

УДК 624.011.1: 674.028.9

Е.Н. Серов¹, А.Е. Серов²

¹С.-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

²ОАО «С.-Петербургский научно-исследовательский институт по реставрации памятников истории и культуры "НИИ Спецпроектреставрация"»

Серов Евгений Николаевич родился в 1932 г., окончил в 1963 г. Ленинградский инженерно-строительный институт, доктор технических наук, профессор кафедры конструкций из дерева и пластмасс С.-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. Имеет более 130 печатных работ в области исследования клееных деревянных конструкций с учетом анизотропных свойств материалов.
Тел.: 89117541784



Серов Александр Евгеньевич родился в 1958 г., окончил в 1980 г. Ленинградский инженерно-строительный институт, главный инженер проекта АМ-6 ОАО «С.-Петербургский научно-исследовательский институт по реставрации памятников истории и культуры "НИИ Спецпроектреставрация"». Имеет 5 печатных работ в области инженерной реставрации памятников истории и архитектуры г. С.-Петербурга.
E-mail: reser@list.ru



ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСИЛЕНИЮ БАЛОК НИЖНЕГО ЧЕТВЕРИКА ПРЕОБРАЖЕНСКОЙ ЦЕРКВИ НА О. КИЖИ

Изучено состояние Преображенской церкви на о. Кижы, отмечено запредельное состояние балок нижнего четверика, рассмотрено три варианта усиления основных балок памятника деревянного зодчества.

Ключевые слова: памятники деревянного зодчества, запредельное состояние, усиление балок нижнего четверика.

Стоимость работ по сохранению и реставрации памятников истории, культуры и архитектуры (ПА) достаточно высока, однако государство идет на эти траты, спасая шедевры, возведенные по замыслам выдающихся архитекторов, инженеров и гениальных народных умельцев. Памятников деревянного зодчества с каждым годом становится все меньше и меньше [2, 5]. Существует реальная опасность полной утраты этих всемирно известных, но очень хрупких, в прямом и переносном смысле, объектов нашего культурного наследия. Одной из причин этих потерь является отсутствие во многих проектах реставрации инженерных решений, обычно отражающих волю, вкусы и пристрастия авторов. Инженерная беспомощность реставраторов заложена в структуре многих советов и организаций, ответственных за реставрацию [7, 9].

© Серов Е.Н., Серов А.Е., 2013

Одной из основных жемчужин деревянного русского зодчества – церкви Преображения Господня на о. Кижи, в 2014 г. исполняется 300 лет. Там же на острове стоит миниатюрная церковь Воскрешения Лазаря, которой более 600 лет. Она была поставлена Лазарем Муромским до его кончины – приблизительно в 1391 – 95 гг. В мировой практике имеются даже более древние деревянные сооружения. Сохранность их зависит от многих факторов, одним из главных уверенно можно назвать состояние кровли. Не менее важными в обеспечении долговечности памятников являются грамотные инженерные решения, в том числе и при реставрации.

Погост на о. Кижи берет свое начало с конца XV в. Образ церкви формировался веками. У этого шедевра деревянного зодчества – 22-главой церкви-«невесты», была 25-главая старшая сестра – «барыня», возведенная в 1708 г. в с. Анхимово (Вологодская обл.). В 1963 г. она сгорела и к 300-летию возрождена по обмерным чертежам А.В. Ополовникова в Невском лесопарке под С.-Петербургом.

Первая капитальная реставрация Преображенской церкви, вызванная ветхим состоянием памятника, выполнялась в 1949–59 гг. [1, 3]. В процессе реставрации были выявлены существенные деформации сруба, возникла необходимость установки жесткого каркаса внутри сооружения и сжимов из брусьев на срубе для уменьшения деформаций стен, а также замены сгнивших бревен путем подъема сруба на домкратах. Запланированные работы были частично проведены в 1964–65 гг., однако в 1968 г. здание церкви было признано аварийным [1, 3].

На первом Всесоюзном совещании по проблемам повышения эффективности использования древесины в строительстве (г. Новосибирск, 1968 г.) предлагалось продлевать срок службы древесины в открытых зданиях и сооружениях путем использования пропиточных составов [8]. Однако эти мероприятия оказались малоэффективными. Начиная с 1969 г. проекты укрепления конструкций церкви разрабатывались многими ведущими московскими и ленинградскими НИИ и др. организациями. В их числе был и Ленинградский инженерно-строительный институт (ЛИСИ). Под руководством доцента кафедры деревянных конструкций С.А. Душечкина был разработан проект инженерного укрепления памятника [1, 3]. В 1981–83 гг. во внутреннем пространстве памятника был установлен силовой металлический каркас по проекту Н.И. Смирнова с соавторами. Он поддерживает церковь до настоящего времени.

В 1987 г. на открытый всесоюзный конкурс проектов укрепления памятника было представлено 15 предложений, однако ни один из проектов не решал полностью проблему спасения главного объекта комплекса. В 1988 г. по способам спасения Кижского архитектурного ансамбля состоялся международный симпозиум в г. Петрозаводске и на о. Кижи. В 1990 г. в г. Архангельске на международной конференции, посвященной путям сохранения и методам реставрации памятников деревянного зодчества, также обсуждались вопросы спасения этого шедевра.

В последние годы выполнено обстоятельное инженерное обследование Преображенской церкви Л.А. Новожиловым [4]. Им были измерены прогибы основных балок, определены неравномерные осадки различных частей сруба и отклонения памятника от вертикали. Получены основные механические характеристики реальной древесины памятника, а также выявлены опасные распилы бревен венцов без силового стыкования при замене дефектных частей в процессе предыдущих реставраций и ослабления балок подклети и других элементов сооружения при устройстве связей временного стального каркаса [4, рис. 40 и 41 на стр. 92]. Особую тревогу вызывают распилы нескольких венцов подряд в одном месте [4, рис. 28 на стр. 79]. Наши пращурь умели беречь непрерывность колец венцов в срубах. Изобретенные ими волоковые окна, особенно, в нижних венцах подклетей не нарушали этой целостности. Лишь парадные «красные» окна, да входные двери – это уже примерно в середине высоты сруба, на повети, прерывали эти кольца, однако здесь вступали в работу мощные обрамляющие косяки, соединенные в углах «на ус». Исходя из этого, при реставрации памятника, особенно в нижних его венцах, необходимо соблюдать непрерывность бревенчатых колец – стыки элементов должны быть только силовыми. Естественно, недопустимы «перепилы» и другие ослабления бревен.

Автором [4] также определены перенапряжения в бревнах сруба и четвериковых балках. Установлено, что опасность представляет напряженно-деформированное состояние (НДС) балок нижнего, наиболее нагруженного, четверика (НЧ). Это согласуется с расчетами, выполненными Ю.В. Пискуновым [6]. Вопросам усиления конструкций НЧ многие годы не уделялось должного внимания. Ознакомление приглашенных экспертов (Г.И. Белый, Б.С. Лапшин и Е.Н. Серов) с реализуемым в настоящее время проектом реставрации памятника не дало ответа на эту инженерную задачу, решения по обсуждаемому вопросу на экспертизу представлены не были, а экспертное заключение в 2010 г. не было востребовано. Позднее была дана ссылка на усиление, предложенное Л.А. Новожиловым [4]. Авторы реставрации увлечены самой идеей верной переборки бревен памятника с помощью некоего «норвежского лифтинга». Они удачно разделили весь столп на 7 ярусов и успешно поднимают



Рис. 1. Пример русского «лифтинга»

их с помощью вышеупомянутого внутреннего каркаса и специальных дополнительных металлических стоек. Мы не беремся устанавливать приоритеты, однако считаем, что предки всех народов издревле пользовались «лифтингом» при переборке любых деревянных построек. На Руси метод подъема венцов с этой целью используется давно, известен он и нашим реставраторам [3]. Нашими предками он закладывался уже в процессе строительства, например, жилых домов. Сруб повети выполнялся с выступами над подклетью меньших размеров и подпирался специальными мощными столбами (рис. 1). Нижние, наиболее микологически уязвимые, венцы в любое время могли быть перебраны без остановки функционирования здания.

Усиление балок НЧ необходимо не столько по прочности, сколько по жесткости. Максимальный относительный прогиб их составляет не 1/250, а 1/66 от пролета, что исключает возможность их дальнейшей эксплуатации по условию второго предельного состояния, а неравномерный прогиб, например, на подветренной стороне преимущественного направления ветров может оказаться определяющим в отклонении памятника от вертикали.

Конструктивно церковь, как и многие древнерусские храмы, выполнена по схеме четверик на восьмерике и наоборот. Столп храма сформирован из трех восьмериков и трех четвериков. При этом бревна самого большого по размерам НЧ пролетом 9,5 м врублены в панели восьмериков «в реж», а в промежутках между бревнами одного направления пропущены ортогональные, образующие перекрестную систему с размером каждой стороны клетки 7,5 м. Каждая балка НЧ состоит из пяти бревен, объединенных между собой для совместности работы короткими вертикальными распорками в створе мест опирания следующего среднего восьмерика (СВ). Указанное опирание происходит на 16-метровой высоте, а верх столпа храма до яблока главной верхней луковицы еще имеет 19-метровую высоту. Повышенные деформации опорных балок здесь весьма опасны, тем более, что имеется пример обрушения даже низкого трехглавого верха церкви Богоявления Господня в пос. Палтога (Вычегодский р-н Вологодской области (рис. 2).

Автором [4] обнаружена, на наш взгляд, некая странность: менее нагруженные балки среднего четверика (СЧ) усилены, а в НЧ усилений нет, и даже отсутствует одна первозданная распорка у нижнего бревна. Измеренные прогибы оказались различными – от 11,5 до 14,5 см. Нетрудно предложить, что это и является одной из основных причин



Рис. 2. Обрушение верха церкви Богоявления Господня в пос. Палтога

отклонения храма от вертикали. При разности прогибов противоположных балок в 3 см яблоко верхней главы храма сместится по горизонтали примерно на 65 см.

В [4] предложены три варианта схем усиления НЧ. Все они предполагают превращения отдельных бревен НЧ в те или иные шпренгельные системы (рис. 3) [4, с.162]. Такие схемы усиления, тем более с передачей концевых усилий от подпруг шпренгелей на торцы балок, в стационарных температурно-влажностных условиях являются общепризнанными, однако для данного конкретного памятника и с учетом суровых озерных условий становятся сомнительными и даже неприемлемыми. Древесина и металл по-разному реагируют на воздействия влажности и температуры: при увлажнении древесина набухает, а сталь не изменяет своих размеров, и, наоборот, при температурных колебаниях размеры деревянных элементов остаются стабильными, а сталь, особенно в длинномерных стержнях, заметно деформируется. Влажность воздуха в озерных условиях достигает 100 % и более. Деревянные сооружения испытывают длительное охлаждение зимой и неравномерный нагрев летом. Например, в 2010 г. на острове была невероятная жара – в августе днем температура достигала 30 °С и более, в сентябре тоже было достаточно жарко. Зимой, наоборот, свирепствуют лютые морозы. Амплитуда температурных воздействий достигает 50 ... 60 °С. При этом длина шпренгельных подпруг изменяется примерно на 8 мм. Суточные перепады температуры, неравномерный односторонний нагрев, интенсивное смачивание древесины атмосферными осадками и не менее интенсивное высыхание, часто при экстремальных ветровых нагрузках, и другие факторы формируют суровость

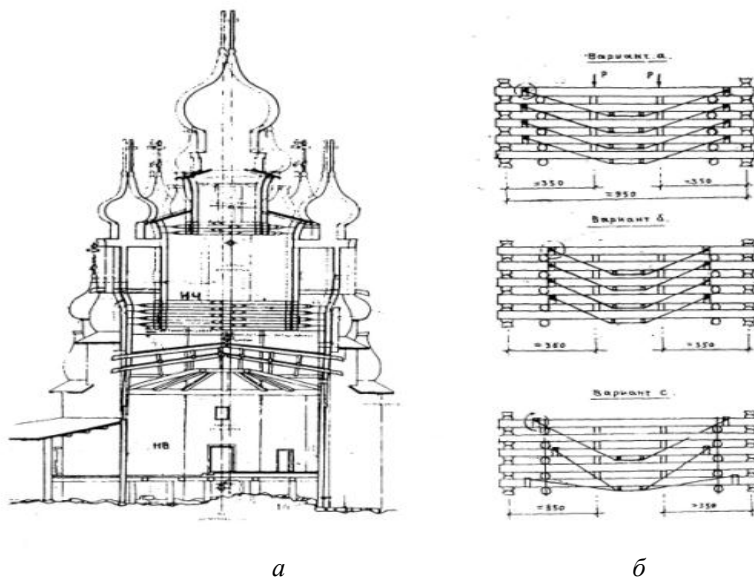


Рис. 3. Нижний четверик в столпе церкви (а) и схемы его усиления (б) по Л.А. Новожилову

условий эксплуатации памятника. Немаловажно, что и сам остров сложен в основном из шунгита – почти черного, хорошо нагревающегося минерала. Такое усиление с использованием длиномерного незащищенного металла своими температурными деформациями будет даже раскачивать памятник. При этом изгибаемые бревна балок становятся сжато-изогнутыми. Кроме того, передача больших сосредоточенных усилий непосредственно на ослабленные временем существующие бревна не на торец, а в узлах примыкания подпруг шпренгелей к ним на расстоянии 0,5 м и более от торца, связана с неизбежными местными ослаблениями и запредельными усилиями на смятие и, особенно, на скалывание древесины.

Предлагаемые нами два основных варианта усиления балок НЧ без изменения схемы их работы учитывают требования ЮНЕСКО и принцип аутентичности.

Первый из них, самый простой, заключается в замене коротких вертикальных распорок между венцами НЧ длинными бревенчатыми прокладками без восприятия сдвиговых усилий. В системе бревен устанавливаются лишь хомуты, обеспечивающие проектное положение всех элементов. Здесь устраняется опасность утраты коротких распорок в каждой балке и вместо пяти отдельных бревен будут работать девять. При неполном включении в работу длиномерных четырех прокладок момент инерции каждой балки НЧ увеличится в 1,64 раза.

Во втором варианте длинными бревенчатыми прокладками заполняются лишь два промежутка – один между двумя верхними и второй между двумя нижними бревнами с обеспечением совместности их работы. Среднее, пятое, бревно остается свободным – на коротких распорках по первоначальному решению. Таким образом, в каждой «стенке» НЧ организуются по две трехбревенчатых балки на податливых связях, по типу балок В.С. Деревягина. В отличие от этих известных балок на пластинчатых нагелях с ослабляющими пропилами, совместность работы трех бревен обеспечивается не нагелями, воспринимающими сдвиг и работающими на изгиб, а ввинченными стержнями (применение клеев службы ЮНЕСКО запрещают), воспринимающими главные растягивающие напряжения и работающими, естественно, на растяжение (рис. 4). При этом металлические винты по длине не превышают 65 см. Кроме того, они защищены древесиной от температурных перепадов, не ослабляют кромки бревен в швах сплачивания и зрительно не искажают первоначальную конструкцию памятника. Реализуется принцип струны, установленной вдоль растягивающих напряжений, и аутентичности.

Приблизительные (уточненные еще надо разрабатывать) расчеты показали, что восприятие главных растягивающих напряжений (ГРН) в верхнем шве прямоугольной балки, эквивалентной трехбревенчатой, обеспечивается 10 парами длиномерных винтов нового поколения диаметрами 14 и 10 мм и длиной 500 мм (по 5 пар в приопорных зонах с шагом 500 мм (рис. 4)). Диаметр пионерных отверстий равен 10 мм, что практически не ослабляет бревна.

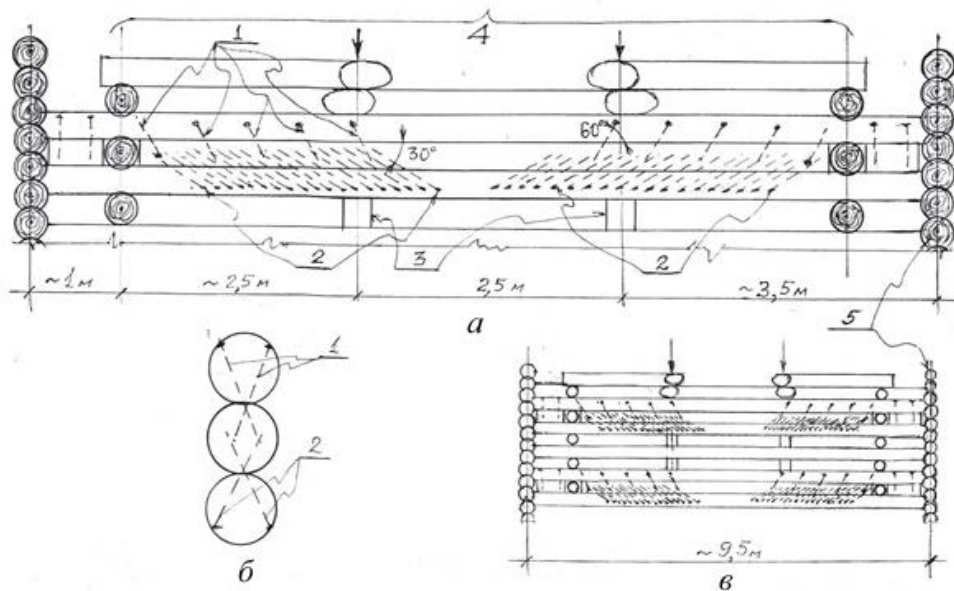


Рис. 4. Схема усиления балок НЧ на винченных растянутых стержнях: *а* – трехбрусчатая верхняя балка; *б* – направления винтов в поперечных сечениях бревен; *в* – одна из усиленных балок НЧ; 1 – винты под углом 60° к осям бревен в верхнем шве; 2 – винты под углом 30° к осям бревен в нижнем шве; 3 – первозданные распорки; 4 – СВ; 5 – НВ

Усредненный угол наклона постановки винтов в верхнем шве равен 60° . В нижнем шве усредненный угол действия ГРН в 2 раза меньше – 30° . Винты того же диаметра здесь приняты длиной 650 мм. В эквивалентной балке ниже нейтрального слоя ГРН существенно больше, чем в верхнем шве, поэтому необходимое количество пар винтов увеличено до 38 919 пар) с шагом 140 мм в приопорных зонах (рис. 4). Жесткость балок НЧ по второму варианту усиления увеличится почти в 10 раз. Коротыши заполнения промежутков между стенами НВ и ортогональными балками НЧ фиксируются только двумя винтами длиной 500 мм.

В любых вариантах усиления имеются свои сложности. В шпренгельных схемах весьма проблематично передать большие сосредоточенные усилия в узлах системы на любые бревна, тем более проработавшие 300 лет и имеющие расчетные сопротивления смятию поперек волокон и скалыванию соответственно 1,2 и 1,1 МПа [4]. В наших предложениях сложности сопряжены с подбором и подгонкой бревен, хорошо высушенных под навесами Плотницкого центра, и с большей трудоемкостью осуществления усиления. Неровности бревен должны быть удалены не только по черте, но, возможно, и проножовлены. Мы считаем эти сложности преодолимыми, тем более что непосредственные исполнители реставрации имеют высокий уровень квалификации и бережно относятся к памятнику.

В целях исключения больших остаточных прогибов, накопившихся за 300 лет в бревнах НЧ, с нашей точки зрения, также целесообразно все четыре балки НЧ выполнить в усиленном варианте из новых недеформированных бревен. Для этого потребуется 20 заготовок длиной 10 м. Это предложение, как некий дополнительный вариант, обусловлено не деструкцией древесины балок, а запредельным их состоянием по деформациям. Надеемся, что оно станет основным во всех вариантах усиления, так как требования методики реставрации не будут нарушены – материал заменен на аналогичный, сруб НВ не затронут, восстановлена изначальная геометрия и реализован принцип аутентичности.

Наши предложения ни в коей мере не исключают разработку иных решений, но пока большого выбора нет. Все имеющиеся варианты усиления НЧ необходимо обсудить на компетентной и независимой комиссии из специалистов, имеющих опыт сохранения деревянных конструкций в памятниках архитектурного наследия. Возможно, возникнет какой-то новый вариант – как синтез уже предложенных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аверьянова Э.В.* Музей-заповедник «Кижы». 40 лет. Петрозаводск, 2006. 208 с.
2. *Гаврюшкин В.В., Сашко М.П.* Чрезвычайные ситуации в строительстве: причины, предупреждение, ликвидация последствий. Красноярск, 2007. 232 с.
3. *Гущина В.А.* Преображение. Петрозаводск, 2004. 40 с.
4. *Новожилков Л.А.* Реставрация Преображенского собора в Кижях. М.: АЛЕВ-В, 2009. 200 с.
5. *Пермиловская А.Б.* Проблемы сохранения памятников деревянного зодчества Русского Севера // Сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. «Пути сохранения и методы реставрации памятников деревянного зодчества». Архангельск, 1990. С. 9–13.
6. *Пискунов Ю.В.* Исследования четвериковых балок здания Преображенской церкви на о. Кижы // Сб. материалов междунар. конф. «Пути сохранения и методы реставрации памятников деревянного зодчества». Архангельск, 1990. С. 105–107.
7. *Пищик И.И.* Решение технических задач – фундамент реставрации // Сб. материалов междунар. конф. «Пути сохранения и методы реставрации памятников деревянного зодчества». Архангельск, 1990. С. 111–113.
8. Повышение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве // Материалы Всесоюз. совещ. Ч. 1 и 2. М.: Стройиздат, 1968 – 222 с.
9. *Серов Е.Н., Серов А.Е.* Проблемы спасения деревянных конструкций в зданиях и сооружениях // Сб. науч. тр. «Современные строительные конструкции из металла и древесины». Ч. 1. Одесса, 2010. С. 212–217.

Поступила 30.03.12

E.N. Serov¹, A.E. Serov²

¹ Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

² OAO St. Petersburg Research Institute for Restoration of Historical and Cultural Monuments “Research Institute Spetsproektrestavratsiya”

Suggestions For Strengthening the Beams of the Lower Quadrangle of the Transfiguration Church on the Kizhi Island

The state of the Transfiguration Church on the Kizhi Island is described; the appalling state of the beams of the lower quadrangle is noted; three options for strengthening these main beams of the wooden architecture monument are considered.

Key words: wooden architecture monuments, appalling state, strengthening the beams of the lower quadrangle.