

# СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

## *Строительные конструкции, здания и сооружения*

УДК 69.697



*Е.А. Заваркина*

*Петрозаводский государственный университет*

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ХРАМОВЫХ ЗДАНИЙ НА ПРИМЕРЕ СОБОРА АЛЕКСАНДРА НЕВСКОГО В Г. ПЕТРОЗАВОДСКЕ**

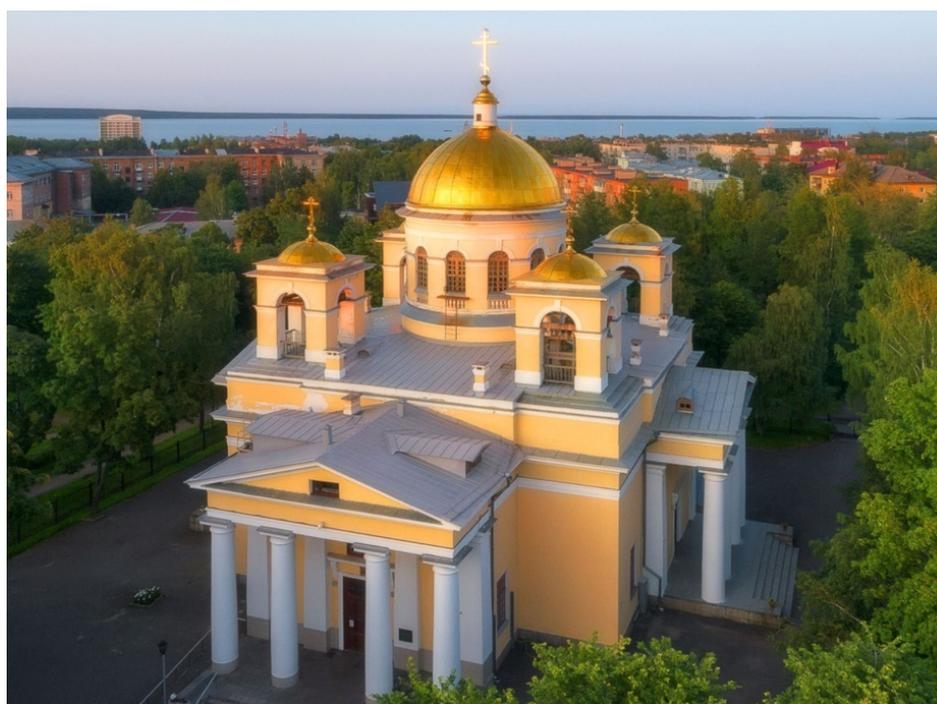
Проведено комплексное энергетическое обследование технического состояния здания и инженерных систем собора Александра Невского в г. Петрозаводске. В частности: систем освещения, отопления и вентиляции. Выполнено тепловизионное обследование, проведены замеры и выполнен расчет соответствия параметров существующей системы вентиляции требованиям нормативных документов. В ходе работы проанализированы инженерные решения и выработаны рекомендации по повышению эффективности эксплуатации инженерных систем здания с учетом особенностей его назначения.

Здание, собор, инженерные системы, мероприятия, эффективность, энергосбережение, тепловизионная и фотографическая съемка.

Объектом обследования является кафедральный собор Александра Невского, построенный в 1826–1832 гг., расположенный в г. Петрозаводске Республики Карелии, на проспекте Александра Невского (61°47'46" с. ш., 34°20'57" в. д.).

Храм каменный, состоит из четырехстолпного храмового объема кубической формы, трех портиков и алтарной апсиды. Покрыт четырехскатной вальмовой стропильной крышей, завершается в виде пяти-

главья: в центре расположен массивный, круглый в плане, световой барабан с полуциркульным куполом, на углах – четыре квадратные в плане звонницы под плоскими восьмигранными куполами. Стены снаружи гладко оштукатурены, разделены горизонтальными штукатурными тягами. Арочные проемы звонниц и окон барабана оформлены штукатурными наличниками с замковыми камнями.



*Рис. 1. Кафедральный собор Александра Невского*

Западный притвор разделен на 3 этажа и имеет лестницу на звонницу, алтарная пристройка имеет 2 этажа. Габариты в плане – 42,4 × 38,4 м. Площадь пола храма равна 326,4 м<sup>2</sup>. В нижней части здания – 4 окна, в барабане купола – 12, все окна имеют одинаковую площадь – 4,876 м<sup>2</sup>. Отношение суммарной площади световых проемов к площади пола храма – 23,9 %, что соответствует рекомендациям к проектированию. Одновременно в храме могут находиться до 250 прихожан.

#### Цели и задачи обследования

Цели работы заключаются в оценке соответствия существующих энергетических показателей храма нормативным требованиям и выработке рекомендаций по повышению эффективности эксплуатации инженерных систем здания.

Основные задачи:

1. Провести обследование внешнего и внутреннего состояния здания собора, в т. ч. сделать термограммы, по которым определить проблемные зоны конструкции здания, выработать рекомендации по устранению недостатков.

2. Провести анализ состояния внутреннего освещения здания и выработать рекомендации по оптимизации систем освещения.

3. Провести обследования инженерных систем собора, в т. ч. систем вентиляции, систем отопления (СО), включая тепловой пункт (ИТП). Выработать предложения по модернизации инженерных систем и повышению эффективности их эксплуатации.

#### Обследование внешнего и внутреннего технического состояния здания собора

Тепловизионная съемка проводилась в феврале 2023 года, при отрицательных наружных температурах, отсутствии осадков и сильного ветра, работающей системе отопления.

Тепловизионная съемка проводилась тепловизором FLUKE Ti400. Технические параметры теплови-

зора отвечают требованиям п. 5.1 ГОСТ Р 54852-2021 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций» [1]. Измерения проводились в соответствии с МДС 23-1.2007 «Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники» [2].

В результате обследования установлено, что температурное поле на поверхности как наружных стен, так и внутренних (ограждающих конструкций) имеет равномерный характер. Однако определены и зарегистрированы конструктивные тепловые аномалии в виде локальных участков промерзаний основания здания, в частности по угловым сопряжениям фундамента в местах примыканий несущих ограждений к грунту (рис. 2).

Также определены локальные инфильтрации наружного воздуха через устройства дверных и оконных блоков (рис. 3, 4).

Наибольшие теплопотери выявлены через проем входной двери главного входа (рис. 4).

Для устранения выявленных дефектов предлагается:

- установить на входе тепловую завесу для снижения инфильтрации наружного воздуха при открытии двери;

- оборудовать вентиляционные отверстия у радиаторов, установленных у главного входа, для создания обогреваемого воздушного притока.

Внутри храма значимых теплопотерь не выявлено, поскольку имеется чердачное помещение, которое снижает теплопотери.

Незначительные перепады температуры (3,5 °С) выявлены в районе стыков арки и стены над входом (рис. 5).



Рис. 2. Локальные зоны утечки тепла из подвального помещения

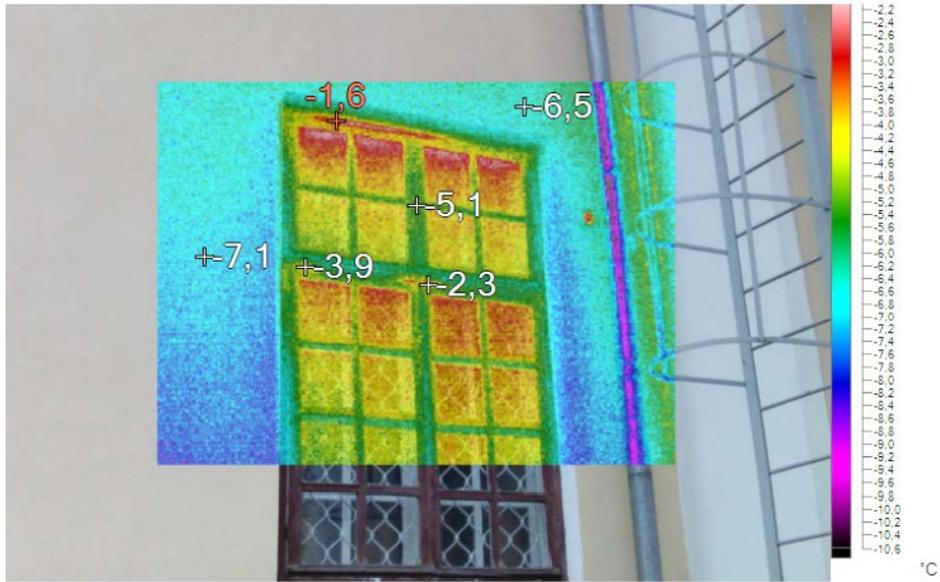


Рис. 3. Инфильтрация через оконный блок

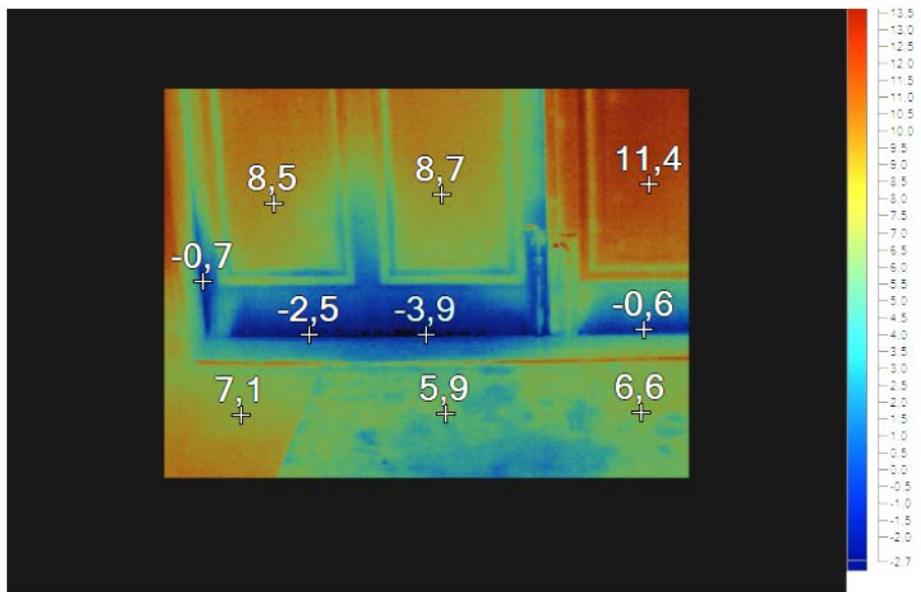


Рис. 4. Инфильтрация через входную дверь

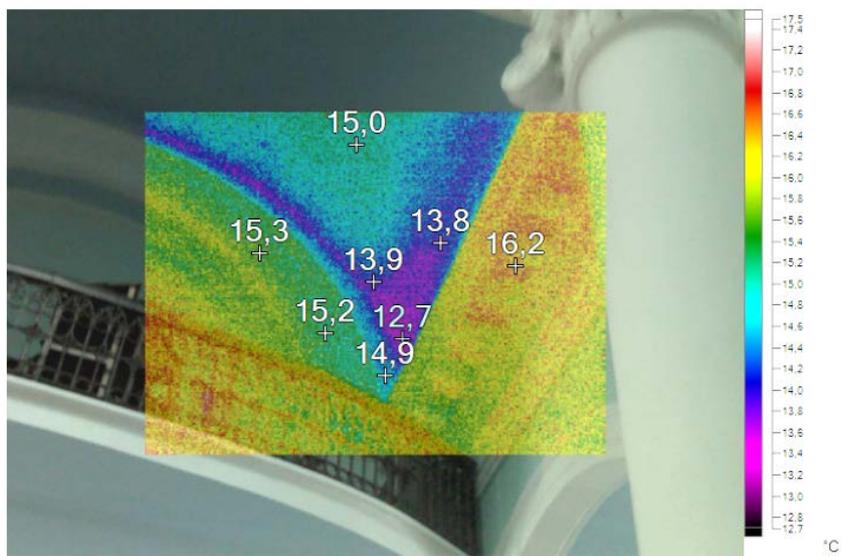


Рис. 5. Термограмма внутреннего помещения храма

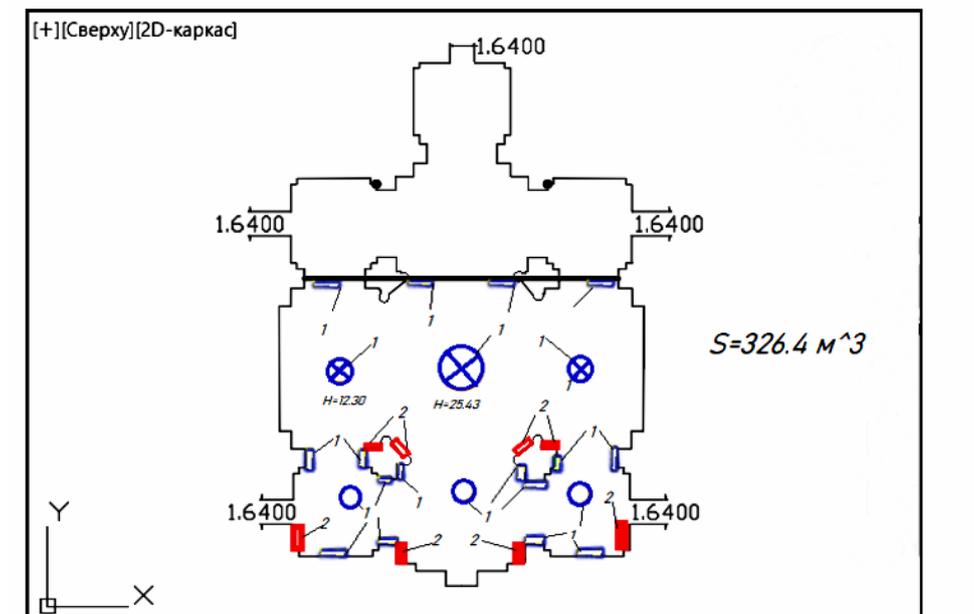


Рис. 6. Освещение притвора и центральной части храма  
(1 – светильники с 3 лампами GLDEN-CF-15-230-E14-4500,  
2 – прожекторы светодиодные Novotech Armin 20W)

#### Анализ состояния внутреннего освещения храма

В дополнение к естественному освещению, которое обеспечивают окна в нижней части здания и в барабане купола, в темное время суток внутри здания используется электрическое освещение от светильников, подсвечивающих купол храма, – 8 настенных прожекторов и центральной люстры (рис. 6).

Прожекторы создают на площади притвора и средней части храма световой поток равный 54 Лк, что соответствует требованиям СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение» [3].

С целью снижения затрат рекомендуется постепенно заменить обычные LED-лампочки на лампочки с зеркальным отражателем (типа Qualight G45).

*Обследования инженерных систем собора, в т. ч. систем вентиляции, систем отопления (СО), включая тепловой пункт (ИТП)*

Стандарт АВОК-2-2004 «Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха» [4] и СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [5] устанавливают допустимый диапазон температур, влажности и подвижности воздуха в зависимости от времени года и зоны храмового помещения.

Для проверки соответствия параметров температуры, влажности и воздухообмена в храме требованиям стандартов:

- проведены обследования существующей системы отопления и вентиляции;

- определен тепловлажностный режим храма (с учетом максимального и минимального количества прихожан), в т. ч. определены тепло- и влаговыделения от прихожан, определены тепловыделения от искусственного освещения и лампад, определена величина CO<sub>2</sub>, выделяющегося при сжигании свечей, определена величина влаговыделений при горении

свечей, определена величина теплоступлений от солнечной радиации;

- проведен расчет воздухообмена в центральном помещении храма, в т. ч. расчет воздухообмена на ассимиляцию тепло- и влагоизбытков, расчет воздухообмена по CO<sub>2</sub>, расчет воздухообмена по санитарной норме.

В результате обследования было установлено:

1. Действующая система отопления.

Источник теплоснабжения Петрозаводская ТЭЦ ПАО «ТГК-1». Параметры теплоносителя на вводе тепловой сети 150–70 °С (срезка 125 °С). Параметры теплоносителя в системе отопления – вода 95–70 °С, в целом обеспечивает необходимый температурный режим.

Однако существующая система отопления и тепловой пункт (ИТП) нуждаются в реконструкции и модернизации с применением современного энергоэффективного оборудования с автоматическим погодозависимым управлением, а именно в:

- установке сдвоенного насоса смешения на обратном трубопроводе,
- установке регулирующего клапана на подающем трубопроводе,
- установке датчика температуры на трубопроводе системы отопления;
- установке датчика температуры наружного воздуха;
- установке автоматического контроллера и щита управления.

2. Система вентиляции и воздухообмена.

Фактический расход воздуха составляет  $L = 11\,080,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что удовлетворяет санитарным нормам ( $L_{\text{сн}} = 5200 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и нормам рассчитанным по CO<sub>2</sub> – ( $L_{\text{CO}_2} = 6099,06 \text{ м}^3/\text{ч}$ ), но не удовлетворяет требованию по расчетному расходу воздуха при макси-

мальном количестве прихожан в храме ( $L_{\text{расч}} = 14\,545,39 \text{ м}^3/\text{ч}$ ).

Необходима реконструкция системы вентиляции, обеспечивающая воздухообмен на расчетный расход воздуха при максимальном количестве прихожан в храме. Расчет показал, что для этого необходима дополнительная установка шести вентиляционных решеток размером  $200 \times 300 \text{ мм}$ , расположенных над или под действующими вентиляционными отверстиями.

Вытяжные отверстия, расположенные в барабане, предлагается оснастить заслонками с электроприводами дистанционного управления и «незадуваемыми» козырьками или аэрационными устройствами.

3. Устранение высокой влажности под куполом и предотвращение выпадения конденсата.

Тепловизионные съемки (при минимальном и максимальном количестве прихожан) не обнаружили выпадений конденсата на своде храма (рис. 7), т. к. температура свода превышала точку росы (при параметрах воздушной среды на момент измерений).

Однако при неблагоприятных изменениях параметров влажности и температуры как внутри храма, так и снаружи выпадение конденсата происходит (рис. 8).

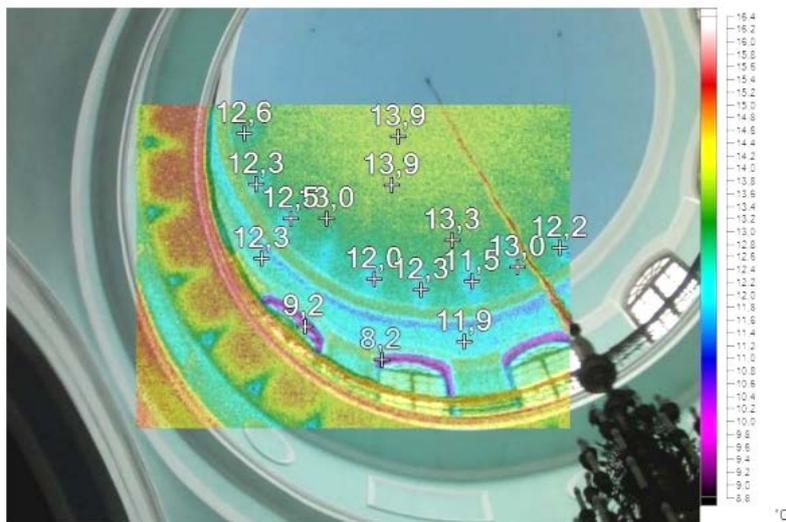


Рис. 7. Тепловизионная съемка при максимальном количестве прихожан ( $T_{\text{min}} \text{ свода} = 11,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{точка росы}} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$ )

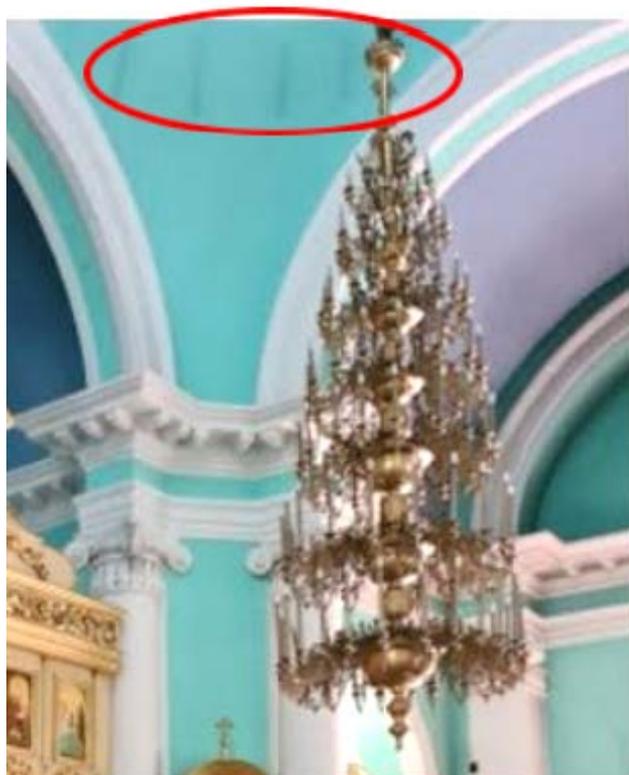


Рис. 8. Выпадение конденсата

В средней части свода и в пространстве центрального барабана образуется застойная зона воздуха с повышенной влажностью. Источниками влаги являются прихожане, а также горящие свечи и лампы.

Решением данных проблем является утепление кровли и оборудование дополнительной вытяжки из барабана. Таким образом будет увеличен воздухообмен, что снизит вероятность выпадения конденсата.

В ходе работы были решены следующие задачи:

- проведено обследование внешнего и внутреннего состояния здания собора, в т. ч. с применением тепловизионных съемок,

- сформулированы рекомендации по устранению проблемных зон,

- проведены обследования, в т. ч. инструментальные, существующих систем освещения, отопления и вентиляции,

- рассчитан требуемый расход воздуха при различной заполняемости собора,

- разработаны рекомендации по повышению эффективности системы воздухообмена собора.

По результатам работы было установлено:

- действующая система освещения отвечает требованиям СП 52.13330.2016,

- действующая система отопления собора в целом отвечает требованиям стандартов АВОК-2-2004 и СНиП 41-01-2003, но нуждается в реконструкции и модернизации с применением современного эффективного оборудования с автоматическим погодозависимым управлением,

- наиболее проблемной является система вентиляции собора.

Существующая система вентиляция обеспечивает фактический воздухообмен, превышающий рассчитанные санитарные нормы и нормы, рассчитанные по CO<sub>2</sub>, но не удовлетворяет требованию по расчетному расходу воздуха при максимальном количестве прихожан в храме.

Также были выявлены проблемы с высокой влажностью под куполом и оседающей копотью на стенах главного зала храма из-за неполного сгорания парафина от свечей. Предложения ряда авторов [6] по созданию систем местной вытяжной механической вентиляции для улавливания, а затем удаления вредных веществ непосредственно в местах их образования при сжигании свечей в зале богослужения вряд ли будут одобрены церковными властями и могут быть реализованы на практике.

Проектирование и создание систем ОВК (отопление, вентиляция, кондиционирование) должны проводиться индивидуально для каждого храма после детального обследования конструктивных особенностей зданий, изучения их температурно-влажностного режима, с учетом климатических особенностей местоположения храма и финансовых возможностей.

Преимуществом естественной вентиляции являются ее экономичность и практичность: технически грамотно рассчитанная система [7] не требует дополнительного дорогостоящего оборудования, и при регулярном обслуживании обеспечивает выполнение возложенных на нее функций.

#### Литература

1. ГОСТ Р 54852-2021. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. – URL: <http://icnk-rb.ru/assets/img/documents/gost/gost-54852-2021.pdf> (дата обращения: 06.10.2023). – Текст : электронный.

2. МДС 23-1.2007. Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники. – URL: <https://stds.ru/document/%D0%9C%D0%94%D0%A1%2023-1.2007.pdf> (дата обращения: 06.10.2023). – Текст : электронный.

3. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. – URL: [https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO\\_07.11.2016\\_777.pdf](https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf) (дата обращения: 06.10.2023). – Текст : электронный.

4. Стандарт АВОК-2–2004. Храмы православные. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2004.

5. СП 60.13330.2020. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – URL: <https://xn--j1agcjjg.xn--p1ai/upload/%D0%A1%D0%9F%2060.13330.2020.pdf> (дата обращения: 06.10.2023). – Текст : электронный.

6. Еремкин, А. И. Совершенствование систем климатического обеспечения комфортных условий и сохранности историко-культурного наследия в православных культовых сооружениях / А. И. Еремкин, И. К. Пономарева, Д. А. Трофимов // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2021. – № 4. – С. 36–45.

7. Кочев, А. Г. Влияние внешней аэродинамики на микроклимат православных храмов. [Текст]: научная монография / А. Г. Кочев, М. М. Соколов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2017. – 188 с. – ISBN 978-5-528-00192-0.

*E.A. Zavarkina*

*Petrozavodsk State University*

## WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TEMPLE BUILDINGS ENGINEERING SYSTEMS ON EXAMPLE OF ALEXANDER NEVSKY CATHEDRAL IN PETROZAVODSK

On the example of the Orthodox church of Alexander Nevsky in Petrozavodsk a comprehensive survey of the technical condition of the building and engineering systems of the cathedral, including lighting, heating and ventilation systems, was carried out. The necessary thermal imaging surveys were carried out; the calculation of compliance of the existing ventilation system parameters with the requirements of regulatory documents was performed. The analysis of

engineering solutions has been carried out and recommendations have been developed to improve the efficiency of the building 's engineering systems, taking into account the specifics of its purpose.

Buildings, cathedral, engineering systems, events, efficiency, energy conservation, thermal imaging and photographic shooting.