

Проблемы сохранения деревянных конструкций покрытий исторических зданий

А.Г. Черных, В.Е. Гордиенко, С.И. Миронова, И.А. Кудрявцев

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: В работе представлены результаты исследования состояния деревянных конструкций чердачного перекрытия Санкт-Петербургской Духовной Академии Русской Православной Церкви. Указаны основные дефекты и повреждения элементов стропильной системы. Приведены заключения о физико-механических характеристиках балки возрастом более 200 лет. Сделаны выводы о мерах для сохранения работоспособности конструкций.

Ключевые слова: несущая способность деревянных конструкций, биодеструкторы, снижение прочности, стропильная система.

По архитектурному наследию Санкт-Петербург является уникальным городом-музеем. Его неповторимые ансамбли, созданные выдающимися зодчими, входят в золотой фонд русской и мировой архитектуры. Город и его пригороды украшают более 7000 памятников истории, культуры и архитектуры. Когда формировался центр города на Неве, древесина была основным строительным материалом для конструкций перекрытий и покрытий [1, 2]. Длительность использования значительной части деревянных элементов конструкций превышает 70 лет. Сохранение существующей застройки - одна из современных проблем строительства [3, 4]. Для продления срока их эксплуатации, и тем самым сокращения объема нового строительства нужно увеличивать их надежность [5, 6].

Практика эксплуатации и реставрации памятников архитектуры требуют решения задач, связанных с продлением срока службы всех несущих конструкций, но особенно – покрытий. Основным направлением ремонта длительно эксплуатируемых деревянных конструкций является увеличение несущей способности и жесткости ДК [7]. Исследуя прочностные свойства, снижение целостность строительного материала при длительной эксплуатации, динамику процессов, проходящих в узлах возможно разработать рекомендации

по повышению надежности конструкции и продлению их эксплуатационного срока.

С этой целью сотрудники кафедры металлических и деревянных конструкций СПбГАСУ исследовали состояние несущих конструкций кровли Санкт-Петербургской Духовной Академии Русской Православной Церкви. Церковь располагается в центральной части здания. Покрытием церкви служили деревянные исторические фермы пролетом около 15,0 м, из которых специалисты Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры (КГИОП) планировали оставить несколько ферм. Но затем по проектной документации 2018 года было принято решение оставить в качестве памятника деревянного инженерного искусства только одну историческую ферму.

Для оценки несущей способности и деформативности несущих конструкций крыши были проведены проверочные расчеты деревянных балок чердачного перекрытия и элементов стропильной системы, сделана подробная фотофиксация современного состояния объекта. В результате визуального обследования конструкций были выявлены следующие дефекты и повреждения:

- биодеструкторы в местах несущих элементов с повышенной влажностью из-за перманентного увлажнения осадками при несвоевременном ремонте кровли;
- неплотное прилегание в узлах составных частей деревянных конструкций, трещины, ширина раскрытия которых, доходила до 10 мм (рис. 1);
- повреждения деревянных элементов (обрешетки и стропил) в местах их опоры;
- глубокое поражение стропильной системы дереворазрушающими грибами (практически по всей высоте поперечного сечения);
- многочисленные места с заменой поврежденных участков стропильной системы хозяйственным способом;

- недостаточная герметизация между кровельным покрытием и дымовыми трубами, что привело к проникновению влаги и увлажнению конструкций;
- утраты отдельных элементов стропильной системы.



Рис. 1 – Трещины усушки раскрытием до 10 мм

В результате проведенных лабораторных исследований установлено следующее:

- порода древесины, которая использовалась для конструкций - лиственница;
- обнаружены признаки предыдущей колонизации древесины домовым грибом, предположительно, *Coniophora puteana*, для которого характерна скорость распространения мицелия, которого до 8 см в сутки [10]. В настоящее время активная фаза роста гриба отсутствуют;
- древесина имеет поверхностное поражение грибами синевы и плесени *Penicillium sp.* и *Trichoderma sp.* Эти грибы часто встречаются на поверхности влажной древесины, вызывают поверхностное окрашивание и размягчение верхних слоев древесины («мягкую

гниль»). Микроскопические грибы известны как биодеструкторы различных материалов, образуют большое количество спор, легко распространяются в окружающей среде;

- плотность древесины составила 577 кг/м^3 , что ниже стандартных показателей.

Наличие перечисленных дефектов и повреждений стропильных конструкций покрытия создает опасность возможного обрушения [8]. Необходимо отметить, что на начальной стадии распространения из-за того, что гифы домовых грибов не всегда заметны человеческому глазу, а при выращивании на питательных средах далеко не всегда проявляются, сказать с уверенностью, что уцелевшие элементы здания свободны от домовых грибов, невозможно.

С целью определения остаточного ресурса [9 - 11] элементов стропильной системы чердачного помещения были проведены испытания деревянного бруса размером $25 \times 25 \text{ см}$, работающего на изгиб, возраст которого составляет более 200 лет (рис. 2). Из бруса были изготовлены стандартные образцы для определения влажности, плотности и прочности древесины на изгиб, сжатие и смятие.



Рис. 2 – Лиственничный брус (возраст 200 лет)

Влажность образцов, изготовленных из бруса, определяли весовым способом (ГОСТ 16483.7-72) и она составила 6,3%.

Определение показателей физико-механических свойств проводилось на универсальной электромеханической машине Instron 5969, 50 кН (5 т). Скорость перемещения нагружающей головки системы при испытаниях была принята 4 мм/мин. Результаты проведенных испытаний показаны в таблице №1.

Таблица № 1

Прочностные свойства элемента чердачного перекрытия
Духовной академии Александро-Невской лавры

Модуль упругости, ГПа	Предел прочности образцов, МПа				
	Изгиб	Сжатие поперек волокон	Сжатие вдоль волокон	Смятие	Скалывание
4,1	7,6	0,91	38,0	2,73	1,63

Увеличение прочностных показателей в старом элементе наблюдается при испытаниях образцов на сжатии вдоль волокон. Данный рост можно объяснить тем, что при исследовании старой древесины часто получают противоречивые результаты [12]. По остальным показателям прочность падает.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что древесина лиственницы являлась на момент постройки высококачественным строительным материалом. Незначительные снижения показателей прочности по смятию и сжатию поперек волокон можно объяснить повышением хрупкости поверхностных слоев образца, что характерно для длительно эксплуатирующейся древесины. Накопленные дефекты и повреждения конструкций, сниженная плотность, вязкотекучие деформации также способствуют снижению прочности. Трещины, обнаруженные при обследовании, требуют постоянного наблюдения. В случае прогрессирующего раскрытия необходимо принять меры, чтобы прекратить дальнейшее увеличение дефекта. Необходимо очень внимательно относиться к контролю температурно-влажностного режима помещений, где

эксплуатируются деревянные конструкции. Выравнивание влажности по сечению клееных элементов массивного сечения должно происходить плавно, без резких скачков (во избежание образования трещин). Совершенно недопустима подача в зону размещения несущих конструкций горячего воздуха из калориферов. Выявленные биодеструкторы указывают на необходимость проведения обработки конструкций антисептиками. Невозможно определенно сказать, что элементы, на которых визуально отсутствует заражение домовыми грибами, ими не поражены. Это связано с особенностями их распространения.

Литература

1. Серов Е. Н., Серова Т. А., Миронова С. И.. Реставрация деревянных конструкций в зданиях и сооружениях: учеб. пособие. СПбГАСУ. – СПб., 2018 – 411 с.
2. Иванов В.Ф. Проблемы долговечности деревянных конструкций. М. ГИСЛ. 1950. 136 с.
3. Миронова С. И., Руденя О. М.. Анализ состояния многоквартирных домов послевоенной постройки в городе Калининград / Инновации в деревянном строительстве: Материалы 11-й Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. – С. 163-167.
4. Кистерная М.В., Козлов В.А. Древесиноведческие аспекты сохранения исторических построек. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 133 с.
5. Korolkov D. I., Bolodyan G. I., Gravit M. V. Estimation of the residual resource of several buildings and structures as a single object / // Journal of Physics: Conference Series, Belgorod, 09–10 марта 2021 года. Том 1926. – Belgorod: IOP Publishing Ltd, 2021. – p. 012040.

6. Громацкий В. А., Турковский С. Б., Филимонов М. А. Об оценке надежности элементов деревянных конструкций / Строительная механика и расчет сооружений. – 2011. – № 6(239). – С. 66-73.

7. Лю Ц., Коваль П. С. Проблемы определения ресурса несущей способности элементов исторических деревянных конструкций / Перспективы современного строительства : Сборник тезисов (магистрантов и аспирантов) III Национальной (Всероссийской) научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 21–23 апреля 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2025. – С. 51.

8. Улитин В. В., Егоров В. В., Серов Е. Н. Анализ устойчивости при сложном напряженном состоянии и физической нелинейности / Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 6(59). – С. 121-122.

9. Миронова С. И., Коваль П. С., Данилов Е. В., Казакевич Т. Н. Влияние циклического увлажнения на прочность многослойного материала, клееного из шпона // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8671

10. Власенко, Д. С. Модели архитектурно-пространственной реновации портовых комплексов // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2025/9795

11. Korolkov D., Bolodyan G., Gravit M. Estimation Residual Resource of Unreinforced Stone Structures by Changing the Parameters Masonry // Technological Advancements in Construction. Vol. 180. – Cham : Springer Verlag, 2022. – pp. 335-346.

12. Стрельцов Д. Ю. Исследование несущей способности длительно эксплуатируемых деревянных конструкций // Дисс. канд. техн. наук, М., 2003. 168 С.

References

1. Serov E. N., Serova T. A., Mironova S. I. Restavraciya derevyanny`x konstrukcij v zdaniyax i sooruzheniyax [Restoration of wooden structures in buildings and structures]: ucheb. posobie. SPbGASU. SPb., 2018. 411 p.
2. Ivanov V.F. Problemy` dolgovechnosti derevyanny`x konstrukcij [Durability issues of wooden structures]. M. GISL. 1950. 136 p.
3. Mironova S. I., Rudenya O. M.. Innovacii v derevyannom stroitel`stve: Materialy` 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 22–23 aprelya 2021 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j arhitekturno-stroitel`ny`j universitet, 2021. pp. 163-167.
4. Kisternaya M.V., Kozlov V.A. Drevesinovedcheskie aspekty` soxraneniya istoricheskix postroek. [Wood science aspects of the conservation of historic buildings. Petrozavodsk]: Karel`skij nauchny`j centr RAN, 2007. 133 p.
5. Korolkov D. I., Bolodyan G. I., Gravit M. V. Journal of Physics: Conference Series, Belgorod, 09-10 марта 2021 года. Том 1926. Belgorod: IOP Publishing Ltd, 2021. C. 012040.
6. Gromaczkiy V. A., Turkovskij S. B., Filimonov M. A. Stroitel`naya mexanika i raschet sooruzhenij. 2011. № 6(239). pp. 66-73.
7. Lyu Cz., Koval P. S.. Perspektivy` sovremennogo stroitel`stva : Sbornik tezisov (magistrantov i aspirantov) III Nacional`noj (Vserossijskoj) nauchno-texnicheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 21-23 aprelya 2025 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j arhitekturno-stroitel`ny`j universitet, 2025. P. 51.
8. Ulitin V. V., Egorov V. V., Serov E. N. Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2016. № 6(59). pp. 121-122.
9. Mironova S. I., Koval` P. S., Danilov E. V., Kazakevich T. N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2023. № 9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8671



10. Vlasenko, D. S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2025. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2025/9795

11. Korolkov, D. Bolodyan G., Gravit M. Technological Advancements in Construction. Vol. 180. Cham: Springer Verlag, 2022. pp. 335-346.

12. Strel'czov D. Yu. Issledovanie nesushhej sposobnosti dlitel'no e'kspluatiruemy'x derevyanny'x konstrukcij. [Study of the load-bearing capacity of long-term operated wooden structures]. Diss. kand. texn. nauk, M., 2003. 168 p.

Дата поступления: 8.09.2025

Дата публикации: 25.10.2025