диагностики теплопотребляющих объектов строительства: учеб. пособие / А.А. Сеницын, Д.Ф. Карпов, М.В. Павлов. – Вологда: ВоГУ, 2013. – 156 с.
10. Карпов, Д.Ф. Экспериментально-расчетное определение приведенного коэффициента теплопроводности фрагмента неоднородной ограждающей строительной конструкции из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе методом теплового неразрушающего контроля / Д.Ф. Карпов, М.В. Павлов, В.И. Игонин, А.А. Кочкин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3, Т. 1. – С. 351-358.
11. Пат. 2379668 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ теплового неразрушающего контроля рабочего тела / В.И. Игонин, Д.Ф. Карпов; заявитель и патентообладатель Вологодский государственный технический университет. – № 2008140634/28; заявл. 13.10.2008; опубл. 20.01.2010. – Б. и. – 2010. – № 2.
12. George S., Goravar S., Mishra D., Shyamsunder M.T., Sharma P., Padmashree G.K., Kumar P.S., Bremond P., Mukherjee K. Stress monitoring and analysis using lock-in thermography // Insight. 2010. V. 52. No. 9. Pp. 470-474.
13. Vijayraghavan G.K., Majumder M.C., Ramachandran K.P. NDTE using flash thermography: numerical modelling and analysis of delaminations in GRP pipes // Insight. 2010. V. 52. No. 9. Pp. 481-487.
14. Будадин, О.Н. Тепловой неразрушающий контроль зданий и строительных сооружений / О.Н. Будадин, Е.В. Абрамова, М.А. Родин, О.В. Лебедев // Дефектоскопия, 2003. – № 5. – С. 77-94.

15. ГОСТ Р 8.619-2006. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки. Утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24.07.2006 г. № 142-ст. – М.: Стандартинформ, 2006. – 19 с.
16. ПНСТ 57-2015. Контроль неразрушающий. Инфракрасная термография. Система и оборудование. Часть 1. Описание характеристик. Утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.11.2015 г. № 32-пнст. – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.
17. ГОСТ 34379-2018. Конструкции ограждающие светопрозрачные. Правила обследования технического состояния в натуральных условиях. – Введ. 01.10.2018. – Москва: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2018. – 41 с.
18. Cramer K., Winfree W., Hodges K., Koshti A., Ryan D., Reinhardt W. Status of Thermal NDT of Space Shuttle Materials at NASA // Proc. SPIE "Thermosense XXVIII". 2006. V. 6205. P. 6205 IB 1-9.
19. Карпов, Д.Ф. Тепловые методы и средства контроля теплопроводности термокраски / Д. Ф. Карпов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2019. – № 2. – С. 61-68
20. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 5: В 2 кн. Кн. 1: В.П. Вавилов. Тепловой контроль. Кн. 2: К.В. Подмастерьев, Ф.Р. Соснин, С.Ф. Корндорф [и др.]. Электрический контроль. 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 679 с.

References:

1. Ukaz Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 7 iyulya 2011 g. № 899. [Decree of the President of the Russian Federation of July 7, 2011 No. 899. (In Russ.)]
2. Energeticheskaya strategiya Rossii na period do 2030 goda: rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 13.11.2009 № 1715-r. – М.: Pravitel'stvo RF. – 104 s. [The energy strategy of Russia for the period until 2030: order of the Government of the Russian Federation of November 13, 2009 No. 1715-r. М.: Government of the Russian Federation. 104 p. (In Russ.)]
3. Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v ot-del'nyye zakonodatel'nyye akty Rossiyskoy Federatsii: Feder. zakon ot 23 noyabrya 2009 g. № 261-FZ // Ve-domosti Federal'nogo Sobraniya Rossiyskoy Federatsii. – М.: ООО «Рид Групп», 2012. – 80 s. [On energy conservation and on improving energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation: Feder. Law of November 23, 2009 No. 261-ФЗ // News of the Federal Assembly of the Russian Federation. - М.: Reed Group LLC, 2012. 80 p. (In Russ.)]
4. Budadin, O.N. Teplovoy kontrol': ucheb. posobiye / O.N. Budadin, V.P. Vavilov, Ye.V. Abramova. – М.: Izdatel'skiy dom «SPEKTR», 2013. – 176 s. [Budadin, O. N. Thermal control: textbook. allowance / O.N. Budadin, V.P. Vavilov, E.V. Abramova. - М.: Publishing House "SPECTRUM", 2013. 176 p. (In Russ.)]
5. Vavilov, V.P. Teplovideniye i teplovoy kontrol' dlya inzhenerov. Izd. 1-ye / V.P. Vavilov. – М.: Izdatel'skiy dom «SPEKTR», 2017. – 72 s. [Vavilov, V.P. Thermal imaging and thermal control for engineers. Ed. 1st / V.P. Vavilov. - М.: SPECTR Publishing House, 2017. 72 p. (In Russ.)]
6. Karpov, D.F. Algoritm kompleksnoy diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh kon-struktsiy po analizu termogramm / D.F. Karpov // Stroitel'nyye materialy i izdeliya. – 2019. – Т. 2. – № 2. – С. 23-28. [Karpov, D.F. Algorithm for complex diagnostics of the technical condition of building structures for the analysis of thermograms / D.F. Karpov // Building materials and products. 2019. Vol 2. No. 2. pp. 23-28. (In Russ.)]
7. Karpov, D.F. Aktivnyy metod teplovogo kontrolya teploprovodnosti stroitel'nykh materialov i izdeliy / D.F. Karpov // Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova. – 2019. – № 7. – С. 57-62. [Karpov, D.F. Active method of thermal control of thermal conductivity of building materials and products / D.F. Karpov // Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2019. No. 7. pp. 57-62. (In Russ.)]
8. Pavlov, M.V. Kachestvenno-kolichestvennyy analiz teplovykh izobrazheniy v stroitel'noy termo-grafii / M.V. Pavlov, D.F. Karpov, V.A. Knyazev // Nauchnyy zhurnal «Vestnik VoGU. Seriya: Tekhnicheskiye nauki». – Vologda: VoGU. – 2019. – № 4 (6). – С. 79-82. [Pavlov, M.V. Qualitative and quantitative analysis of thermal images in building thermography / M.V. Pavlov, D.F. Karpov, V.A. Knyazev // Scientific journal "Bulletin of the Voronezh State University. Series: Engineering." - Vologda: VoGU. 2019. No. 4 (6). p. 79-82. (In Russ.)]
9. Sinitsyn, A.A. Osnovy teplovizionnoy diagnostiki teplopotrebyayushchikh ob'yektov stroitel'stva: ucheb. posobiye / A.A. Sinitsyn, D.F. Karpov, M.V. Pavlov. – Vologda: VoGTU, 2013. – 156 s. [Sinitsyn, A.A. Fundamentals of thermal imaging diagnostics of heat-consuming construction objects: textbook. allowance / A.A. Sinitsyn, D.F. Karpov, M.V. Pavlov. - Vologda: VSTU, 2013. 156 p. (In Russ.)]
10. Karpov, D.F. Eksperimental'no-raschetnoye opredeleniye privedennogo koeffitsiyenta teplopro-vodnosti fragmenta neodnorodnoy ograzhdayushchey stroitel'noy konstruktsii iz silikatnogo kirpicha na tsementno-peschanom rastvore metodom teplovogo nerazrushayushchego kontrolya / D.F. Karpov, M.V. Pavlov, V.I. Igonin, A.A. Kochkin // Vestnik MGSU. – 2011. – № 3, Т. 1. – С. 351-358. [Karpov, D.F. Experimental and calculation determination of the reduced coefficient of thermal conductivity of a fragment of a heterogeneous building envelope made of silicate brick on a cement-sand mortar using the method of thermal non-destructive testing / D.F. Karpov, M.V. Pavlov, V.I. Igonin, A.A. Kochkin // Vestnik MGSU. p 2011. p No. 3, Vol. 1. p. 351-358.
11. Pat. 2379668 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G01N 25/18. Sposob teplovogo nerazrushayushchego kon-trolya rabochego tela / V.I. Igonin, D.F. Karpov; zayavitel' i patentoobladatel' Vologodskiy gosudarstvennyy tekhnicheskiiy

universitet. – № 2008140634/28; yayavl. 13.10.2008; opubl. 20.01.2010. – B. i. – 2010. – № 2. [Pat. 2379668 Russian Federation, IPC G01N 25/18. The method of thermal non-destructive testing of the working fluid / V.I. Igonin, D.F. Karpov; Applicant and patent holder Vologda State Technical University. - No. 2008140634/28; declared 10/13/2008; publ. 01/20/2010. B. and. 2010. No. 2. (In Russ.)]

12. George S., Goravar S., Mishra D., Shyamsunder M.T., Sharma P., Padmashree G.K., Kumar P.S., Bremond P., Mukherjee K. Stress monitoring and analysis using lock-in thermography // *Insight*. 2010. Vol. 52. No. 9. pp. 470-474.

13. Vijayraghavan G.K., Majumder M.C., Ramachandran K.P. NDTE using flash thermography: numerical modelling and analysis of delaminations in GRP pipes // *Insight*. 2010. Vol. 52. No. 9. pp. 481-487.

14. Budadin, O.N. Teplovoy nerazrushayushchiy kontrol' zdaniy i stroitel'nykh sooruzheniy / O.N. Bu-dadin, Ye.V. Abramova, M.A. Rodin, O.V. Lebedev // *Defektoskopiya*, 2003. – № 5. – S. 77-94. [Budadin, O.N. Thermal non-destructive testing of buildings and building structures / O.N. Bu-dadin, E.V. Abramova, M.A. Rodin, O.V. Lebedev // *Defectoscopy*, 2003. No. 5. pp. 77-94. (In Russ.)]

15. GOST R 8.619-2006. Pribory teplovizionnyye izmeritel'nyye. Metodika poverki. Utv. i vved. v deystviye Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 24.07.2006 g. № 142-st. – M.: Standartinform, 2006. – 19 s. [GOST R 8.619-2006. Thermal imaging devices. Verification technique. Approved and enter. in force by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of July 24, 2006 No. 142-Art. - M. : Standartinform, 2006. 19 p. (In Russ.)]

16. PNST 57-2015. Kontrol' nerazrushayushchiy. Infekrasnaya termografiya. Sistema i oborudovaniye. Chast' 1. Opisanie kharakteristik. Utv. i vved. v deystviye Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 20.11.2015 g. № 32-pnst. – M.: Standartinform, 2016. – 15 s. [PNST 57-2015. Non-destructive testing. Infrared thermography. System and equipment. Part 1. Description of characteristics. Approved and enter. in force by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of November 20, 2015 No. 32-PNST. M. : Standartinform, 2016. 15 p. (In Russ.)]

17. GOST 34379-2018. Konstruktsii ograzhdayushchiye svetoprozrachnyye. Pravila obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya v naturnykh usloviyakh. – Vved. 01.10.2018. – Moskva: FGUP «STANDARTINFORM», 2018. – 41 s. [GOST 34379-2018. Structures enclosing translucent. Rules for the examination of the technical condition in natural conditions. - Enter. 10/01/2018. - Moscow: FSUE STANDARTINFORM, 2018. 41 p. (In Russ.)]

18. Cramer K., Winfree W., Hodges K., Koshti A., Ryan D., Reinhardt W. Status of Thermal NDT of Space Shuttle Materials at NASA // *Proc. SPIE "Thermosense XXVIII"*. 2006. Vol. 6205. pp 6205 IB 1-9.

19. Karpov, D.F. Teplovyye metody i sredstva kontrolya teploprovodnosti termokraski / D. F. Kar-pov // *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*. – 2019. – № 2. – S. 61-68 [Karpov, D.F. Thermal Methods and Means of Thermal Conductivity Thermal Paint Control / D.F. V. G. Shukhov. 2019. No. 2. p. 61-68]

20. Nerazrushayushchiy kontrol': Spravochnik: V 8 t. / Pod obshch. red. V.V. Klyuyeva. T. 5: V 2 kn. Kn. 1: V.P. Vavilov. Teplovoy kontrol'. Kn. 2: K.V. Podmaster'yev, F.R. Sosnin, S.F. Korndorf [i dr.]. Elektri-cheskiy kontrol'. 2-ye izd., ispr. – M.: Mashinostroyeniye, 2006. – 679 s. [Non-destructive testing: Reference: In 8 t. / Under the total. ed. V.V. Klyueva. T. 5: In 2 book. Prince 1: V.P. Vavilov. Thermal control. Prince 2: K.V. Apprentices, F.R. Sosnin, S.F. Korndorf [et al.]. Electrical control. 2nd ed., Rev. - M.: Mechanical Engineering, 2006. 679 p. (In Russ.)]

Сведения об авторах:

Карпов Денис Федорович, старший преподаватель; e-mail: karpov_denis_85@mail.ru

Павлов Михаил Васильевич, кандидат технических наук, старший преподаватель; e-mail: pavlov_kaftgv@mail.ru

Синицын Антон Александрович, кандидат технических наук, доцент; e-mail: nee-energo@yandex.ru

Монаркин Николай Николаевич, старший преподаватель; e-mail: nikolay-monarkin@yandex.ru

Гудков Александр Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент; e-mail: web-medium@yandex.ru

Information about authors:

Denis. F. Karpov, Senior Lecturer; e-mail: karpov_denis_85@mail.ru

Mikhail V. Pavlov, Cand. Sci. (Technical), Senior Lecturer; e-mail: pavlov_kaftgv@mail.ru

Anton A. Sinitsyn, Cand. Sci. (Technical), Assoc.Prof.; e-mail: nee-energo@yandex.ru

Nikolay N. Monarkin, Senior Lecturer; e-mail: nikolay-monarkin@yandex.ru

Alexander G. Gudkov, Cand. Sci. (Technical), Assoc.Prof.; e-mail: web-medium@yandex.ru

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 25.01.2020.

Принята в печать 19.02.2020.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 25.01.2020.

Accepted for publication 19.02.2020.