

Обследование состояния исторических светопрозрачных конструкций ГМИИ им. А.С. Пушкина

А.В. СПИРИДОНОВ, Н.П. УМНЯКОВА

Научно-исследовательский институт строительной физики РААСН, Москва
E-mail: spiridonov@aprok.org

Аннотация

В статье приведены результаты второй части обследования светопрозрачных конструкций ГМИИ им. А.С. Пушкина – светопрозрачных покрытий (фонарей верхнего света). Конструкции являются памятником культуры федерального значения и подлежат государственной охране. По результатам проведения комплексного обследования сделаны выводы о неудовлетворительном состоянии данных конструкций и подготовлены материалы для разработки рекомендаций по их реставрации.

Ключевые слова: светопрозрачное покрытие, фонарь, сопротивление теплопередаче, тепловой режим, конденсат, металлические конструкции.

В первой половине 2018 г. НИИСФ РААСН проводил обследование исторических окон 1-го этажа главного здания ГМИИ им. А.С. Пушкина (далее – ГМИИ) [1–3]. Настоящая статья посвящена продолжению обследований исторических светопрозрачных конструкций музея, а именно – оценке состояния светопрозрачных покрытий [4].

Рис. 1 наглядно демонстрирует всю масштабность светопрозрачных покрытий главного здания ГМИИ им. А.С. Пушкина.

Такие развитые крыши весьма характерны для художественных музеев. На рис. 2, для примера, показано здание Музея изящных искусств в г. Лилль (Франция), построенное в 1897 г. (на 15 лет раньше главного здания ГМИИ). В 1990-е гг. музей был удачно отреставрирован и вновь открыт в 1997 г. Таким образом, лилльский музей становится некоторым ориентиром в реставрации ГМИИ на ул. Волхонка.

Необходимость таких светопрозрачных покрытий в художественных музеях обосновывается тем, что боль-

шинство произведений изобразительного искусства наиболее выигрышно выглядит при естественном освещении [5]. Основы естественного освещения зданий (в том числе зданий музеев) были разработаны ещё в середине прошлого века [6, 7], и практически все современные галереи максималь-

но оснащены фонарями верхнего света. На рис. 3 показаны залы ГМИИ и Дворца изящных искусств в Лилле. Очевидны общие тенденции освещения экспонатов в этих зданиях.

В связи с принятием решение о здании на ул. Волхонка и прилегающих улицах Музейного квартала ГМИИ были переданы близлежащие здания, где – как и в главном здании – проводится масштабная реконструкция, частью которой должно стать восстановление работоспособности светопрозрачных покрытий (фонарей верхнего света).

Исследования, проведённые специалистами НИИОСП им. Н.М. Герсеванова в 2014–2015 гг. [8], показали, что конструкции светопрозрачного покрытия главного здания ГМИИ нахо-

Рис. 1. Макет главного здания ГМИИ



Рис. 2. Музей изящных искусств в Лилле



Рис. 3. Системы верхнего естественного освещения музеев:
а – один из главных залов ГМИИ; б – аналогичный зал Дворца изящных искусств в Лилле

Рис. 4. Узел стропильной балки со следами коррозии



Рис. 5. Разрез светопрозрачного покрытия

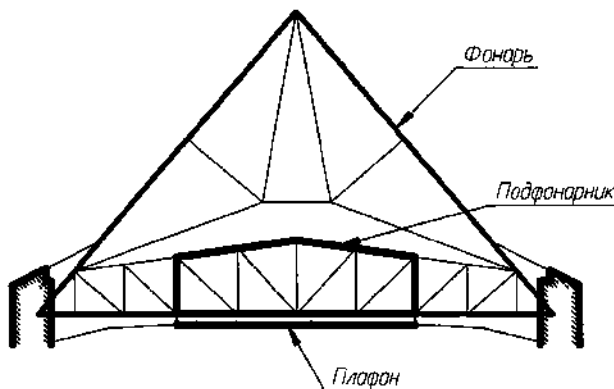


Рис. 6. Внешний вид светопрозрачного покрытия в 2018 г.



Рис. 7. Элементы конструкции фонаря в 2018 г.

дятся в неудовлетворительном состоянии. В частности, было выявлено 65 аварийных и 11 ограниченно работоспособных участков.

Преимущественно аварийные участки – места сильной (до 100 %) коррозии соединительных фасонных уголков и наклонных элемен-

тов крепления ферм к стенам здания, срыв болтов. Основное расположение подобных мест – в углах здания, вблизи ендов и в коньковой части ферм.

Для иллюстрации выводов обследования [8] приведём только один пример – показанный на рис. 4.

Светопрозрачное покрытие музея имеет три контура: основной (фонарь); подфонарный (подфонарник); нижний (плафон с рассеивающим стеклом над экспозиционными залами).

Все контуры сегодня выполнены из одинарного стекла, закреплённого в металлических таврах (рис. 5). Все конструкции создавались при строительстве музея в начале прошлого века (некоторые реставрационные работы проводились в 1960–1970-х гг.). На рис. 6 представлен современный внешний вид светопрозрачного покрытия музея.

Светопрозрачные конструкции (по крайней мере, фонаря и плафона), установленные в главном здании ГМИИ, как и большинство других строительных конструкций в нём, являются предметом государственной охраны, и их полная замена невозможна по закону. Каждая составляющая часть светопрозрачного покрытия ниже рассмотрена отдельно.

Сегодняшнее состояние элементов конструкции основного контура светопрозрачного покрытия музея (**фонарь**) показано на рис. 7.

Кратко резюмируя результаты нашего обследования, можно отметить следующее:

- скаты крыши выполнены из фрагментов стёкол толщиной 4 мм (средний размер фрагментов стёкол 415 × 1110 мм), угол наклона к горизонту 50°;

- стёкла расположены на профиле таврового сечения (35 × 35 × 3 мм), которые опираются на горизонтальные стальные уголки (90 × 10 мм);

- основные фермы выполнены из двух сваренных (свинченных?) между собой П-образных швеллеров так, что фактически получается двутавр;

- общие размеры сечения фермы – ширина 150 мм, высота 140 мм, толщина от 5 до 7 мм (в зависимости от толщины нанесённой за прошедшие 100 лет краски);

- расстояние между фермами не совсем одинаково и в среднем составляет 2850 мм;

- высота конька основного остекления треугольного фонаря от пола чердака составляет около 8000 мм, а полуцилиндрического – 10000 мм;

- стёкла расположены с нахлёстом верхнего стекла на нижнее (по типу черепицы) с небольшим просветом, что обеспечивает как дополнительную вентиляцию, так и естественный

отвод конденсата, образующегося на внутренней поверхности стекла (идея В.Г. Шухова);

- крепление стёкол к горизонтальным стальным уголкам производится с помощью кляммеров, выполненных из листовой стали;

- стык стекла и таврового профиля заделан герметиком (в некоторых местах замазкой) некачественно, имеются щели, через которые проникают осадки;

- вентиляция подстекольного пространства осуществляется за счёт «продыхов», выполненных из листовой стали, внизу ската кровли (шаг – через один сегмент);

- конёк крыши имеет массу следов протечек и некачественных латаний (рис. 8);

- на остеклении фонаря видны многочисленные следы протечек, а также разбитые стёкла;

- при проведении текущих ремонтов остекления фонаря на некоторых участках кровли стекло было заменено фанерными листами и (или) оцинкованным железом (рис. 8);

- остекление фонаря грязное и не обслуживалось долгое время, что значительно снижает его светотехнические качества.

Схематично элементы остекления фонаря показаны на рис. 9.

Второй контур остекления светопрозрачного покрытия (*подфонарник*) в треугольных конструкциях характеризуется следующими размерами: ширина по низу – от 4000 до 7000 мм, высота по краю – 970 мм, высота по центру – 1410 мм. (В полуцилиндрических фонарях размеры подфонарника несколько меньше.) Остекление подфонарника осуществлено одинарным стеклом толщиной 5–6 мм, которое установлено в тавры, аналогичные используемым на основном контуре светопрозрачного покрытия.

Угол наклона горизонтального остекления подфонарника – от 10 до 15 ° к горизонту.

Современное состояние остекления подфонарника совершенно не соответствует его предназначению – обеспечению естественного освещения экспозиционных залов. Именно поэтому в пространстве между рассеивающим плафоном и подфонарником установлены многочисленные дополнительные источники света (рис. 10).

В настоящий момент для исключения протечек в основные залы весь



Рис. 8. Конёк светопрозрачного покрытия фонаря и следы ремонтов

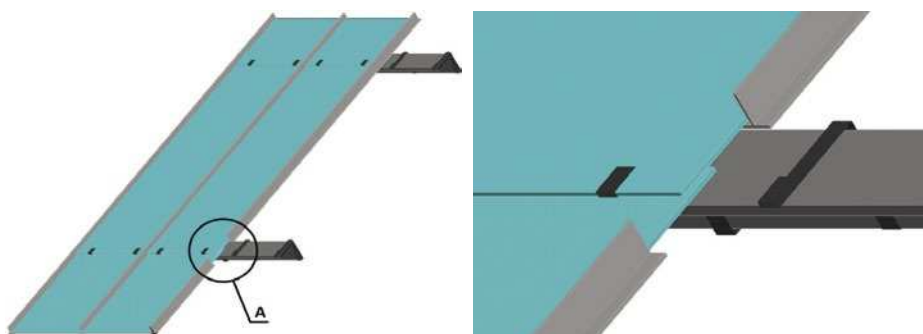


Рис. 9. Крепление элементов остекления фонаря к горизонтальным направляющим



Рис. 10. Внутреннее пространство и внешний вид подфонарника

подфонарник закрыт тканью, полимерной плёнкой и пр. (рис. 10).

Из-за постоянных протечек профили, на которых лежит остекление подфонарника, прокорродировали и нуждаются в замене и (или) глубокой зачистке и покрытии специальными составами.

Рассеивающее матовое стекло (с довольно плотным матированием) в *плафоне* установлено горизонтально на таких же металлических таврах сечением 35 × 35 × 3 мм, как и в остальных контурах светопрозрачного покрытия (рис. 11). Как оно смотрится из экспозиционных залов, показано на рис. 3, а.

С целью определения теплотехнически однородных зон обследуемой светопрозрачной ограждающей конструкции и обнаружения зон инфильтрации было проведено натурное обследование с помощью тепловизионной съёмки. Для этого использовались тепловизионная камера *NEC TH-9100* и пирометр. Обследование проводилось с учётом требований ГОСТ [9].

Тепловизионная съёмка обследуемой конструкции велась при температуре наружного воздуха $t_n = -4,5$ °C и температуре внутреннего воздуха $t_b = +20$ °C (рис. 12).

В рамках обследования проводились измерения температур свето-

Рис. 11. Внешний вид рассеивающего плафона с осветительными приборами

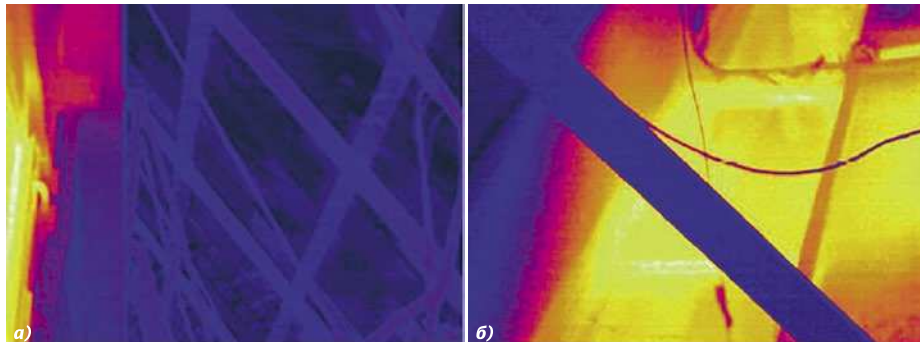
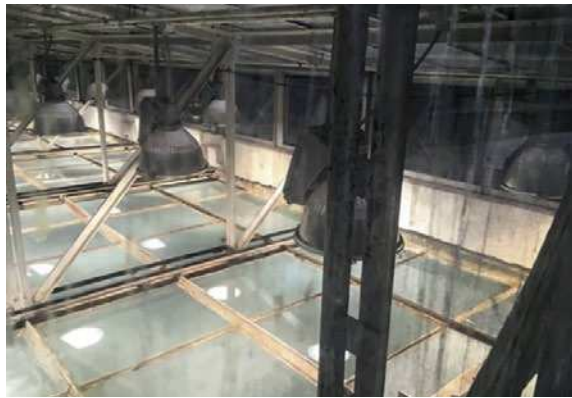


Рис. 12. Термограммы светопрозрачных конструкций: а – фонарь; б – подфонарник и плафон

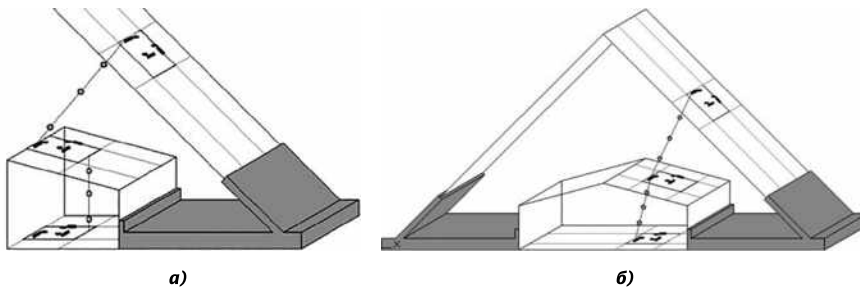


Рис. 13. Схемы расстановки датчиков температуры и теплового потока: а – над залом № 27; б – над залом № 29

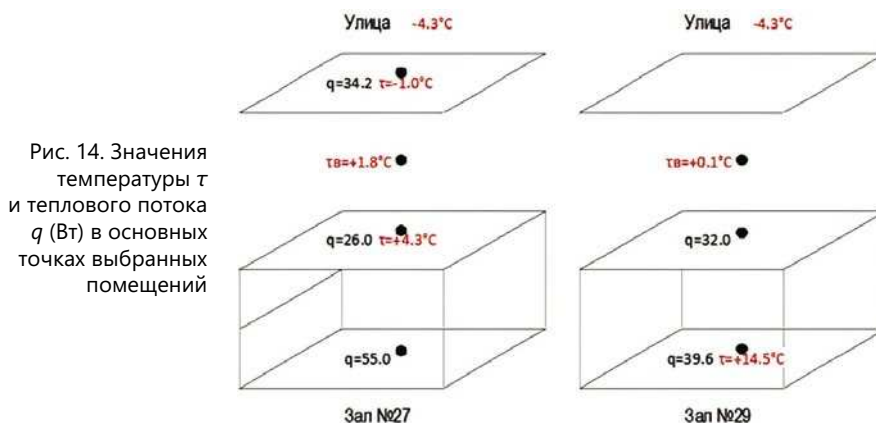


Рис. 14. Значения температуры t и теплового потока q (Вт) в основных точках выбранных помещений

прозрачной конструкции в отдельных зонах над двумя экспозиционными залами (27 и 29) и в самих этих помещениях (при включённых осветительных приборах).

Температура наружного воздуха: $-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На участке над залом № 27 – температура под внешним фонарём: от $+3$ до $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура под подфонар-

ником: от $+9$ до $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$; температура бокового остекления подфонарника: $+8,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На участке над залом № 29 температура под внешним куполом: от $+3$ до $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рис. 13 приведены схемы расстановки датчиков, а на рис. 14 – значения температуры и теплового потока в разных точках светопрозрачной конструкции.

Одним из важных выводов обследования, который может использоваться при планировании теплового режима светопрозрачных покрытий при их реставрации, служит то, что разница температуры наружного воздуха и температуры под основным фонарём в подкрышном пространстве составляет $8\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

С целью определения приведённого сопротивления теплопередаче светопрозрачной конструкции R_0 было проведено натурное испытание с использованием измерителей теплового потока и температуры. Испытания проводились в соответствии с рекомендациями [10, 11].

Полученные оценки R_0 светопрозрачного заполнения фонаря и светопрозрачного заполнения подфонарника $+0,18\text{--}0,20$ и $0,40\text{--}0,45\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ соответственно.

Важный результат этой части обследования, который может использоваться при планировании теплового режима светопрозрачных покрытий при их реставрации, – то, что при совместной оценке остекления подфонарника и плафона R_0 повышается на $0,20\text{--}0,25\text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

По результатам многочисленных натурных обследований исторических конструкций светопрозрачного покрытия главного здания ГМИИ сделаны следующие основные выводы:

1. Светопрозрачные конструкции находятся в очень плохом состоянии (в ряде случаев неремонтопригодном) – ржавчина практически по всем конструкциям, щели, неработающая фурнитура и пр.

2. Характеристики светопрозрачных конструкций (приведённое сопротивление теплопередаче, воздухопроницаемость) не соответствуют действующим нормативным документам.

3. Конденсат, образующийся на внутренних поверхностях светопрозрачных конструкций в холодные периоды года, отрицательно влияет на сохранность конструкций.

4. На конструкциях фонаря, выходящих на восточные, южные и западные фасады главного здания ГМИИ, необходимо предусматривать специальные солнцезащитные устройства и рассеивающие прямой солнечный свет шторы.

5. В связи с планирующейся комплексной реконструкцией музея, созданием Музейного городка на Волхонке и невозможностью замены исторических светопрозрачных конструкций, являющихся предметом культурного наследия и государственной охраны, необходимо разработать мероприятия по повышению их эффективности.

Результаты теплотехнических расчётов разных вариантов повышения эффективности светопрозрачного покрытия и рекомендации по его реставрации будут представлены в следующей статье авторов.

Авторы приносят огромную благодарность сотрудникам НИИСФ РААСН (А. Верховскому, С. Потапову, В. Брызгалину и Е. Даличик) и ООО «ГК «РОБИТЕКС» (Н. Румянцеву и И. Истоминой) за помощь в проведении натурных обследований исторических светопрозрачных конструкций ГМИИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов А.В., Умнякова Н.П. Обследование состояния (общее и инструментальное) исторических светопрозрачных конструкций ГМИИ им. А.С. Пушкина // Светотехника – 2019. – № 1. – С. 39–43.

2. Спиридонов А.В., Умнякова Н.П. Компьютерное моделирование и рекомендации по реставрации исторических светопрозрачных конструкций ГМИИ им. А.С. Пушкина // Светотехника. – 2019. – № 2. – С. 72–76.

3. Научно-технический отчёт НИИСФ РААСН по теме: «Проведение натурного обследования существующих исторических окон на 1-ом этаже с целью определения возможных причин образования конденсата и разработки рекомендаций по исключению конденсатообразования и разработка комплекса мер по модернизации существующих окон в рамках реставрационных работ для объекта «Комплексная реконструкция, реставрация и приспособление под современные музейные технологии главного здания Государственного музея изобразительных искусств имени А.С. Пушкина (г. Москва, ул. Волхонка, д. 12)». – М., 2018. – 98 с.

4. Научно-технический отчёт НИИСФ РААСН по теме: «Теплотехнические расчёты зоны светопрозрачного покрытия объекта

«Комплексная реконструкция, реставрация и приспособление под современные музейные технологии главного здания Государственного музея изобразительных искусств имени А.С. Пушкина». – М., 2018. – 88 с.

5. Anderson M. Measuring the Dynamic of Contrast & Daylight Variability in Architecture: a Proof of Concept Methodology // Building and Environment. – 2014. – Vol. 81, November. – P. 320–333.

6. Гусев Н.М., Макаревич В.Г. Световая архитектура. – М.: Стройиздат, 1973. – 245 с.

7. Гусев Н.М. Естественное освещение зданий. – М.: Госстройиздат, 1961. – 171 с.

8. Научно-технический отчёт НИИСФ им. Н.М. Герсеванова по теме «Комплексная реконструкция, реставрация и приспособление под современные музейные технологии главного здания Государственного музея изобразительных искусств им. А.С. Пушкина (г. Москва, ул. Волхонка, д. 12). Том 4. Результаты обследования металлических фонарей здания». – М., 2015. – 460 с.

9. ГОСТ Р 54852–2011 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций».

10. ГОСТ 26602.1–99 «Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче».

11. ГОСТ Р 54853–2011 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера».

«Самокрутящийся момент»: обнаружено новое свойство света

Команда исследователей из Испании и США нашла новое свойство света – «самокрутящийся момент».

В своей статье, опубликованной в журнале *Science*, исследователи описывают, как им удалось обнаружить новое свойство, а также рассказывают о возможном его использовании.

Учёным давно известны многие свойства света, но совсем недавно они обнаружили, что свет также может быть *скручен* – то есть иметь угловой момент. Говорят, пучки света с высоко структурированным угловым моментом имеют орбитальный угловой момент и называются «вихревыми пучками».



Они представляют собой спираль, движущуюся вокруг центра, а при «ударе» о плоскую поверхность вихревые пучки принимают форму пончика.

В новой работе учёные исследовали такие пучки в контексте, в котором никто этого не делал ранее. Эксперименты включали в себя запуск двух лазеров в облако аргона – это заставляло пучки перекрываться. Вследствие этого они соединялись и выходили как один пучок с другой стороны облака аргона. В результате получался вихревой пучок.

Затем исследователи задались вопросом, что произойдёт, если лазеры будут иметь разный орбитальный угловой момент и если они будут немного синхронизированы. В результате получилась балка, похожая на штопор с постепенно меняющимся углом поворота. И когда она ударилась о плоскую поверхность, то стала похожа на полумесяц. Исследователи отметили, что это случилось потому, что один фотон в передней части пучка вращался вокруг своего центра медленнее, чем фотон во внешней части пучка.

Учёные быстро окрестили новое свойство «самокрутящим моментом». Оказалось, это не только недавно обнаруженное свойство света, но и то, которое никогда даже не предсказывалось. Также учёные рассказали о перспективах применения их открытия. По их словам, это может привести к разработке новых устройств, которые используют манипулирование наноразмерными материалами.

naked-science.ru
30.06.2019



Спиридонов Александр Владимирович кандидат техн. наук. Окончил в 1975 г. МЭИ по специальности «Светотехника и источники света». Главный научный сотрудник

НИИСФ РААСН. Президент Ассоциации производителей энергоэффективных окон (АПРОК). Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники



Умнякова Нина Павловна, кандидат техн. наук, доцент. Окончила МИСИ. Зам. директора НИИСФ РААСН по научной работе. Область научных интересов: тепловая защита зданий,

энергосбережение, оценка теплозащитных качеств наружных ограждений при наличии отражательной теплоизоляции