

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЦЕРКВИ
УСПЕНИЯ ПРЕСВЯТОЙ БОГОРОДИЦЫ В ЧЕРДЫНИ С
ПРИМЕНЕНИЕМ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ**

УДК 72.021.1:004.9:726.03(470.53)

С.В. Максимова¹, И.А. Чеклецова¹, А.А. Шамарина¹¹*Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия***Аннотация**

В статье приведены результаты архитектурно-строительного обследования здания церкви Успения Пресвятой Богородицы в городе Чердынь Пермского края, образца провинциальной барочной архитектуры конца XVIII века. Обследование проведено с применением технологии наземного лазерного сканирования с целью получения исходных данных для проекта реконструкции колокольни и реставрации церкви. Изложены результаты документального анализа, изучены историко-архивные, эксплуатационные и другие документы. С помощью облака точек построена трехмерная модель здания, на основании которой уточнены архитектурно-планировочные параметры здания. Представлена визуализация в формате RCP (Recap), результаты поверочных расчетов конструкций притвора, 2D-чертежи для разработки проекта реконструкции колокольни и реставрации церкви.¹

Ключевые слова: объект культурного наследия, наземное лазерное сканирование, храмовая архитектура, строительное обследование

**LASER SCANNING TECHNOLOGY ARCHITECTURAL SURVEYING OF
THE USPENSKAYA CHURCH IN CHERDYN (RUSSIA)****S. Maksimova¹, I. Chekletsova¹, A. Shamarina¹**¹*Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia***Abstract**

The article represents the results of the architectural and construction survey of the Uspenskaya church in town of Cherdyn, Perm region, a sample of provincial baroque architecture of the late XVIII century. The laser scanner survey was used to obtain baseline data for the reconstruction project of the church bell tower. The documentary analysis was performed on the preliminary stage. Historical-archival, operational and other documents were studied. The results are summarized in the article. A point cloud was obtained and a three-dimensional model of the building was constructed. The updated architectural and planning parameters of the building were based on the three-dimensional model. Visualization is presented in the (Recap) format, the obtained results of strength calculation (for the church porch constructions) are shown, 2D-drawings were designed for the bell tower reconstruction project and the restoration of the building.²

Keywords: cultural heritage, ground-based laser scanning, temple architecture, construction surveying, provincial baroque architecture

¹ **Для цитирования:** Максимова С.В. Архитектурно-строительное обследование церкви Успения Пресвятой Богородицы в Чердыни с применением наземного лазерного сканирования / С.В. Максимова, И.А. Чеклецова, А.А. Шамарина // Architecture and Modern Information Technologies. – 2019. – №2(47). – С. 332-345 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/22_maksimova.pdf

² **For citation:** Maksimova S., Chekletsova I., Shamarina A. Laser Scanning Technology Architectural Surveying of the Uspenskaya Church in Cherdyn (Russia). Architecture and Modern Information Technologies, 2019, no. 2(47), pp. 332-345. Available at: https://marhi.ru/AMIT/2019/2kvart19/PDF/22_maksimova.pdf

Богатство севера Пермского края составляет архитектура Чердынского района, где Чердынь с ее исторической планировкой, каменными и деревянными церквями и колокольнями, занимает особенное место. Сохранение памятников архитектуры Чердыни – один из важнейших факторов развития культурно-познавательного туризма в городе, основа его качественного преобразования и устойчивого развития.

В числе объектов, входящих в перечень культурного наследия регионального значения Чердыни, находится церковь Успения Пресвятой Богородицы (Успенская) – культовое здание XVIII века, памятник архитектуры и градостроительства регионального значения. В настоящее время в планах муниципальных властей возвращение Успенской церкви ее первоначального облика. Архитектурно-строительное обследование, результаты которого представлены в данной статье, выполнялось с целью получения исходных данных для разработки в дальнейшем проектов реконструкции и реставрации здания. В ходе работы проводились: документальный анализ, цифровое обследование методом наземного лазерного сканирования, инструментальное обследование и диагностика неразрушающими методами контроля, поверочные расчеты строительных конструкций.

Документальный анализ включал историко-архивные, библиографические исследования церкви для получения исчерпывающих сведений об основных этапах жизненного цикла здания с момента его постройки до настоящего времени, что является надежной основой для оценки его текущего состояния, дальнейшего мониторинга и планирования мероприятий по его сохранению. Анализ сохранившихся исторических и эксплуатационных документов проводился в Городском архиве Чердыни, Чердынском краеведческом музее имени А.С. Пушкина, Государственном архиве Пермского края, в архиве автономного учреждения «Комплекс по сохранению историко-культурного наследия и охраны памятников» (КСИКНОП) города Чердыни.

Цифровое обследование объекта проведено с целью построения трехмерной текстурированной модели здания, оформлению на ее основе двумерных чертежей – планов, разрезов, фасадов и т.д., а также для проведения поверочных расчетов конструкций. Для получения сканов архитектурного объекта с последующей сшивкой в трехмерную модель был использован метод наземного лазерного сканирования. Преимущества применения лазерного сканирования в архитектурном обследовании известны благодаря точности получаемых измерений, скорости исполнения, возможности детально отснять сложные или труднодоступные архитектурные элементы. Пост-обработка съемки с помощью постоянно совершенствующихся программных продуктов позволяет получить большой объем данных как с точки зрения разнообразных линейных размеров, так и с точки зрения объемно-пространственных, композиционных характеристик объекта. Кроме того, наземное лазерное сканирование дает возможность производить работы и на малозастроенной местности, и на территориях с высокой плотностью застройки. Технология позволяет параллельно проводить мониторинг при строительстве, проектировании и эксплуатации здания.

Благодаря высокой скорости выполнения работ, точности и объему получаемой информации лазерное сканирование получило широкое распространение в практике исследования объектов историко-архитектурного и культурного наследия. С помощью лазерного сканирования были задокументированы фасады театра драмы города Якутска и наскальные рисунки в Якутии [3], церкви Александра Невского и Рождества Христова в Челябинске, здание Челябинской ГРЭС в Юрюзани [9], Дом Мешкова в Перми [1], храм Александра Невского в Новосибирске (Новониколаевске) [11]. Метод наземного лазерного сканирования активно использовался при обследовании и разработке программ реставрации крепостей Сан-Лоренцо и Портобелло в Панаме (Fort of San Lorenzo of the Chagres, Fortresses Portobello, Panama), церкви Рождества Христова в Вифлееме (Jerusalem Basilica of the Nativity, Bethlehem, Palestine) [10]. Лазерное сканирование применялось авторами при выполнении проекта реставрации Доходного дома М.М. Барановой в г. Перми [13], памятников архитектуры города Усолье Пермского края [15].

Практический опыт применения технологии наземного лазерного сканирования в различных областях, специфика съемки и построения цифровых моделей подробно изучены и обобщены в работах Бушневой [2], Комиссарова А.В. [6, 7], Середовича В.А [11].

Историко-архитектурный анализ

Церковь Успения Пресвятой Богородицы появилась в Чердыни в начале XVII века. Первоначально она была деревянной и входила в состав женского монастыря, который был закрыт в 1764 году. Новая каменная церковь, дошедшая до наших дней, была воссоздана после пожара в 1784 году. Колокольня с притвором были пристроены к зданию позднее, в 1845-1856 годах, а в 1884 году реконструированы.

В 1930-х годах глава с восьмериком и колокольня были разрушены. Существующие в здании фрески с евангельскими сюжетами и орнаментальными мотивами замазали известью и краской (к счастью, они сохранились под отделкой и были открыты в 2000 году). В начале 1960-х годов здание было передано Чердынскому краеведческому музею и с 1976 года до настоящего времени в нем функционируют архив и библиотека музея. В 2000 году церковь Успения была включена в перечень объектов культурного наследия регионального значения. Сейчас в ней расположен Музей истории православной веры. В 2001 году произведена масштабная реставрация интерьеров церкви. В 2005 году частично реконструирована кровля, восстановлен восьмерик и глава храма. Исторические трансформации храма представлены на рис.1.

Успенская церковь имеет традиционное для православных храмов архитектурно-планировочное решение: двухэтажный храм «кораблем» с последовательно расположенными помещениями: притвор, трапезная, храм, алтарь. Объемно-планировочное решение также традиционно: квадратный четверик, восьмерик, пятигранная апсида. Храмовая часть увенчана единственной главой. Поднимаясь на два яруса от верха притвора, колокольня со звонницей заканчивалась низким восьмериком, который венчал высокий шпиль. Высота колокольни от уровня пола первого этажа здания, согласно исследованию и проекту восстановления, разработанному Карапетяном по архивным чертежам, составляла 37,738 метров [14]. Перекрытия – сомкнутые своды, соединенные широкими приподнятыми арками. Свод над притвором был разобран в 1930 году.

Архитектура Успенской церкви примечательна тем, что в ней сочетаются элементы русского провинциального барокко (трапезная, храмовая часть, апсида) и позднего классицизма (притвор) [4,5]. Утраченная колокольня, как и притвор, была построена в стиле позднего классицизма [8,12]. В архитектуре окон апсиды (колонки с капителями) угадываются элементы, присущие «московскому барокко». Волюты и «жучковый орнамент», характерный для Строгановского барокко, и напоминающий об архитектуре Палат Строгановых в Усолье, дополняют убранство окон. Законченность фасаду придает отделка карнизов и зубчатый пояс по периметру из лекального кирпича. Внутреннее убранство храма составляют фрески на евангельские сюжеты в арках и сводах нижнего яруса. Пилястры с каннелюрами и карнизы использованы в декоре второго этажа.

Конструктивная система здания церкви Успения Пресвятой Богородицы – стеновая, с продольными наружными и поперечными внутренними несущими стенами. Верхний этаж храмовой части двусветный. Фундаменты – бутовые, ленточные, глубокого заложения. Отмостка отсутствует. Стены кирпичные, из большемерного кирпича; элементы декора – из лекального кирпича. Наружная отделка – побелка известью. Внутренняя отделка – штукатурка, побелка. Частично сохранились настенные росписи на евангельские сюжеты, орнаментальная живопись. Перекрытия: трапезной, храмовой части – сомкнутый кирпичный свод, алтаря – граненый полусомкнутый кирпичный свод; притвора – плоское деревянное перекрытие. Лестница притвора деревянная, лестница, ведущая на колокольню, находится в стене притвора и трапезной. Крыша: трапезной и притвора

двускатная, по деревянным стропилам; храмовой части – четырехскатная, по деревянным стропилам; алтарной части – пятискатная, по деревянным стропилам; обрешетка – деревянная; кровля – оцинкованная.



а)



б)



в)



д)



е)

Рис. 1. Исторические трансформации Церкви Успения Пресвятой Богородицы: а) общий вид (съемка начала XX века); б) южный фасад (дата съемки: 1995 г.); в) вид с юго-востока (дата съемки: август 2000 г.); г) вид с юго-запада. Восстановление восьмерика и главки (дата съемки – июль 2005 г.); д) вид с северо-запада. Современное состояние (дата съемки: июль 2018 г.)

Цифровое обследование

Работы по цифровому обследованию здания церкви Успения Пресвятой Богородицы методом наземного лазерного сканирования проводились в июле 2018 года сканером Leica SS C10.

После анализа ландшафта и градостроительной ситуации было определено местоположение 39 точек стояния рабочих станций (рис. 2а), что позволило получить облако точек с необходимыми пространственно-геометрическими характеристиками. Обработка и сшивка сканов в трехмерную модель проводилась в программе Leica Cyclone. Далее файл облака точек экспортированный в формате PTX из Leica Cyclone, был сконвертирован в формат RCP и далее – в AutoCAD. Формат DWG использовался для последующей работы по извлечению геометрии облака и созданию 2D векторной графики на его основе [13].

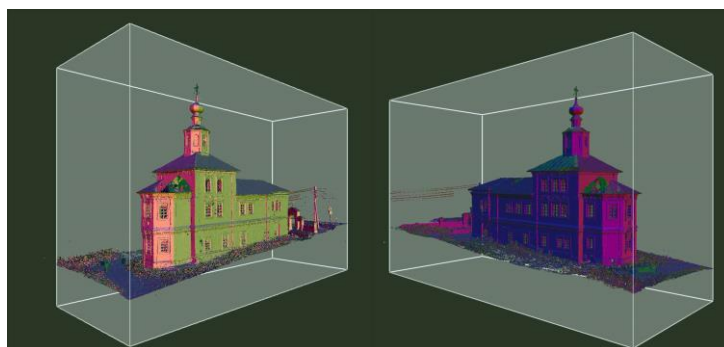
Программное обеспечение Autodesk Recap включает в себя эффективные инструменты визуального представления и обработки облака точек, позволяет менять плотность облака, параметры освещенности, цветовую схему стилизации (рис. 2б,2в). Так, например, программа дает возможность получить фотореалистичные изображения со всех точек стояния сканера. Эти виды получаются наложением высококачественных фотографий на облако точек, что в сочетании с удобной навигацией дает возможность детального изучения, измерения, аннотирования архитектурных элементов здания (рис. 2г), анализа монументально-декоративной росписи в нем (рис. 2д).



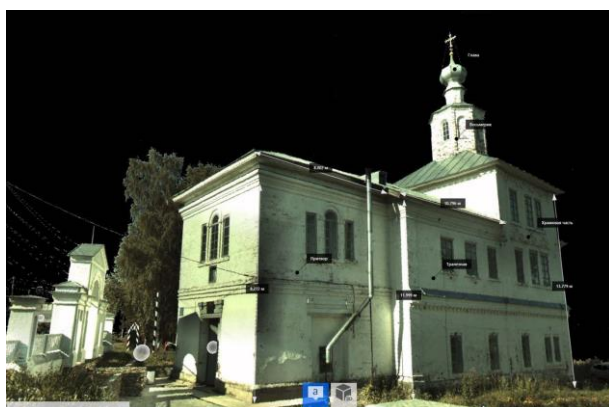
а)



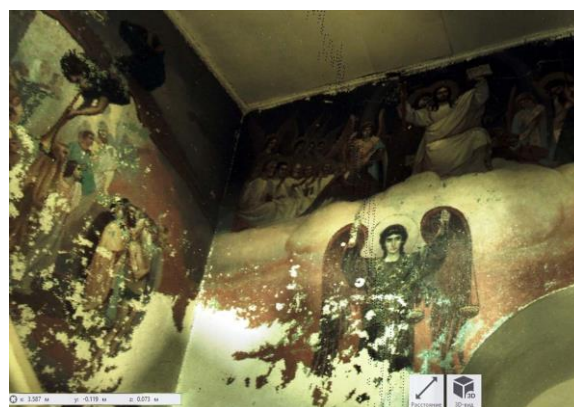
б)



в)



г)



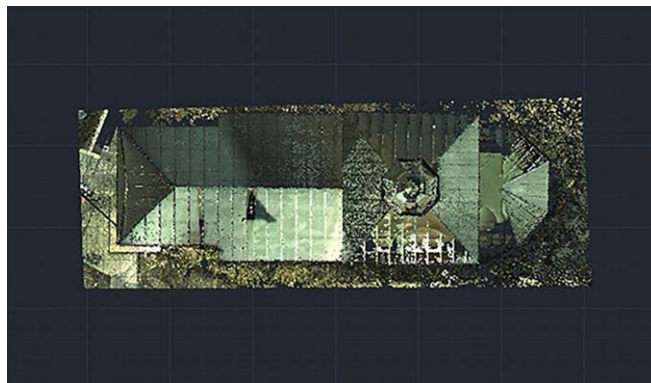
д)

Рис. 2. Визуальное представление точечной модели в Autodesk Recap: а) карта точек стояния сканера; б) общий вид точечной модели; в) подрезка облака при помощи инструмента Limit Box; г) фотореалистичное изображение храма с нанесенными размерами и примечаниями; д) фотореалистичное изображение сохранившейся фрески «Страшный суд»

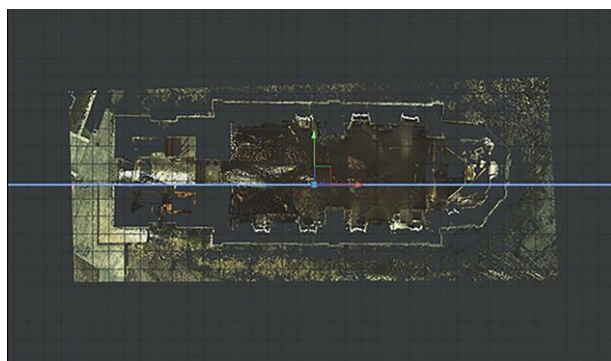
Для графического анализа планов церкви в программе AutoCAD произведено извлечение 2D-геометрии сегментированного облака точек. Последовательность операций показана на рис. 3. Сначала выполнена прямоугольная подрезка облака для отображения ограниченного фрагмента, после чего произведено его рассечение и извлечение геометрии отсеченного сегмента точечной модели. Данная методика была успешно применена при выполнении проекта реставрации «Доходного дома М.М. Барановой» [13].



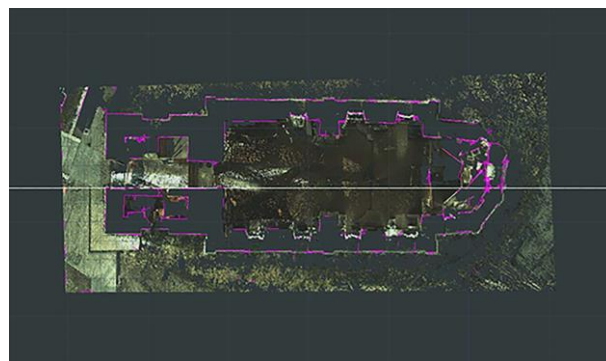
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Извлечение 2D-геометрии облака точек: а) подрезка облака точек; б) поворот подрезанного облака; в) сечение первого этажа; г) извлечение геометрии отсеченного сегмента

Поэтажные планы церкви, полученные в ходе сканирования, сравнивались с планами из проекта восстановления колокольни [14], которые на сегодняшний день являются как наиболее «свежими», так и единственными официальными документами, используемыми для реставрационных работ (рис. 4, 5).

Горизонтальное сечение, выполненное в результате графической доработки аппаратно-извлеченной геометрии сечения облака точек, позволило уточнить как угловые, так и все линейные размеры в комплексе. При сравнении старых и новых планов обнаружены расхождения общих габаритов здания на 905 мм по крайним осям, размеров отдельных архитектурных элементов, простенков, в расположении и геометрии оконных проемов.

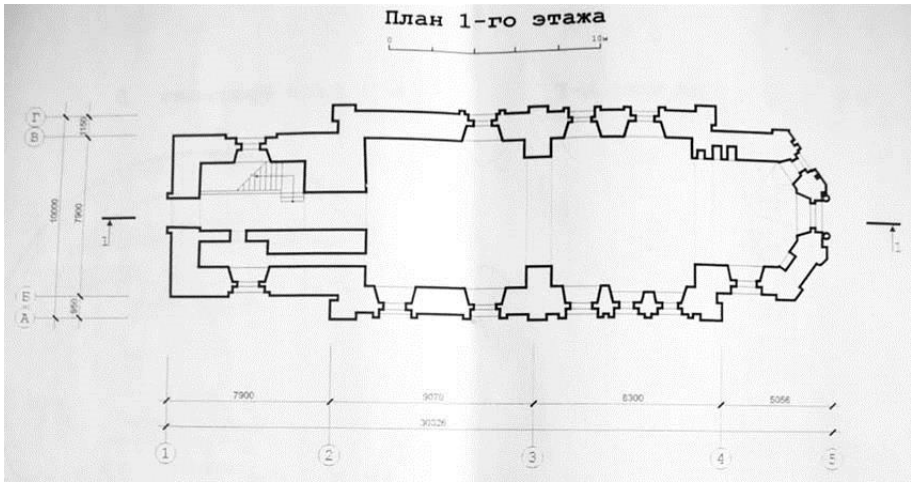


Рис. 4. План первого этажа здания из Проекта восстановления колокольни [14]

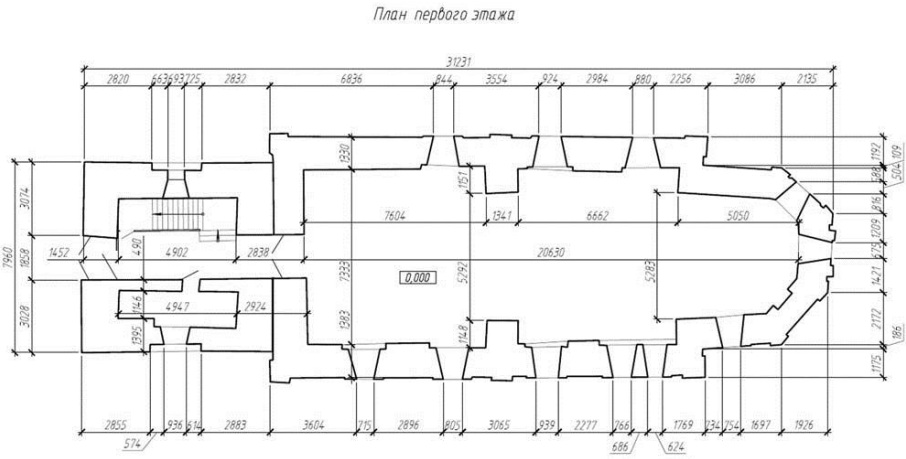


Рис. 5. План первого этажа здания, полученный из точечной модели

Инструментальное обследование

Полученные в ходе цифрового исследования точные геометрические характеристики здания были дополнены параметрами, полученными при помощи визуального анализа состояния конструкций и анализа поверхностной прочности несущих кирпичных стен и сводов методом неразрушающего контроля при помощи прибора ИПС-МГ4.

Оценка технического состояния конструкций здания – фундаментов, стен, крыши – проводилась по визуальным признакам³. На основании совокупных данных определялась фактическая прочность кирпичной кладки наружных и внутренних стен здания для проведения поверочного расчета прочности несущих стен при увеличении расчетной нагрузки в связи с планируемой надстройкой колокольни.

Фасад церкви в месте примыкания притвора к трапезной имеет трещины (рис. 6а). Так как притвор с колокольной пристраивались к основному зданию в более позднее время, перевязки кладки между трапезной и притвором нет. Это означает, что фактически между ними существует деформационный шов. Раскрытие трещины по штукатурке в месте деформационного шва сверху и затухание трещины книзу свидетельствует о

³ ГОСТ Р 55567-2013 “Порядок организации и ведения инженерно-технических исследований на объектах культурного наследия. Памятники истории и культуры. Общие требования”.

неравномерной деформации грунта основания в двух частях здания, при этом характер трещины позволяет предположить, что осадку испытывает храм, который оседает с восточной стороны (со стороны апсиды, вниз по склону), тогда как притвор остается на месте.

Неорганизованный водосток, отсутствие отмостки и организации поверхностного стока с территории являются причинами увлажненного состояния цоколя и локального разрушения штукатурки, кирпичной кладки, коррозии металлических элементов (рис. 6б-д). Периодическое увлажнение наружных стен способствует развитию биологической коррозии материала стен, настенной живописи внутри здания.

Измеренная при помощи прибора ИПС-МГ4 прочность кирпича стен притвора составляет 12,3–13,9 МПа, что соответствует марке М100. Прочность стен трапезной и храма составляет 9,4–11,1 МПа, что соответствует марке М75. Прочность кирпича верхней части здания (сводов и стен внутри крыши) составляет 13,8–15,6 МПа, что соответствует марке М125. Прочность раствора стен составляет 3,0–4,0 МПа, что соответствует марке М25.

Для установления реальных размеров и материала фундаментов, определения типа грунта основания было выполнено три шурфа у стен притвора церкви. При осмотре фундаментов в шурфах выявлено, что материал фундаментов трапезной и притвора – кладка из плитчатого бута, материал бутового камня – известняк.

Установлено, что фундамент притвора выполнен с уширением в основании, что объясняется тем, что притвор строился вместе с колокольной, и такая конструкция обеспечивала большую устойчивость фундамента в грунте и меньшее напряжение под подошвой. Толщина верхней части фундамента, на которую опираются стены, составляет около 1,5 м. Высота верхней части от уровня цоколя – 0,7 м. Уширение фундамента составляет 1 м в каждую сторону. Таким образом, ширина подошвы фундамента составляет 3,5 м. Между верхней частью фундамента и уширенной существует перевязка блоков в горизонтальном направлении. Высота уширенной части составляет 1,25 м. Глубина заложения фундамента от уровня низа цоколя составляет 1,95 м. Фундаменты притвора и трапезной выполнены в плотную, но без перевязки кладки. Трещин по стыку фундаментов не обнаружено. Визуально в основании фундамента определяется тяжелая супесь – песок, приблизительно на 15–20% перемешанный с глинистыми частицами, на уровне уширенной подошвы – мелкие пески. Грунтовые воды при шурфовании не обнаружены.

Состояние всех деревянных конструкций крыши – работоспособное. Следы гниения отсутствуют. Некоторые стропила имеют трещины, вызванные естественной усушкой материала за период эксплуатации, не влияющие на несущую способность конструкций.

Состояние металлических соединительных элементов – скоб, гвоздей – работоспособное, хотя следы коррозии присутствуют, в том числе, на отдельных элементах металлической конструкции главки. Во внутренних пространствах крыш над трапезной и над четвериком храма своды кирпичные. Свод над притвором демонтирован.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о незначительном снижении несущей способности и долговечности конструкций церкви и, в соответствии с ГОСТ ГОСТ Р 55567-2013, техническое состояние фундаментов, стен здания и деревянных конструкций крыши признано работоспособным, что подтверждает целесообразность восстановления колокольни.



Рис. 6. Фотофиксация дефектов и повреждений (фото автора): а) трещина между притвором и трапезной; б) сквозная коррозия стальной двери в подвал; в) замачивание штукатурки и кирпичной кладки, разрушение штукатурного слоя; г) замачивание штукатурки и кирпичной кладки в уровне первого этажа, водоотвод не организован; д) разрушение кирпичной кладки цоколя, отсутствие отмостки

Поверочные расчеты строительных конструкций

На основании проведенных исследований были проведены поверочные инженерно-технические расчеты конструкций притвора на нагрузку, возникающую при восстановлении утраченной колокольни. Поскольку между притвором и трапезой существует деформационный шов, нагрузку от восстановленной колокольни будут воспринимать только конструкции притвора. Поверочные расчеты касались кирпичных стен притвора и оснований фундаментов под притвором. Целью расчетов являлось определение возможности надстройки колокольни на существующие конструкции.

Нагрузка от колокольни принята на основании геометрических размеров колокольни, материалов конструкций и оснащения звонницы, приведенных в эскизном проекте восстановления колокольни Успенской церкви [14]. Геометрические размеры стен притвора приняты фактические, по результатам лазерного сканирования здания. Грунты основания приняты на основе данных, полученных при освидетельствовании грунтов и фундаментов в шурфах, физико-механические свойства уточнены по данным инженерно-геологических изысканий 2014 года.

Расчет кирпичных стен притвора выполнен в приложении к программному комплексу SCAD Office «Камин», версия 21.1.1.1. Фундаменты и грунты основания проверялись в расчетной программе «Фундамент», версия 13.3.

По результатам поверочных расчетов установлено, что несущая способность кирпичных стен притвора на полную расчетную нагрузку с учетом восстановления колокольни обеспечена. Запас несущей способности составляет 56,5%. Несущая способность грунтов основания на полную расчетную нагрузку также обеспечена. Запас несущей способности составляет 72%. Таким образом, механическая безопасность здания после надстройки колокольни обеспечивается.

Проведенное архитектурно-строительное обследование позволило зафиксировать текущее состояние Успенской церкви в Чердыни, скорректировать и дополнить сведения, содержащиеся в архивных и эксплуатационных документах, подготовить исходные данные для проекта восстановления колокольни и реконструкции здания в целом. Созданная трехмерная точечная модель в дальнейшем ложится в основу цифровой базы данных об исследуемом объекте и будет использована в качестве подосновы для информационного моделирования реконструируемой колокольни храма в Autodesk Revit. Детальная, качественная исходная информация об объекте исследования в виде облачной модели позволит выполнить точные построения информационной модели здания.

Накопление подобной информации и формирование баз данных, является прочным фундаментом для мониторинга состояния объектов историко-культурного наследия и разработки своевременных мероприятий по их консервации и реставрации, особенно для исторических объектов, находящихся в отдаленных районах России.

Источники иллюстраций

- Рис. 1. а) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sobory.ru/photo/341861> (дата обращения: 15.11.2018);
 б) из архива АУ «КСИКНОП» г. Чердыни;
 в) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://cultinfo.ru/brumfield/photoarchive/perm_cherdyn/brumfieldcherd-02-09_10472_m.htm (дата обращения: 15.11.2018);
 г) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://sobory.ru/photo/10486> (дата обращения: 15.11.2018);
 д) фото авторов.
 Рис. 2. а-г: рисунок авторов.
 Рис. 3. а-г: рисунок авторов.
 Рис. 4. [14].
 Рис. 5. план из модели авторов.
 Рис. 6. а-б: фото авторов.

Литература

1. Богданец Е.С. Создание трехмерной модели архитектурного объекта по данным наземного лазерного сканирования / Е.С. Богданец, А.А. Кривенко, В.В. Мусихин // Электронный журнал «Геопрофи». - 2007. - №50. - С.50-52 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.geoprofi.ru/technology/Article_3050_10.aspx (дата обращения: 19.11.2018).
2. Бушнева И.А. Об использовании наземного лазерного сканирования для получения фасадных чертежей исследуемых зданий и строений / И.А. Бушнева, Ю.А. Безверхова, Г.Г. Шевченко, Д. А. Гура // Электронный журнал «Научные труды Кубанского государственного технологического университета». - 2016. - №11. - С. 89-97 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://ntk.kubstu.ru/tocs/32> (дата обращения: 19.11.2018).
3. Варламова Л.Д. Использование лазерного сканера для сохранения архитектурно-исторического наследия / Л.Д. Варламова, Д.Д. Дмитриев // Электронный журнал «Интерактивная наука». - 2017. - № 12 (22). - С. 10-13 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://interactive-science.media.ru/article/466433/discussion_platform (дата обращения: 19.11.2018).
4. Гуменюк А.Н. «Сибирское барокко» в архитектуре малых городов Западной Сибири XVIII-начала XIX вв. / А.Н. Гуменюк, И.В. Ляликов // Электронный журнал «Омский научный вестник». - 2014. - №4(131). - С. 181-190 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://vestnik.omgtu.ru/images/stories/arhiv/2014/4_131_2014/174-228kulturologiya_isskustvoved.pdf (дата обращения: 19.11.2018).
5. Каптиков А.Ю. Вятско-уральские архитектурные связи в эпоху барокко // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. - 2015. - №4. - С. 41-45.
6. Комиссаров А.В. Обоснование направлений использования данных цифровой съемки при наземном лазерном сканировании // Электронный журнал «Вестник Сибирского государственного университета геосистем и геотехнологий». - 2016. - №1(33). - С. 95-100 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://vestnik.ssga.ru/wp-content/uploads/2016/05/331_2016_rus.pdf (дата обращения: 18.11.2018).
7. Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.34. – Новосибирск, 2015. - 278 с.
8. Косточкин В.В. Чердынь. Соликамск. Усолье. - М.: Стройиздат, 1988. - 181 с.
9. Оленьков В.Д. Автоматизация диагностики технического состояния зданий и сооружений в процессе их эксплуатации / В.Д. Оленьков, Д.С. Попов // Электронный научный журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2012. - №17. - С. 82-85 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://vestnik.susu.ru/building/article/view/791> (дата обращения: 17.11.2018).
10. Парринелло С. Современные методы архитектурного обследования городской среды: монография / С. Парринелло, С.В. Максимова, Л.В. Сосновских. - Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. - 121 с.
11. Радзюкевич А.В. Технология лазерного сканирования и пропорционального анализа форм памятника архитектуры (на примере храма Александра Невского в Новосибирске (Новониколаевске)) / А.В. Радзюкевич, М.А. Чернова, В.А. Середович, А.В. Иванов // Architecture and modern information technologies. - 2012. - №2(19). -С. 1-14 [Электронный ресурс]. - Режим доступа:

<http://marhi.ru/AMIT/2012/2kvart12/radzjukevich/abstract.php> (дата обращения: 23.11.2018).

12. Чагин Г.Н. Города Перми Великой Чердынь и Соликамск. - Пермь: Кн. мир, 2004. – 256 с.
13. Шамарина А.А. Методика наземного лазерного сканирования и обработки данных при обследовании объектов историко-культурного наследия / А.А. Шамарина, К.О. Мезенина // Электронный научный журнал «Вестник Пермского национального исследовательского университета. Прикладная экология. Урбанистика». - 2016. - №2. - С. 45-62 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://vestnik.pstu.ru/urbanistic/archives/?id=&folder_id=5593 (дата обращения: 19.11.2018).
14. Эскизный проект восстановления колокольни Успенской церкви г. Чердынь, ЧП Карапетян П.П. Архитектурная мастерская Карапетян П.П. и О.В. – 2003. - 18 с.
15. Parrinello S. Multy-method architectural survey as a tool for historic architectural heritage conservation / S. Parrinello, S.V. Maksimova, К.О. Mezenina // Электронный научный журнал «Вестник Пермского национального исследовательского университета. Прикладная экология. Урбанистика». - 2015. - №3. - С. 5-19 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://vestnik.pstu.ru/urbanistic/archives/?id=&folder_id=5025 (дата обращения: 19.11.2018).

References

1. Bogdanec E.S., Krivenko A.A., Musihin V.V. *Sozdanie trekhmernoj modeli arhitekturnogo ob"ekta po dannym nazemnogo lazernogo skanirovaniya* [Creation of a 3D model for an architectural object based on the ground laser scanning data. Geoprofi magazine]. 2007, no.4, 50-52 pp. Available at: http://www.geoprofi.ru/technology/Article_3050_10.aspx
2. Bushneva I.A., Bezverhova Yu.A., Shevchenko G.G., Gura D.A. *Ob ispol'zovanii nazemnogo lazernogo skanirovaniya dlya polucheniya fasadnyh chertezhej issleduemyh zdaniy i stroenij* [Using terrestrial laser scanning for facade drawings studied buildings and structures. Scientific works of Kuban State Technological University]. 2016, no. 11, pp. 89-97. Available at: <https://ntk.kubstu.ru/tocs/32>
3. Varlamova L.D., Dmitriev D.D. *Ispol'zovanie lazernogo skanera dlya sohraneniya arhitekturno-istoricheskogo naslediya* [Using a laser scanner to preserve architectural and historical heritage. Interactive science]. 2017, no.12(22), pp. 10-13. Available at: https://interactive-science.media/ru/article/466433/discussion_platform
4. Gumenyuk A.N., Lyalikov I.V. «Sibirskoe barokko» v arhitekture malych gorodov Zapadnoj Sibiri XVIII-nachala XIX vv. ["Siberian baroque" in architecture of small towns of Western Siberia XVIII - early XIX centuries. Omsk Scientific Bulletin]. 2014, no. 4(131), pp. 181-190. Available at: http://vestnik.omgtu.ru/images/stories/arhiv/2014/4_131_2014/174-228kulturologiya_isskustvoved.pdf
5. Kaptikov A.Yu. *Vyatsko-ural'skie arhitekturnye svyazi v ehphu barokko* [Viatka-Ural architectural contacts on the baroque era. Uralniiproekt RAASN Academic bulletin]. 2015, no. 4, pp. 41-45.
6. Komissarov A.V. *Obosnovanie napravlenij ispol'zovaniya dannyh cifrovoj s"emki pri nazemnom lazernom skanirovanii* [Substantiation of directions of data use digital survet in terrestrial laser scanning. Siberian state university of geosystems and technologies bulletin].

- 2016, no. 1(33), 95-100 pp. Available at: http://vestnik.ssga.ru/wp-content/uploads/2016/05/331_2016_rus.pdf
7. Komissarov A.V. *Teoriya i tekhnologiya lazernogo skanirovaniya dlya prostranstvennogo modelirovaniya territorij* [Theory and technology of laser scanning for spatial modeling of territories. Grand PhD dis.]. Novosibirsk, 2015, 278 p.
 8. Kostochkin V.V. *Cherdyn', Solikamsk, Usol'e* [Cherdyn, Solikamsk, Usolye]. Moscow, Strojizdat, 1988, 181 p.
 9. Olen'kov V.D., Popov D.S. *Avtomatizatsiya diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya zdaniy i sooruzhenij v processe ih ehkspluatacii* [Automation diagnostics of building and structure technical state in the process of their use. Bulletin of SUSU. Series «Construction and architecture»]. 2012, no. 17, pp. 82-85. Available at: <https://vestnik.susu.ru/building/article/view/791>
 10. Parrinello S., Maksimova S.V., Sosnovskih L.V. *Sovremennye metody arhitekturnogo obsledovaniya gorodskoj sredy: monografiya* [Contemporary methods of urban environment architectural survey: The monograph]. Perm', Izd-vo Perm. nac. issled. politekhn. un-ta, 2015, 121 p.
 11. Radzyukevich A.V., Chernova M.A., Seredovich V.A., Ivanov A.V. Laser scanning and proportional analysis technology of architectural monuments forms (for example Alexander Nevsky church in Novosibirsk (Novonikolaevsk)). *Architecture and modern technologies*, 2012, no. 2(19), 1-14 pp. Available at: <http://marhi.ru/AMIT/2012/2kvart12/radzyukevich/abstract.php>
 12. Chagin G.N. *Goroda Permi Velikoj Cherdyn' i Solikamsk* [The towns of Perm Great Cherdyn and Solikamsk]. Perm', Kn. Mir, 2004, 256 p.
 13. Shamarina A.A., Mezenina K.O. *Metodika nazemnogo lazernogo skanirovaniya i obrabotki dannyh pri obsledovanii ob"ektov istoriko-kul'turnogo naslediya* [Methodology of terrestrial laser scanning and data processing during survey of historical-cultural heritage. Bulletin of Perm National research polytechnic university. Applied ecology. Urban development]. 2016, no. 2, pp. 45-62. Available at: http://vestnik.pstu.ru/urbanistic/archives/?id=&folder_id=5593
 14. *Eskiznyj proekt vosstanovleniya kolokol'ni Uspenskoj cerkvi g. Cherdyn'* [Sketch project of restoration of the bell tower of the Uspenskaya Church in Cherdyn]. ChP Karapetyan P.P. Arhitekturnaya masterskaya Karapetyan P.P. i O.V., 2003, 18 p.
 15. Parrinello S., Maksimova S.V., Mezenina K.O. Multy-method architectural survey as a tool for historic architectural heritage conservation [Multi-method architectural survey as a tool for historic architectural heritage conservation Bulletin of Perm National research polytechnic university. Applied ecology. Urban development]. 2015, no. 3, pp. 5-19. Available at: http://vestnik.pstu.ru/urbanistic/archives/?id=&folder_id=5025

ОБ АВТОРАХ

Максимова Светлана Валентиновна

Доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

e-mail: svetlana-maximova@yandex.ru

Чеклецова Ирина Александровна

Магистрант группы АПР-17-1м, кафедра «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия
e-mail: chekletcova.irina@gmail.com

Шамарина Анна Александровна

Старший преподаватель, кафедра «Архитектура и урбанистика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия
e-mail: annashamarina@yandex.ru

ABOUT AUTHORS**Maksimova Svetlana**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Architecture and Urbanistics, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
e-mail: svetlana-maximova@yandex.ru

Chekletsova Irina

Master's Degree Student of the APR-17-1m Group of the Department of Architecture and Urbanistics, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
e-mail: chekletcova.irina@gmail.com

Shamarina Anna

Senior Lecturer of the Department of Architecture and Urbanistics, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
e-mail: annashamarina@yandex.ru