

Санжара Арина Олеговна, магистрант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург.

ТРАДИЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ВЫСТАВОЧНЫХ ПРОСТРАНСТВ: ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ И ПАНЕЛЬНО- ЛУЧИСТОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Аннотация. В данной работе представлен сравнительный анализ современных систем отопления, применяемых в выставочных и музейных пространствах. Основное внимание уделяется электрическому и панельно-лучистому отоплению. Рассматриваются их ключевые характеристики, преимущества и недостатки с точки зрения энергоэффективности, точности контроля микроклимата, воздействия на сохранность экспонатов, а также экономические и конструктивные аспекты внедрения. Особое внимание уделяется влиянию систем на относительную влажность, распределение тепла и минимизацию конвективных потоков, способных повредить ценные объекты. В статье определены ключевые факторы выбора системы и обоснована актуальность гибридных решений.

Annotation. This paper presents a comparative analysis of modern heating systems used in exhibition and museum spaces. The focus is on electric and panel-beam heating. The paper examines their key characteristics, advantages, and disadvantages in terms of energy efficiency, accuracy of microclimate control, impact on the preservation of exhibits, and economic and design aspects of implementation. Special attention is given to the impact of these systems on relative humidity, heat distribution, and minimizing convective flows that can damage valuable objects. The article identifies key factors in system selection and substantiates the relevance of hybrid solutions.

Ключевые слова: системы отопления, электрическое отопление, панельно-лучистое отопление, сравнительный анализ, выставочные пространства, отопительные приборы.

Keywords: heating systems, electric heating, panel-beam heating, comparative analysis, exhibition spaces, and heating devices.

Современные музейные и выставочные комплексы все чаще обращаются к новым технологиям отопления, стремясь повысить энергоэффективность и улучшить контроль микроклимата. Традиционные системы, такие как водяные радиаторы или воздухонагреватели, не всегда позволяют достичь идеальных условий хранения экспонатов или требуют значительных затрат энергии. В то же время прогресс в области электрических нагревательных приборов и излучающих панелей открывает новые возможности для поддержания стабильной температуры при меньших колебаниях и с большей автоматизацией процессов. Рассмотрим данные системы отопления, а также проведём сводный сравнительный анализ всех рассмотренных систем применительно к выставочным залам.

Электрическое отопление

Электрическое отопление подразумевает получение тепла путем преобразования электроэнергии, непосредственно в обогреваемом помещении или поблизости от него. Существуют два основных варианта: прямое электрическое отопление (нагревательные элементы, превращающие электроэнергию в тепло на месте) и системы с тепловыми насосами, где электричество используется для переноса тепла из внешней среды внутрь помещения. К прямому электрическому отоплению относятся различные обогреватели, работающие от электросети: конвекторы, электрические радиаторы, тепловентиляторы, инфракрасные панели и пр.

Преимуществом таких систем является высокая гибкость и управляемость. Электрические приборы имеют небольшой инерционный лаг и оснащаются термостатами, что позволяет точно поддерживать заданную температуру и быстро реагировать на ее изменение. Монтаж прост: не нужны трубы, котельные, теплообменники – достаточно подключения к электросети, что особенно ценно при дооснащении исторических зданий, где прокладка коммуникаций затруднительна. Начальные вложения сравнительно невелики, оборудование компактно и транспортабельно. Кроме того, отсутствие горения исключает выделение продуктов сгорания – в помещениях сохраняется высокая чистота и качество воздуха.

Главный недостаток – экономический: электричество зачастую является дорогостоящим энергоносителем, а использование его для отопления считается неэффективным с точки зрения топливного баланса. Если энергия вырабатывается на ТЭС, то суммарный КПД «топливо–электроэнергия–тепло» ниже, чем при прямом сжигании топлива для отопления. Поэтому во многих регионах тарифы на электроотопление высоки. Кроме того, нагревательные элементы электрообогревателей могут разогреваться до очень высоких температур, что теоретически повышает пожарную опасность. В современных приборах эта проблема частично решена – используются теплонакопительные панели, инертные жидкости, автоматическое отключение при перегреве и пр., снижая риск возгорания. Тем не менее, при размещении электрических нагревателей в экспозиции необходимо учитывать расстояние до объектов и направленность излучения, чтобы избежать локального перегрева ценных материалов.

Еще один сдерживающий фактор – ограничения электрической мощности. Массовое внедрение электрического отопления в больших зданиях требует достаточных возможностей электросети. В местах, где сеть не рассчитана на большие нагрузки, электрическое отопление может

быть затруднено без серьезной модернизации инфраструктуры. Именно поэтому прямое электроотопление чаще используется либо для локального догрева (например, витрин, отдельных зон), либо в качестве временного решения.

Панельно-лучистое отопление

Панельно-лучистым называют способ отопления, при котором помещение обогревается преимущественно за счет излучения от нагретых поверхностей (панелей), а не конвекцией нагретого воздуха. В такой системе используются специальные греющие панели – большие плоские элементы с гладкой поверхностью, встроенные в потолок, стены или пол, через которые циркулирует горячая вода или электронагревательный элемент. За счет большой площади и относительно невысокой температуры панели обеспечивают превышение радиационной (лучистой) температуры в помещении над температурой воздуха, создавая ощущение тепла при более прохладном воздухе. Именно это отличает лучистое отопление: человек и объекты нагреваются напрямую лучистой энергией, как на солнце, а воздух при этом остается чуть более прохладным.

Панельно-лучистое отопление может быть водяным (например, система «теплый пол» или водяные потолочные панели) или электрическим (инфракрасные пленочные нагреватели в потолке, электрокабель в полу и т.д.). В музеях нередко используется теплый водяной пол: трубы с теплоносителем укладываются под поверхность пола, равномерно прогревая его. Температура пола при этом поддерживается в комфортных пределах. Согласно нормативам, в помещениях с постоянным пребыванием людей температура поверхности пола не должна превышать 35 °С. В залах музеев аналогично придерживаются этих ограничений, чтобы посетителям не было жарко, и чтобы не повредить напольные покрытия или экспонаты, находящиеся на полу. Потолочные панели тоже ограничиваются по температуре – расчеты показывают, что при размещении человека непосредственно под панелью

ее поверхность должна иметь не более 60 °С, иначе возможно неприятное тепловое облучение головы. На практике современные низкотемпературные панели работают в диапазоне 40–60 °С, что безопасно.

Лучистое отопление создает особо комфортные условия: тепло распределяется мягко и равномерно. За счет прямого подогрева поверхностей и людей можно поддерживать температуру воздуха на 2–3 °С ниже обычной, без потери комфорта, а более низкая температура воздуха означает более высокую относительную влажность при том же содержании влаги. То есть лучистое отопление не сушит воздух так сильно, как перегрев воздуха при конвективном отоплении. Для музеев это важный плюс: относительная влажность остается на уровне, близком к оптимальному для экспонатов, даже если воздух слегка прохладнее. Кроме того, минимизируются конвективные потоки – нет сильных восходящих струй от горячих радиаторов, которые таскают пыль. Экспонаты прогреваются более равномерно излучением со всех сторон, а не струей теплого воздуха с одной стороны. В результате снижается градиент температуры между различными частями крупного объекта, что уменьшает механические напряжения в нем. Например, большая картина при лучистом обогреве стены нагревается постепенно и с тыльной стороны, а не потоком воздуха только спереди.

Несмотря на перечисленные преимущества, панельно-лучистые системы требуют учета ряда ограничений. Во-первых, нагревательные панели встроены в конструкции здания, поэтому они труднее поддаются ремонту и замене. Не всякое историческое здание позволит, например, установить водяной теплый пол без ущерба для аутентичности интерьеров. Во-вторых, излучение распространяется по прямой – если зал заставлен витринами, то их тени могут экранировать часть пространства. При проектировании важно расположить панели так, чтобы покрыть излучением всю нужную зону. Инфракрасные электрические излучатели

(например, подвесные ИК-обогреватели) могут давать очень интенсивное локальное тепловое излучение, поэтому их применение в помещениях с постоянным пребыванием людей ограничено санитарными нормами. Согласно СанПиН 2.2.4.548, максимальная интенсивность ИК-облучения на рабочей зоне не должна превышать 140 Вт/м^2 при постоянном пребывании людей. Кроме того, «яркие» (высокотемпературные светоизлучающие) инфракрасные излучатели с температурой поверхности свыше $600 \text{ }^\circ\text{C}$ применяются только в производственных помещениях или на открытом воздухе. В общественных зданиях допускаются преимущественно низкотемпературные панели и темные излучатели, которые не накаляются докрасна. Также запрещено размещать инфракрасные излучатели в подвальных и деревянных зданиях, во взрывоопасных зонах и т.п. из-за требований пожарной безопасности.

Для музеев практически это означает, что панельно-лучистое отопление желательно реализовывать в форме встроенных низкотемпературных панелей – теплых полов, стен или потолков. Открытые подвесные инфракрасные обогреватели применяются крайне редко, разве что во внеконкурсных зонах (например, обогрев открытых галерей, уличных экспозиций) или в залах без постоянного пребывания людей. Нужно помнить, что хотя сами панели могут быть безопасны для людей, длительное излучение на экспонаты тоже должно контролироваться: например, слишком теплая потолочная панель над картиной может перегревать верхнюю часть полотна. Поэтому часто лучистое отопление комбинируют с традиционным: часть тепла дает теплый пол, обеспечивая базовый прогрев, а для точной регулировки температуры воздуха и компенсации потерь используют небольшие водяные приборы или приточную вентиляцию.

Сравнительный анализ

Чтобы наглядно сопоставить рассматриваемые системы отопления, приведем их основные характеристики и влияния на выставочные помещения в виде таблицы.

Таблица 1.

Сравнительный анализ систем отопления применительно к выставочным залам

Критерий	Водяное отопление	Воздушное отопление	Электрическое отопление	Панельно-лучистое отопление
Основной принцип	Нагрев помещения с помощью радиаторов/конвекторов, через которые циркулирует горячая вода.	Подача нагретого воздуха по воздуховодам непосредственно в помещение.	Преобразование электроэнергии в тепло (прямое или через тепловые насосы).	Нагрев помещения за счёт излучения от тёплых поверхностей (пол, стены, потолок).
Энергоэффективность	Высокая, особенно при централизованном теплоснабжении. Потери минимальны.	Средняя. Возможны потери тепла в воздуховодах, требуется энергия на вентиляцию.	Низкая (при прямом нагреве), высокая (при использовании тепловых насосов).	Высокая, особенно при низкотемпературном режиме. Позволяет снизить температуру воздуха без потери комфорта.
Точность контроля микроклимата	Средняя. Тепловая инерция воды сглаживает резкие колебания, но замедляет реакцию на изменения.	Высокая. Быстрая реакция на изменения, возможность точной регулировки температуры и влажности.	Очень высокая. Быстрый нагрев, точное поддержание температуры с помощью термостатов.	Средняя. Инерция конструкций, но равномерное распределение тепла.
Влияние на влажность воздуха	Умеренное, не пересушивает воздух при корректной работе.	Может значительно снижать влажность при нагреве наружного воздуха, требует увлажнения.	Сильно сушит воздух при прямом нагреве.	Минимальное. Позволяет поддерживать более высокую влажность при меньшей температуре воздуха.
Влияние на экспонаты	Безопасно при правильной установке. Риск локального перегрева у радиаторов.	Риск повреждения из-за воздушных потоков (пыль, пересушка). Требуется фильтрации воздуха.	Риск локального перегрева от нагревательных элементов.	Наиболее безопасно: минимум конвективных потоков, равномерный нагрев.
Сложность монтажа и интеграции	Средняя. Требуется прокладка труб, установки радиаторов, может быть сложно в исторических зданиях.	Высокая. Требуется прокладка воздуховодов, места для оборудования, сложно вписать в интерьер.	Низкая. Простой монтаж, не требует труб или воздуховодов.	Высокая. Требуется интеграция в конструкции здания (пол, стены, потолок), сложный ремонт.
Экономические аспекты	Умеренные капитальные затраты, низкие эксплуатационные расходы.	Высокие капитальные затраты, умеренные эксплуатационные расходы.	Низкие капитальные затраты, высокие эксплуатационные расходы (из-за стоимости электроэнергии).	Высокие капитальные затраты, низкие эксплуатационные расходы (при высокой энергоэффективности).
Гибкость и возможность модернизации	Средняя. Сложно изменить после монтажа.	Низкая. Сложно модифицировать из-за громоздких воздуховодов.	Высокая. Легко добавить или перенести оборудование.	Низкая. Система встроена в конструкцию, изменения практически невозможны.
Применимость в исторических зданиях	Ограниченно, требует осторожного монтажа без повреждения интерьеров.	Крайне сложно из-за необходимости прокладки воздуховодов.	Наиболее приемлемо: минимальное вмешательство в конструкции.	Ограниченно, возможен монтаж только при реконструкции с сохранением аутентичности.
Пожарная безопасность	Высокая. Низкая температура поверхностей, отсутствие открытого огня.	Средняя. Риск распространения дыма по воздуховодам, требуется противопожарная автоматика.	Средняя/высокая. Риск перегрева элементов, но современные приборы имеют защиту.	Высокая при низкотемпературных панелях. Ограничения для высокотемпературных ИК-излучателей.

Таким образом, традиционное водяное отопление остаётся базовым, проверенным решением, обеспечивающим стабильность и умеренные эксплуатационные расходы. Его основной недостаток — риск протечек и сложности интеграции в объекты культурного наследия. Воздушное отопление, хотя и позволяет быстро регулировать микроклимат и совмещать функции с вентиляцией, создаёт дополнительные риски для экспонатов из-за конвективных потоков и возможного пересушивания воздуха. Электрическое отопление выделяется гибкостью, точностью управления и простотой

монтажа, что особенно ценно в исторических зданиях. Однако высокая стоимость электроэнергии ограничивает его широкое применение, делая наиболее оправданным использование для локального или резервного обогрева, а также в составе систем с тепловыми насосами. Панельно-лучистое отопление (тёплые полы, стены, потолки) является наиболее предпочтительным с точки зрения сохранности коллекций. Оно обеспечивает равномерный бесконвективный нагрев и поддержание стабильной влажности, но требует значительных капитальных вложений и сложного встраивания в конструкции.

Выводы

Современные системы отопления предоставляют широкий спектр решений для формирования стабильного микроклимата в музейно-выставочных пространствах. Приведённый в работе анализ свидетельствует об отсутствии универсальной системы, оптимальной по всем параметрам. Каждая система обладает уникальным сочетанием теплофизических и эксплуатационных характеристик, по-разному влияющих на сохранность экспонатов и энергоэффективность.

Наиболее обоснованным является гибридный подход, основанный на принципе функционального совмещения различных систем. Например, базовый, стабильный тепловой режим может обеспечиваться низкотемпературными панельно-лучистыми системами (напольными, стеновыми), которые минимизируют конвективные потоки и способствуют поддержанию относительной влажности. Электрические системы целесообразно применять для оперативной зональной коррекции температуры благодаря их высокой управляемости и низкой инерционности.

Таким образом, в современных условиях наиболее эффективным представляется комбинированный подход, позволяющий использовать сильные стороны разных систем. Окончательный выбор должен определяться комплексной оценкой конкретных условий: типа и чувствительности экспонатов, архитектурных особенностей здания, климата и экономических возможностей, при безусловном приоритете задачи сохранения культурного наследия.

Литература

1. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 35 с.
2. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. – Введ. 2021-01-01. – М.: Стандартинформ, 2020. – 169 с.
3. СТО НП «АВОК» 7.7-2018. Музеи. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха [Электронный ресурс]. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2018. – Режим доступа: <https://www.abok.ru/> (дата обращения: 18.12.2025). – (Стандарт АВОК).
4. Варфоломеев, Ю. М. Отопление и тепловые сети: учеб. пособие для вузов / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 463 с.
5. Девина, Р. А. Музейное хранение художественных ценностей: практ. пособие / Р. А. Девина, А. Г. Бредняков, Л. И. Душкина [и др.]; ГосНИИ Реставрации. – М., 1995. – 204 с.
6. Клейменов, А. П. Отопление и микроклимат в зданиях-памятниках архитектуры: монография / А. П. Клейменов, О. И. Тарасова. – СПб.: СПбГАСУ, 2021. – 198 с.
7. Отопление: учебник для вузов / А. Н. Сканава, Л. М. Махов. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 576 с.
8. Мескленбург, М. Требования к параметрам микроклимата исторических музейных зданий / М. Мескленбург, Ч. Тумоса, А. Прайд // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика: науч.-техн. реф. сб. – 2004. – № 7. – С. 72–78.
9. Сизов, Б. Т. Теплофизические аспекты сохранения памятников архитектуры / Б. Т. Сизов // Вентиляция, отопление, кондиционирование

воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2002. – № 1. –
С. 24–32.

Literature

1. GOST 30494-2011. Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters. – Introduced. 2013-01-01. – Moscow: Standartinform, 2013. – 35 p.
2. SP 60.13330.2020. Heating, ventilation and air conditioning. Updated version of SNiP 41-01-2003. – Introduced. 2021-01-01. – Moscow: Standartinform, 2020. – 169 p.
3. STO NP "AVOK" 7.7-2018. Museums. Heating, Ventilation, and Air Conditioning [Electronic resource]. – Moscow: AVOK-PRESS, 2018. – Access mode: <https://www.abok.ru/> (date of access: 18.12.2025). – (ABOK Standard).
4. Varfolomeev, Yu. M. Heating and Thermal Networks: Textbook. handbook for universities / Y. M. Varfolomeev, O. Ya. Kokorin. – M.: INFRA-M, 2006. – 463 p.
5. Devina, R. A. Museum storage of art treasures: practical. manual / R. A. Devina, A. G. Brednyakov, L. I. Dushkina [and others]; State Research Institute of Restoration, Moscow, 1995– 204 p.
6. Kleymenov, A. P. Heating and Microclimate in Architectural Monuments: A Monograph / A. P. Kleymenov, O. I. Tarasova. – St. Petersburg: SPbGASU, 2021
7. Heating: a textbook for universities / A. N. Skanavi, L. M. Makhov. Moscow: Publishing House of the DIA, 2008. 576 p.
8. Mesklenburg, M. Requirements for the parameters of the microclimate of historical museum buildings / M. Mesklenburg, Ch. Tumosa, A. Pride // Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermophysics: scientific and technical review of the Collection, 2004– No. 7, pp. 72-78.
9. Sizov, B. T. Thermophysical aspects of the preservation of architectural monuments / B. T. Sizov // Ventilation, heating, air conditioning, heat supply and construction thermophysics. – 2002. – No. 1. – Pp. 24–32.

