

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-53-60

***Черныш А.С., Поляков А.И.**

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: geotex2005@mail.ru

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ПОДЛЕЖАЩЕЙ РЕНОВАЦИИ

Аннотация. Оценка физического износа зданий и сооружений является дорогостоящим, длительным и в какой-степени субъективным процессом. Процесс принятия решения о необходимости ремонта, реконструкции или сноса здания растянут во времени, иногда затягиваясь на годы. При этом состояние здания или сооружения может претерпеть значительные изменения, в связи с чем, оперативность информации принимает решающее значение. Авторами статьи предложена методика оценки физического износа зданий и сооружений по результатам тепловизионной съемки, которая позволяет достаточно точно указывать области теплопотерь. Ограждающие конструкции здания совмещают в себе несущие и теплозащитные функции. Наличие дефектов (трещин, сколов, замачивания) приводят к формированию мостиков потерь тепла, которые и проявляются на тепловизионной съемке. Производство работ производится как стационарными сканерами, так и с применением беспилотных летательных аппаратов. Тепловизионную съемку следует проводить в отопительный период. Важным представляется возможность получения информации о наличии повреждений в труднодоступной части зданий. При использовании стационарных сканеров возможна комбинированная оценка состояния сооружения, включающая геометрические параметры. Камеральная обработка результатов съемок производится на основании стандартных методик, закрепленных нормативными документами. Являясь составной частью комплекса инженерных изысканий, проводимых с целью определения физического износа зданий и сооружений, эта методика позволяет дополнить количественными данными общую ситуацию, анализируемую при составлении итогового заключения.

Ключевые слова: тепловизионное обследование, тепловое излучение конструкций, управление объектами, долговечность, управление жизненным циклом, устойчивость, неразрушающая оценка, беспилотная воздушная система, инфракрасная термография.

Введение. Текущую ситуацию на рынках жилой, коммерческой и промышленной недвижимости можно описать как условно стабильную. Так по данным Росстат во II квартале 2022 г. руководители 71 % строительных организаций оценили экономическую ситуацию в строительстве как «удовлетворительную», 14 % – как «неудовлетворительную» и 13 % – как «благоприятную». Однако наблюдаются разнохарактерные трудности при строительстве новых площадей. Связано это в первую очередь с нехваткой ресурсов. Основными факторами, сдерживающими деятельность строительных организаций, являются: «высокая стоимость материалов, конструкций, изделий» (56 %), «недостаток квалифицированных рабочих» (21 %), «недостаток финансирования» (18 %), «недостаток заказов на работы» (17 %), «неплатежеспособность заказчиков» (15 %) (значения даны в процентном соотношении от общего числа респондентов) [1].

Финансирование многих строительных площадок было заморожено в период коронавирусных ограничений, а после их снятия, когда темпы строительства начали показывать положительную динамику, последовала новая экономическая угроза, связанная с введенными со стороны западных стран ограничениями. Помимо этого, в

густонаселенных районах России хорошо ощущается нехватка земельных ресурсов ввиду плотной застройки. А накладываемые нормативными документами требования техногенной и экологической безопасности существенно увеличивают требуемую площадь застройки. На ряду с этим возникает необходимость ввода в эксплуатацию заброшенной или законсервированной недвижимости, период невостребованности которой может составлять десятки лет [2].

Приведенные факторы говорят о том, что начало нового капитального строительства, будь оно жилое или промышленное, слишком дорого обходится компаниям застройщикам и государству. Поэтому целесообразнее использовать уже имеющуюся недвижимость, проведя соответствующие изыскания для определения степени её физического износа. Для жилого фонда это позволит предотвратить разной степени аварии и улучшить качество жизни жильцов, выполнив своевременный ремонт и модернизацию [3, 4, 5]. В свою очередь промышленные комплексы таким образом смогут закрыть вопрос о степени износа помещений при работающем оборудовании, предотвратить техногенные и экологические аварии с их стороны, а также определить возможность модернизации производства с минимальными издержками.

Исходя из этого авторами предложена методика оценки физического износа зданий по результатам тепловизионной съемки. Однако не стоит рассматривать её отдельно от комплекса инженерных изысканий, проводимых при обследовании зданий и сооружений. Предложенный алгоритм позволит получить количественные данные для формирования детальной картины, анализируемой при составлении итогового заключения.

Материалы и методы. В настоящее время ситуация в сфере нормативного регулирования и методического обеспечения оценки физического износа зданий и сооружений складывается таким образом, что отсутствует единый подход к обследованию. А предлагаемая методика не описывалась ранее.

Основными руководящими документами при обследовании технического состояния выступают межгосударственные и национальные стандарты, закрепляющие основные термины и определения (ГОСТ 20911-89), правила обследования и мониторинга технического состояния зданий и сооружений (ГОСТ 31937-2011, ГОСТ Р 54523-2011). Тепловизионная съемка в комплексе изысканий для определения технического состояния зданий и сооружений, как правило, применяется при оценке теплоизоляции ограждающих конструкций (ГОСТ Р 54852–2021).

На ряду с ГОСТ немаловажную роль играют строительные нормы Госгражданстроа (ВСН 53-86(р)) [6], дающие более развернутый ответ на вопросы о методике проведения обследования при технической инвентаризации, планировании и проектировании капитального ремонта жилищного фонда независимо от его ведомственной принадлежности. Однако они не распространяются на оценку физического износа зданий, пострадавших в результате стихийных бедствий. Наравне с этим применяются еще одни нормы, разработанные Госкомархитектуры (ВСН 57-88(р)), регламентируемые виды, объем, порядок организации и выполнения работ по техническому обследованию жилых зданий высотой до 25 этажей включительно независимо от их ведомственной принадлежности.

Для особо ответственных промышленных сооружений, требующих однозначной качественной оценки, разработан ряд руководящих документов, содержащих методические указания по обследованию [7, 8]. Помимо этого, обследование таких объектов регламентируется федеральными законами [9].

Комплекс инженерных изысканий для оценки физического износа зданий и сооружений направлен на определение степени утраты первоначальных технико-эксплуатационных качеств

(прочности, устойчивости, надежности и др.) в результате воздействия природно-климатических факторов и жизнедеятельности человека. Включает в себя следующие мероприятия: предварительное обследование, детальное инструментальное обследование, определение физико-технических характеристик в лабораторных условиях, обобщение результатов обследования (составление отчета) [10]. Узкими местами является наличие труднодоступных зон для визуального и инструментального обследования. Наличие таких мест, особенно при работе с многоэтажными жилыми зданиями, может составлять до 50 % и более объема здания. Этот факт значительно снижает качество и объективность оценки состояния зданий, поскольку необходимы замеры площадей, характеристика и описание повреждений. Эти виды работ затруднены из-за ограничения доступа в жилые помещения, наличия различных видов наружной и внутренней отделки.

Как известно основными видами деформаций зданий и сооружений является прогиб, выгиб, перекос, кручение и крен [11]. Причинами деформаций в основном становятся неравномерные осадки основания. Последствия данных видов деформаций проявляется в образовании трещин в несущих конструкциях и отклонении геометрических параметров здания или сооружения [12]. В свою очередь отклонение геометрических параметров приводит к изменению плотности ограждающих конструкций, что проявляется на тепловизионной съемке. Для фиксации излученной съемку следует проводить в период отопления. Логично предположить, чем меньше плотность ограждающей конструкции, тем выше интенсивность излучения. Для установления видов деформации проводится тепловизионное сканирование при помощи сканера с тепловизором, при этом, можно фиксировать не только области теплопотерь, но и геометрические параметры зданий. Анализ геометрических параметров позволяет дополнить результаты тепловизионной съемки. При оценке технического состояния крыш и кровли применяются беспилотные летательные аппараты, оснащенные тепловизионной камерой [13].

Основная часть. Процесс проведения обследования зданий и сооружений по предлагаемой методике стоит из трех этапов: подготовительные работы, полевые работы и интерпретации результатов тепловизионной съемки.

На этапе подготовительных работ выполняется определение возможности проведения изысканий и наиболее благоприятного времени для полевых работ. Возможность выполнения обследова-

дования зависит от разницы внутренней и наружной температур воздуха. Для этого вычисляют минимальный требуемый перепад температур, зависящий от характеристик используемого оборудования и теплотехнических показателей ограждающей конструкции.

Минимальный перепад температуры внешнего и внутреннего воздуха определяется для того, чтобы тепловизионное оборудование с заданной теплоточувствительностью могло отразить проходящее через ограждающие конструкции излучение. Вычисляется по формуле:

$$\Delta t_{min} = 2\sigma R_o^{np} \frac{\alpha-r}{1-r} \quad (1)$$

где σ – заданная чувствительность тепловизионного оборудования, °C;

R_o^{np} – проектное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$;

α – коэффициент теплоотдачи конструкции, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ принимаемый для кровель равным 23; для фасадов 11, 20 и 30 для скорости ветра 1, 3 и 6 м/с соответственно;

r – относительное сопротивление теплоотдаче дефекта, определяемое как отношение требуемого нормативно-технической документацией сопротивления теплопередаче $R_o^{нмд}$ к проектному значению R_o^{np} (но не более 0,85):

$$r = \frac{R_o^{нмд}}{R_o^{np}} \quad (2)$$

Если рассчитанное по формуле (1) значение соответствует погодным условиям на день проведения обследования, то вычисляется минимальное расстояние от тепловизионного оборудования до обследуемой ограждающей конструкции. При обследовании кровель с применением БПЛА оснащенных тепловизором это значение принимается как минимальная высота полета над конструкцией и рассчитывается по формуле:

$$H \leq \frac{\Delta s N_c}{10\gamma} \quad (3)$$

где γ – поле обзора тепловизора, рад,

Δs – линейный размер определяемого дефекта:

– для наружной поверхности 0,2...1 м;

– для внутренней поверхности 0,01...0,2 м;

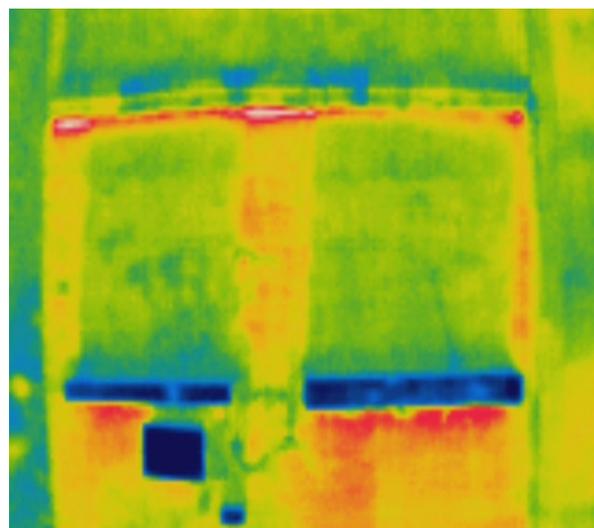
N_c – высота матрицы тепловизионного оборудования, пкс.

При проведении полевых работ результатом является набор снимков. В зависимости от возможностей тепловизионного оборудования могут быть получены только тепловизионные снимки или пары снимков тепловизионный и соответствующий ему естественный (рис. 1).

Естественные изображения в дальнейшем можно использовать для визуальной оценки состояния ограждающих конструкций [14], выполнив их дешифрирование в ручном или автоматическом режиме [15], определяется тип дефектов, их площадь и процентное соотношение поврежденной поверхности к общей площади обследуемой.



а



б

Рис. 1. Исходный комплект фотографий, получаемый при выполнении полевых работ:
а) натуральное изображение, б) тепловизионное изображение

Описываемая методика разрабатывается с учетом принятого алгоритма изыскательского производства. Это делается для того, чтобы без особых издержек применять её в практических

целях. Поэтому количественная оценка результатов адаптирована под действующие строительные нормы обследования и выполняется по известной формуле из ВСН 53-86(р):

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \frac{P_i}{P_k} \quad (4)$$

где Φ_i – физический износ участка ограждающей конструкции, %;

P_i – площадь участка, определенного как поврежденный, м²;

P_k – площадь ограждающей конструкции, для которой выполняется оценка, м².

В приведенной формуле за физический износ участка ограждающей конструкции принимается уровень теплопотерь, который ранжируется по интенсивности. Затем составляется шкала для каждого вида ограждающей конструкции, по которой в дальнейшем и определяют уровень физического износа участка.

Рассчитанные по формуле 4 значения используются для оценки общего физического износа здания или сооружения:

$$\Phi_z = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_k \cdot l_i \quad (5)$$

где Φ_k – физический износ отдельной конструкции, элемента или системы, %;

l_i – коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания, принимаемый в соответствии с рекомендациями ВСН 53-86(р).

Рассмотрим предлагаемую методику на примере – материалах тепловизионного обследования кровли жилого пятиэтажного здания.

Для анализа из массива изображений кровельного полотна была отобрана пара снимков (Рис. 1), имеющего видимые дефекты и тепловые потери. Натурными измерениями была определена площадь поверхности изображенной на снимках $P_k = 169,3$ м² и выполнено дешифрирование тепловизионного снимка по интенсивности излучения (Рис. 2). На этапе полевых работ, при съемке кровельного покрытия был выставлен диапазон фиксируемого излучения в пределах от температуры наружного воздуха до температуры внутреннего. Это позволило наилучшим образом распределить интенсивность выделяемого излучения.

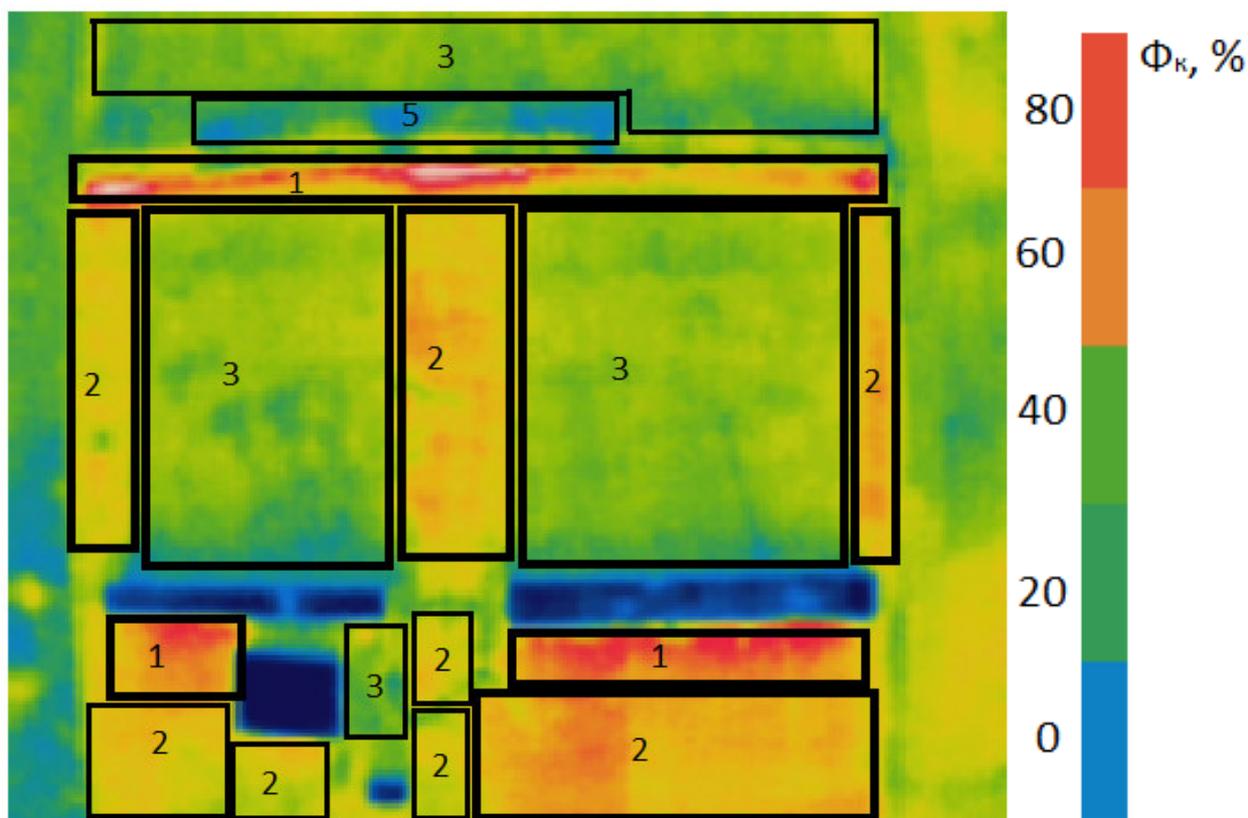


Рис. 2 Дешифрированное тепловизионное изображение

В ходе дешифрирования было выделено 5 наиболее характерных категорий физического износа кровельного покрытия в диапазоне от 0 до 80 %. По результатам камеральной обработки определены площади поврежденных участков, результаты представлены в таблице 1.

Суммировав значения Φ_{k_i} из таблицы 1 получим общий физический износ обследуемого элемента $\Phi_k = 48,35$ %. Затем при наличии других обследуемых элементов, по формуле 5 вычисляется общий износ ограждающих конструкций здания или сооружения.

Таблица 1

**Результаты камеральной обработки тепловизионного снимка кровельного покрытия
пятиэтажного жилого дома**

№, п.п.	$P_i, \text{м}^2$	$\Phi_i, \%$	$\Phi_{\kappa_i} = \Phi_i \frac{P_i}{P_{\kappa}}, \%$
1	19,5	40	4,61
2	11,2	80	5,29
3	6,6	60	2,34
4	25,9	40	6,12
5	11,1	60	3,93
6	35,0	40	8,27
7	4,5	60	1,59
8	7,7	80	3,64
9	4,7	60	1,67
10	2,2	60	0,78
11	1,9	40	0,45
12	1,5	60	0,53
13	1,8	60	0,64
14	6,2	80	2,93
15	15,7	60	5,56

Выводы. Описанная в строительной сфере ситуация ведет к росту спроса на услуги по определению физического износа зданий и сооружений. Помимо этого, предъявляются требования безопасности к обследованию промышленных и гражданских сооружений. В первую очередь они регламентируются федеральными законами и национальными стандартами.

Изложенная в статье методика с опорой на действующую нормативно-техническую документацию позволяет получить данные о физическом износе как отдельной ограждающей конструкции, так и их совокупностей, с учетом коэффициентов восстановительной стоимости. Помимо этого, она позволяет выполнить первичное обследование без проведения дорогостоящей оценки каждой строительной конструкции. Исходя из первичных результатов можно сделать вывод о целесообразности выполнения полного обследования. Также может применяться отдельно от комплекса инженерных изысканий в том случае, если требуется оценка только лишь ограждающих конструкций.

Предлагаемую методику можно отнести к этапу детального инструментального обследования и требующую детального научно-теоретического и опытного исследования в комплексе с уже применяемыми методами.

Источник финансирования: работа выполнена в рамках федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральная служба государственной статистики «О деловой активности в строительстве во II квартале 2022 года». URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/del-akt_2k-2022.pdf
2. Воронов А.А., Попов Б.А. Комплексный геотехнический мониторинг зданий и сооружений воронежской атомной станции теплоснабжения (ВАСТ) // Студент и наука. 2018. №4 (7). С. 14–20
3. Akcamete A., Akinci B., Garrett J.H. Potential utilization of building information models for planning maintenance activities // Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. 2010. Pp. 151–157. <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/icccbep/ceedings/pdf/pf76.pdf>
4. Barone G., Frangopol D.M. Life-cycle maintenance of deteriorating structures by multi-objective optimization involving reliability, risk, availability, hazard and cost // Struct. Saf. 2014. Vol. 48. Pp. 40–50. doi:10.1016/j.strusafe.2014.02.002
5. Wu J., Lepech M.D. Incorporating multi-physics deterioration analysis in building information modeling for life-cycle management of durability performance // Automation in Construction. 2020. Vol. 110. 103004. doi:10.1016/j.autcon.2019.103004
6. Гроздов В.Т. Дефекты строительных конструкций и их последствия; изд. 3-е. СПб.: ВИТУ, 2005. 136 с.

7. РД 03-610-03 Методические указания по обследованию дымовых и вентиляционных промышленных труб. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294816/4294816742.htm>

8. РД 10-138-97. Методические указания. Комплексное обследование крановых путей грузоподъемных машин. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294851/4294851398.pdf>

9. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102048376>

10. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ». 1997. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/5/5295/>

11. Гроздов В.Т. Признаки аварийного состояния несущих конструкций зданий и сооружений. СПб.: ВИТУ. 2000. 43 с.

12. Eberechi Ichi, Sattar Dorafshan, Effectiveness of infrared thermography for delamination detection in reinforced concrete bridge decks // Automation in Construction. 2022. Vol. 142. 104523. doi: 10.1016/j.autcon.2022.104523.

13. D'Accardi E., Palumbo D., Tamborrino R., Galiotti U., Quantitative analysis of thermographic data through different algorithms // Procedia Structural Integrity. 2018. Vol. 8. Pp 354–367. doi:10.1016/j.prostr.2017.12.036.

14. Garrido I., Lagüela S., Sfarra S., Madruga F.J., Arias P. Automatic detection of moistures in different construction materials from thermographic images // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2019. Vol. 138 (2). Pp. 1649–1668. doi: 10.1007/s10973-019-08264-y

15. Yudin D.A., Adeshkin V., Dolzhenko, A.V., Polyakov A., Naumov A.E. Roof Defect Segmentation on Aerial Images Using Neural Networks // Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research IV. NEUROINFORMATICS 2020. Studies in Computational Intelligence. 2021. Vol 925. doi:10.1007/978-3-030-60577-3_20

Информация об авторах

Черныш Александр Сергеевич, кандидат технических наук, заведующий кафедры городского кадастра и инженерных изысканий. E-mail: geotex2005@mail.ru Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поляков Александр Иванович, инженер кафедры городского кадастра и инженерных изысканий. E-mail: alex-pol12@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 28.10.2022 г.

© Черныш А.С., Поляков А.И., 2023

**Chernysh A.S., Polyakov A.I.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: geotex2005@mail.ru*

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE CONDITION OF ENCLOSING STRUCTURES OF BUILDINGS ON THE TERRITORY OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT SUBJECT TO RENOVATION

Abstract. *The assessment of the physical deterioration of buildings and structures is an expensive, lengthy and to some extent subjective process. The process of making a decision on the need for repair, reconstruction or demolition of a building is stretched over time, sometimes dragging on for years. At the same time, the condition of a building or structure may undergo significant changes, and therefore, the efficiency of information is crucial. The authors of the article propose a method for assessing the physical wear of buildings and structures based on the results of thermal imaging, which allows you to accurately indicate the areas of heat loss. The building's enclosing structures combine load-bearing and heat-protective functions. The presence of defects (cracks, chips, soaking) lead to the formation of heat loss bridges, which are manifested in thermal imaging. The work is carried out both with stationary scanners and with the use of unmanned aerial vehicles. Thermal imaging should be carried out during the heating period. It is important to be able to obtain information about the presence of damage in a hard-to-reach part of buildings. When using stationary scanners, a combined assessment of the condition of the structure, including geometric parameters, is possible. The cam-*

era processing of the survey results is carried out on the basis of standard methods fixed by regulatory documents. Being an integral part of a complex of engineering surveys conducted to determine the physical wear of buildings and structures, this technique allows you to supplement the general situation analyzed when drawing up the final conclusion with quantitative data.

Keywords: thermal imaging examination, thermal radiation of structures, facility management, durability, life-cycle management, sustainability, non-destructive evaluation, unmanned aerial system, infrared thermography

REFERENCES

1. Federal State Statistics Service "On BUSINESS Activity in Construction in the second quarter of 2022". [Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki «O delovoj aktivnosti v stroitel'stve vo II kvartale 2022 goda. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/del-akt_2k-2022.pdf (rus)
2. Voronov A.A., Popov B.A. Integrated geotechnical monitoring of buildings and structures of the Voronezh nuclear power plant of heat supply (VAST) [Kompleksnyj geotekhnicheskij monitoring zdaniy i sooruzhenij voronezhskoj atomnoj stancii teplosnabzheniya (VAST)]. Student and science. 2018. No. 4 (7). Pp. 14–20 (rus)
3. Akcamete A., Akinci B., Garrett J.H. Potential utilization of building information models for planning maintenance activities. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. 2010. Pp. 151–157 URL: <http://www.engineering.nottingham.ac.uk/iccbe/proceedings/pdf/pf76.pdf>
4. Barone G., Frangopol D.M. Life-cycle maintenance of deteriorating structures by multi-objective optimization involving reliability, risk, availability, hazard and cost. Struct. Saf. 2014. Vol. 48. Pp. 40–50. doi:10.1016/j.strusafe.2014.02.002
5. Wu J., Lepech M.D. Incorporating multi-physics deterioration analysis in building information modeling for life-cycle management of durability performance. Automation in Construction. 2020. Vol. 110. 103004. doi:10.1016/j.autcon.2019.103004
6. Grozdov V.T. Defects of building structures and their consequences [Defekty stroitel'nyh konstrukcij i ih posledstviya]. ed. 3-e. SPb.: VITU, 2005. 136 p. (rus)
7. GD 03-610-03 Guidelines for the inspection of smoke and ventilation industrial pipes [Metodicheskie ukazaniya po obsledovaniyu dymovyh i ventilyacionnyh promyshlennyh trub]. [Electronic resource]. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294816/4294816742.htm>. (rus)
8. GD 10-138-97. Methodical instructions. Comprehensive inspection of crane tracks of lifting machines [Metodicheskie ukazaniya. Kompleksnoe obsledovanie kranovyh putej gruzopod'emnyh mashin]. URL: <http://gostrf.com/normadata/1/4294851/4294851398.pdf>. (rus)
9. Federal law No. 116-fz of 21.07.1997 "On industrial safety of hazardous production facilities". [Federal'nyj zakon ot 21.07.1997 N 116-FZ "O promyshlennoj bezopasnosti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov"]. (rus)
10. Manual on the survey of building structures of buildings Moscow. JSC "TSNIIPROMZDANIY". 1997 URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/5/5295/> (rus)
11. Grozdov, V. T. Signs of an emergency condition of load-bearing structures of buildings and structures [Priznaki avarijnogo sostoyaniya nesushchih konstrukcij zdaniy i sooruzhenij] St. Petersburg: VITU, 2000. 43 p. (rus)
12. Eberchi Ichi, Sattar Dorafshan, Effectiveness of infrared thermography for delamination detection in reinforced concrete bridge decks. Automation in Construction. 2022. Vol. 142. 104523. doi:10.1016/j.autcon.2022.104523.
13. D'Accardi E., Palumbo D., Tamborrino R., Galiotti U., Quantitative analysis of thermographic data through different algorithms. Procedia Structural Integrity. 2018. Vol. 8. Pp. 354–367. doi:10.1016/j.prostr.2017.12.036.
14. Garrido I., Lagüela S., Sfarra S., Madruga F.J., Arias P. Automatic detection of moistures in different construction materials from thermographic images. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2019. Vol. 138 (2). Pp. 1649–1668. doi: 10.1007/s10973-019-08264-y
15. Yudin D.A., Adeshkin V., Dolzhenko, A.V., Polyakov A., Naumov A.E. Roof Defect Segmentation on Aerial Images Using Neural Networks. Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research IV. NEUROINFORMATICS 2020. Studies in Computational Intelligence. 2021. Vol 925. doi:10.1007/978-3-030-60577-3_20

Information about the author

Chernysh, Alexander S. Assistant Professor, Head of the Department of Urban Cadastre and Engineering research. E-mail: geotex2005@mail.ru Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia

Polyakov, Alexander I. Engineer. E-mail: alex-pol12@yandex.ru . Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia.

Received 28.10.2022

Для цитирования:

Черныш А.С., Поляков А.И. Методика оценки состояния ограждающих конструкций зданий на территории жилой застройки подлежащей реновации // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2023. № 1. С. 53–60. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-53-60

For citation:

Chernysh A.S., Polyakov A.I. Methodology for assessing the condition of enclosing structures of buildings on the territory of residential development subject to renovation. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2023. No. 1. Pp. 53–60. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-8-1-53-60