УДК 694.14

АНАЛИЗ РАБОТЫ УЗЛОВ СОЕДИНЕНИЙ ТРАДИЦИОННЫХ ДЕРЕВЯННЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

***Хмельницкий Е.С.**, старший преподаватель кафедры «Промышленное и гражданское строительство» МОУВО «Белорусско-Российский университет» г. Могилев, Беларусь*

Аннотация: В статье описываются традиционные для Беларуси узлы соединения элементов деревянных стропильных систем. Исследуется их поведение при различных вариантах воздействия. Рассматривается возможность применения данных исследований для проектирования современных строительных конструкций и реставрации.

Ключевые слова: древесина, деревянные конструкции, деревянная архитектура, архитектурные конструкции, узлы соединения.

Деревянные конструкции были одними из самых распространенных на протяжении многих столетий по всему миру. Многие из них сохранились и до наших дней. Сегодня такие исторические памятники являются не только источником знаний о технологии и инженерных решениях, но и об уровне мастерства их создателей, при этом являясь свидетельством культурного наследия. Однако значительная часть памятников архитектурного зодчества требует соответствующего вмешательства для поддержания или улучшения их технического состояния.

К факторам, повлиявшим на состояние деревянных исторических зданий, можно отнести: гниение материала под воздействием биологических и физических факторов; ошибки при проектировании или возведении; ненадлежащий уход или отсутствие требуемой защиты в процессе эксплуатации; изменение функционального назначения здания или сооружения; случайные события, аварии и сбои. Также некоторые естественные пороки материала, такие как сучки, усушка, косослой, или порча древесины, насекомыми тоже могут негативно повлиять на ее конструктивные характеристики, что является особенно опасным в критических точках, таких как узлы соединения отдельных элементов.

Понимание механизмов работы и разрушения, происходящих в узлах, очень важно с точки зрения соответствующих мер по усилению, реставрации и реконструкции. Это связано со следующими факторами: благодаря столярным соединениям элементы здания работают как единое целое; узловые соединения обеспечивают передачу усилий между соединенными элементами; поведение соединений, как правило, очень сильно влияет на результат глобального анализа конструкции; деревянные столярные соединения, характеризуются способностью повторного использования, т.е. могут нести нагрузки после разборки и повторной сборки; традиционные деревянные столярные соединения могут являться объектами культурного наследия. Как правило, традиционные деревянные конструкции являются статически неопределимыми. При этом на статическое поведение всей системы влияют жесткость элементов, опор и конструктивных соединений.

На территории республики Беларусь существует достаточно много сооружений в которых сохранились оригинальные деревянные конструкции с традиционными узлами соединений [1]. Примером такого объекта может служить Храм Преображения Господня на севере Гомельской области в г. Чечерске, находящийся на площади на пересечении улиц Пролетарской и Трудовой и построенный ориентировочно в 1779-83 гг. Данная церковь является архитектурным памятником эпохи классицизма республиканского значения. Конструкция основы несущей стропильной системы храма представляет собой довольно сложное многоступенчатое сооружение в форме усеченной четырехгранной пирамиды с четырьмя поперечными поясами и опиранием на кирпичную стену (Рисунок 1, а). Несущую функцию в этой конструкции выполняют четыре деревянные балки, расположенные под углом 50° к кирпичной стене и сходящиеся в вершине купола. Представленный на рисунке поперечный разрез (Рисунок 1, б) части стропильной системы с расположением элементов поперечных поясов в месте расположения балки-подкоса позволяет сделать вывод, что в этом случае присутствует большое количество мест пересечения различных элементов.

а) б)

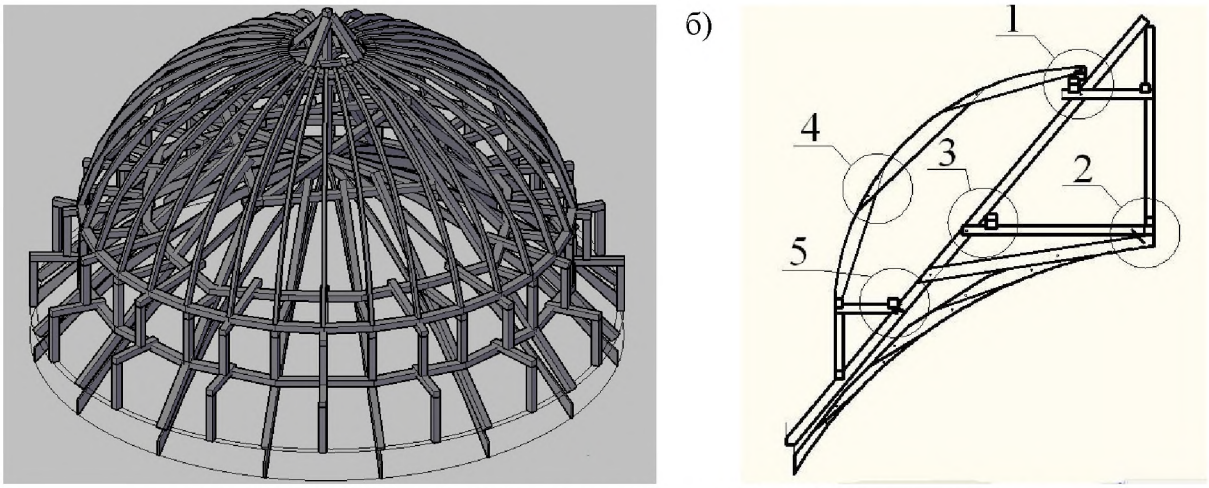

Рисунок 1 – Конструкция купола Храма Преображения Господня
а - Стропильная система Храма Преображения Господня;
б - Схема расположения основных элементов системы в области балки-подкоса.

Первый узел – это узел крепления площадки верхнего пояса к балке. В этом узле реализовано пересечение сразу четырех элементов, находящихся в разных плоскостях. Все соединения выполнены в виде врубок элементов друг в друга. При этом глубина врубки не превышает 25 % площади поперечного сечения элементов, что не приводит к серьезному уменьшению несущей способности отдельных элементов. Второй узел – это узел крепления вертикального столба и балок подвесного потолка к диагональным элементам второго поперечного пояса. Узел выполнен с добавлением металлических элементов, кованных металлических лент с шириной 3,5 см и толщиной 0,5 см. Их применили для поддержки проектного положения осевого столба и для компенсации приложенной к данному месту

нагрузки от подвесной люстры. Металлические скобы, служат для страховочного крепления верхней части балок. Третий узел – узел крепления площадки второго пояса к основному подкосу. Узел реализован посредством комбинированного закрепления с помощью соединения элементов внакладку и деревянного нагеля диаметром 5 см. Помимо более сложных узлов соединения в конструкции присутствуют типичные для национальной архитектуры соединения внахлест с применением деревянных нагелей, а также врубки с металлическими скобами (пятый узел).

Другим примером деревянного зодчества Беларуси является церковь святых Козьмы и Демьяна, построенная в начале XIX в. в деревне Городок, Глусского района, Могилевской области. Церковь является архитектурным памятником республиканского значения и содержит ряд конструктивных решений актуальных и для современной строительной практики. Композиционно храм является продольно-осевым, протяженным и состоит из прямоугольного основного объема, трёхъярусной звонницы, опирающейся на прямоугольный объем, пятигранной аспиды и бабинца, а также боковые элементы притвора и приделов [2]. В конструкции церкви присутствуют два полусферических купола: первый венчает звонницу и установлен на восьмигранном основании над притвором, второй, более крупный, расположен прямо над средокрестием и опирается на восьмигранный барабан условным диаметром 8 м, переходящий в основании в конструкцию основного объема. В некоторых источниках годом постройки храма называют 1866 [3]. Это связано с тем что в это время церковь подверглась серьезной перестройки ввиду неудовлетворительного технического состояния и получила звонницу в качестве пристройки.

Конструкция купола, выполненного над звонницей, опирается на прямоугольный объем переходящий в восьмигранную форму. Высота купола составляет около 2,15 м, поддерживаемый системой из 10 полуарок. Они выполнены в виде упрощенного варианта кружальных элементов, собранных из 8-10 отдельных частей длинной по 80 см каждая. Стропильный элемент выполнен спаренным с соединением парными деревянными шкантами с шагом 25 см. Ширина составляет 13-14 см, а высота от 18 до 20 см. Нагели выполнены квадратными со стороной поперечного сечения по 2,5-3 см (Рисунок 2). Установка нагелей осуществлялась в заранее изготовленные отверстия. Поверх данных стропильных полуарок устроен разряженный дощатый настил, на который уложен кровельный материал. На данный момент в качестве покрытия служит более поздняя, чем представленная стропильная система, жестяная кровля.

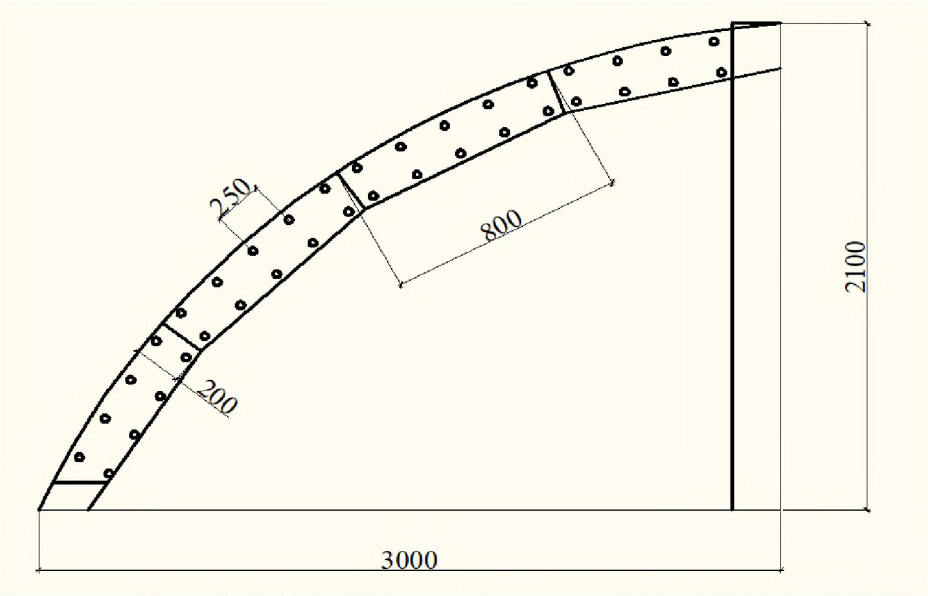

Рисунок 2 – Схема устройства полуарки купола звонницы

Крыша над бабинецем выполнена двухскатной с вальмами над аспидом. Стропильная система в этой части здания состоит из ряда висячих стропил, также покрытых разряженным настилом. Крепление затяжки и стропильных ног осуществляется внакладку с помощью соединения типа полусковороднень с помощью сквозных деревянных нагелей (Рисунок 3). Коньковые узлы, а также опорные узлы стропильных ног выполнены из местной древесины без применения металлических элементов, что является тенденцией для всего здания в целом.

Рисунок 3 – Крепление затяжки к стропильной ноге

Таким образом можно сделать вывод что в Республике Беларусь существует значительная материальная база узлов соединений различных деревянных конструкций, работа которых в качестве конструктивных элементов не до конца изучена с точки зрения современного конструкторского проектирования и применения новых систем автоматизированного проектирования. При этом эти конструктивные узлы могут применяться как в области архитектурной реставрации и исторической реконструкции, так и при возведении новых зданий и сооружений с деревянным каркасом. Что особенно актуально для нашего государства, т.к. широкое использование древесины в качестве конструктивного строительного материала на территории Беларуси детерминировано природными запасами и сравнительно небольшим периодом восстановления этого ресурса.

На данном этапе исследования проводится компьютерное моделирование различных видов узлов соединения традиционных стропильных систем, предназначенных для небольшого жилого домостроения. Определяются точки и поверхности с критическими усилиями в узлах опирания стропильных ног на конструкцию стены, в местах соединения стропил с другими элементами, в коньковых узлах и др. Рассматривается поведение древесины при различных условиях приложения нагрузки, в том числе при установке нагелей или иных соединительных элементов.

Также проводятся ручные расчеты стропильных систем в целом и отдельных улов по современным действующим техническим нормативно-правовым актам [4, 5].

Проведенный первичный анализ показывает, что применения новых программных средств, оперирующих методами конечных элементов, может оказать помощь в предсказании реального поведения традиционных деревянных конструкций, что в свою очередь позволит эффективно решать вопросы в области реконструкции и восстановления памятников деревянного зодчества и помогать при конструктивных расчетах самых различных элементов, основанных на применении накопленного народного опыта.

Литература

1. Сергачёв, С.А. Народное зодчество Беларуси. История и современность / С.А. Сергачев. – Минск : Белорусская Энциклопедия имени Петруся Бровки, 2015 – 560. – 1000 экз. – ISBN 978-985-11-0873-8.

2. Збор помнікаў гісторыі і культуры Беларусі. Магілёўская вобласць. — Мінск: БелСЭ, 1986. — 408 с.; іл.

3. Кулагін, А.М. Праваслаўныя храмы Беларусі : энцыклапедычны даведнік / А.М. Кулагін, Г.П. Пашкоў, Л.В. Календа. — Мн.: БелЭн, 2007. — С. 653.

4. СН 5.05.01-2021. Деревянные конструкции. – Введ. 01.06.2021 – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 115 с.

5. СН 5.05.02-2023. Деревянные конструкции. Правила расчета. – Введ. 10.01.2024. – Минск: Минстройархитектуры, 2024. – 133 с.