

## ЕЩЕ ОДНО ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО УСИЛЕНИЮ БАЛОК НИЖНЕГО ЧЕТВЕРИКА ПРЕОБРАЖЕНСКОЙ ЦЕРКВИ НА О. КИЖИ

*Серов Е.Н., д. т. н., проф. (СПбГАСУ), Серов А.Е. (ГИП АРМ-6  
ОАО СПб НИиП институт по реставрации памятников истории и  
культуры «НИИ СПЕЦПРОЕКТРЕСТАВРАЦИЯ»)*

**Аннотация.** Предлагается усиление балок нижнего четверика Преображенской церкви на о. Кижы с помощью создания двухбревенчатых балок на растянутых связях в виде ввинченных стержней.

**Ключевые слова:** увеличение жесткости, принцип струны, главные растягивающие напряжения.

**Summary.** It's offered to reinforce the lower quadrangle of the Transfiguration Church on Kizhi Island by mounting the two-log beams on the stretched bonds in a variant of screwed rods.

**Keywords:** rigidity increase, the string principle, main tensile stresses

На Руси с каждым годом увеличивается опасность полной утраты всемирно известного, но очень хрупкого в прямом и переносном смысле, нашего культурного наследия – памятников русского деревянного зодчества /1/. Одной из причин потерь является отсутствие инженерных решений во многих проектах реставрации, обычно отражающих волю, вкусы и пристрастия авторов – от строительной отрасли в лучшем случае архитекторов. Инженерная беспомощность реставраторов заложена в самой структуре многих советов и организаций, ответственных за реставрацию /2, 3/.

Одной из основных жемчужин деревянного русского зодчества – церкви Преображения Господня на острове Кижы в 2014 г исполнится 300 лет. И это не самый древний возраст. 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.

Исторически погост в Кижях берет свое начало с конца XV века. Образ церкви формировался веками. У последнего шедевра деревянного зодчества – 22-главой церкви-невесты была 25-главая «старшая сестра» - барыня, возведенная в 1708г в с. Анхимово Вологодской обл. В

1963г она сгорела и к 300-летию возрождена по обмерным чертежам А.В. Ополовникова в Невском лесопарке под Петербургом.

Первая капитальная реставрация Преображенской церкви выполнялась в 1949 -1959 гг. /4,5/. Уже тогда возникла тревога о ветхом состоянии памятника. В процессе реставрации были выявлены существенные деформации сруба. Было признано необходимым установить внутри сооружения жесткий каркас и сжимы из брусьев на срубе для уменьшения деформаций стен, а также заменить сгнившие бревна путем подъема сруба на домкратах. Запланированные работы были частично выполнены в 1964 -65 гг., однако в 1968 г здание церкви было признано аварийным /4,5/.

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 /6/. Однако эти мероприятия оказались малоэффективными. Начиная с 1969 г., проекты укрепления конструкций церкви разрабатывались многими ведущими московскими и ленинградскими НИИ и другими 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 /4,5/. В 1981 – 83 гг во внутреннем пространстве памятника был установлен силовой металлический каркас по проекту Н.И. Смирнова с соавторами. Он поддерживает церковь и по сей день.

На открытый Всесоюзный конкурс проектов укрепления памятника в 1987 г было представлено 15 предложений, однако ни один из проектов не мог решить проблему спасения главного объекта комплекса полностью. В 1988 г в г. Петрозаводске и на о. Кижы состоялся международный симпозиум по способам спасения Кижского архитектурного ансамбля. 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 /7/. Им были измерены прогибы основных балок, определены неравномерные осадки различных частей сруба и отклонения памятника от вертикали. Получены основные механические характеристики реальной древесины исторических бревен, а также выявлены опасные распилы венцов, выполненные при замене дефектных частей в процессе предыдущих реставраций без силового стыкования. Кроме того были вы-

явлены ослабления балок подклети и других элементов сооружения при устройстве связей временного стального каркаса. Особую тревогу вызывают распилы нескольких венцов подряд в одном месте. При реставрации памятника, особенно в его нижних венцах, по возможности необходимо соблюдать непрерывность бревенчатых колец - стыки элементов должны быть только силовыми. Естественно, также недопустимы «перепилы» и другие ослабления бревен связей.

Л.А. Новожиловым /7/ также определены перенапряжения в бревнах сруба и четвериковых балках. Наибольшую опасность представляет напряженно-деформированное состояние (НДС) балок нижнего, наиболее нагруженного, четверика (НЧ). Это согласуется с расчетами, выполненными Ю.В. Пискуновым /8/.

С конца 90-х годов XX в. и по настоящее время работы по реставрации Преображенской церкви возглавляют федеральный архитектор музея-заповедника «Кижи» Рахманов В.С. и зам. директора музея-заповедника, инженер-реставратор Попов Н.Л.

Авторы реставрации увлечены идеей веерной переборки бревен памятника методом «норвежского лифтинга». Этот метод – подъема венцов с целью замены дефектных бревен, на Руси используется давно, известен он и отечественным реставраторам /5/. Нашими предками он закладывался сразу при строительстве, например, жилых домов. Сруб повести выполнялся с выступами над подклетью меньших размеров и подпирался специальными мощными столбами – быками. Нижние, наиболее микологически уязвимые, венцы в любое время могли быть перебраны без остановки функционирования здания.

Несмотря на полученные данные о перенапряжениях в бревнах сруба и четвериковых балках, вопросам усиления конструкций НЧ многие годы не уделялось должного внимания. А между тем, 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 (рис.1). Столп храма сформирован из трех восьмериков и трех четвериков. Бревна самого большого по размерам НЧ пролетом 9,5 м врублены в панели восьмерика «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 углов следующего, среднего восьмерика (СВ). Указанное опирание происходит на 16-метровой высоте, а верх столпа храма до яблока главной верхней луковичи 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, Вычегорского р-на, Вологодской обл. /9/.

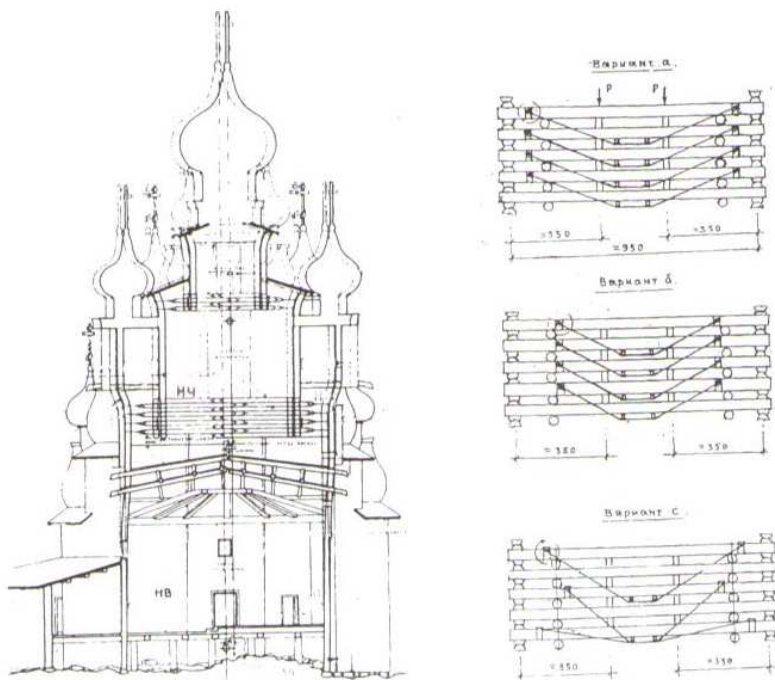


Рис. 1. Конструктивная схема храма

Автором /7/ 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 – в пределах от 11,5 до 14,5 см. Нетрудно представить, какой перегруз возникает в балках НЧ при отклонении верхней части храма от вертикали. При

разности максимальных прогибов противоположных балок в 3 см яблоко верхней главы храма сместится по горизонтали, примерно, на 6,5 см.

Л.А.Новожиловым в /7/ предложены три варианта схем усиления НЧ. Все они предполагают превращения отдельных бревен НЧ в те или иные шпренгельные системы ( см. рис.1.). Принципиально такие схемы усиления, тем более с передачей концевых усилий от подпруг шпренгелей на торцы балок, в стационарных температурно-влажностных условиях являются общепризнанными, однако в данном конкретном памятнике 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 в летнее время. Например, в 2010 году на острове была невероятная жара – в августе днем температура достигала 30 градусов и более. В сентябре было тоже достаточно жарко. Зимой, наоборот, свирепствуют лютые морозы. Амплитуда перепадов температурных воздействий достигает 50 – 60 градусов. 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 эксплуатационных условий памятника. Немаловажно, что и сам остров сложен в основном из шунгита – почти черного, хорошо нагревающегося минерала. Такое усиление с использованием длинномерного 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 в полуметре и более от торца связана с неизбежными местными ослаблениями /7/ и запредельными усилиями на смятие и, особенно, на скалывание древесины.

Мы уже предлагали два варианта усиления балок НЧ без изменения схемы их работы /9/. При этом учитывались требования ЮНЕСКО и соблюдался принцип аутентичности.

Первый из них с бревенчатыми прокладками без восприятия сдвиговых усилий увеличивал жесткость каждой балки НЧ в 1,64 раза.

Во втором варианте в каждой «стенке» НЧ были организованы 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 обеспечивалась не нагелями, воспринимающими по устоявшимся понятиям сдвиг и работающими на изгиб. Наши предложения базируются на многолетних исследованиях Ленинградской научной школы (начиная с 1964г.), рассматривающей разрушение ДК, особенно клееных, от главных растягивающих напряжений (сжимающих – реже). Следовательно, и усиления ДК целесообразно выполнять в направлениях этих, наиболее опасных, напряжений. Поэтому, все предложения по усилению балок нижнего четверика состоят в использовании ввинченных стержней (применение клеев службы ЮНЕСКО запрещают), воспринимающих главные растягивающие напряжения и работающих, естественно, на растяжение (рис. 2). При этом металлические винты защищаются древесиной от температурных перепадов, не ослабляют кромки бревен в швах сплачивания, не препятствуют влажностным деформациям древесины и зрительно не искажают первоначальную конструкцию памятника. Реализуется принцип струны, установленной вдоль растягивающих напряжений.

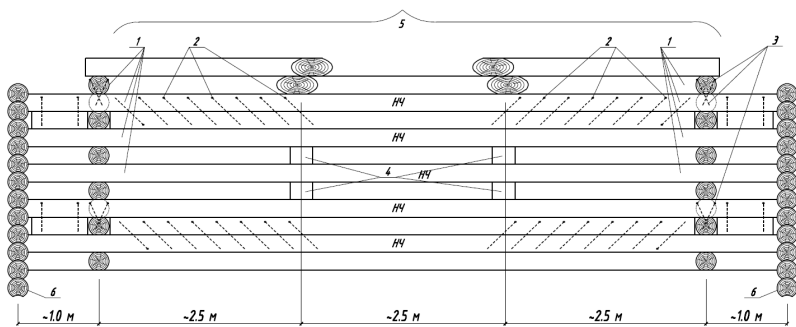


Рис. 2. Составные двухбревенчатые балки на ввинченных растянутых стержнях, усиливающие балки нижнего четверика (НЧ, поз. 1) состоящие из пяти отдельных бревен, срубленных в реж: поз. 2 - винты в направлении главных растягивающих напряжений эквивалентной составной балки; поз. 3 - винты в поперечных сечениях бревен; поз. 4 - первоначальные распорки между бревнами НЧ; поз. 5 - средний восьмерик (СВ); поз. 6 - нижний восьмерик (НВ).

Жесткость балок НЧ по второму варианту усиления увеличивалась почти в 10 раз. Коротыши заполнения промежутков между стенами НВ

и ортогональными балками НЧ только фиксировались двумя винтами  $L=500\text{мм}$ .

Здесь, в еще одном варианте усиления балок НЧ, рассматриваются составные двухбрусчатые балки на тех же растянутых связях. Даже при нормативных коэффициентах  $K_w$  и  $K_{ж}$  жесткость стенок НЧ с двумя усиливающими балками увеличится в 3,16 раза. Этого вполне достаточно, так как в течение следующих 300 лет относительный прогиб, в том числе накопившийся, будет менее 1/200 от пролета. Следует отметить, что указанные коэффициенты в балках на растянутых связях по нашим исследованиям будут выше, чем на изгибаемых. Расчеты показали, что для восприятия суммы растягивающих напряжений в шве сплачивания двух бревен на участке действия практически постоянного сдвига достаточно поставить по 8 пар винтов  $L=600$ ;  $d=10$ ;  $d_1=14$ ;  $a=8\text{мм}$  с шагом 25см под углом  $40 - 45^\circ$  к волокнам древесины (продольной оси бревен). При этом диаметр пионерных отверстий в бревнах будет 10мм.

Естественно, в любых вариантах усиления имеются свои сложности. В шпренгельных схемах весьма проблематично передать большие сосредоточенные усилия от подпруг вне торцов бревна. На бревна, проработавшие три сотни лет и имеющие расчетные сопротивления смятию поперек волокон и скалыванию соответственно 1,2 и 1,1 МПа /7/, осуществление такой передачи весьма проблематично. В наших предложениях сложности сопряжены с подбором и подгонкой хорошо высушенных под навесами «Плотницкого центра» бревен и с несколько большей трудоемкостью осуществления усиления. Неровности бревен должны быть удалены не только по черте, но, возможно, и проножовлены. Сами винты нового поколения, и приспособления к ним достаточно дороги. Мы считаем эти сложности преодолимыми, тем более, что непосредственные исполнители реставрации имеют высокий уровень квалификации и бережно относятся к памятнику.

С целью исключения больших остаточных прогибов, накопившихся за три столетия в НЧ, с нашей точки зрения, целесообразно все бревна четырех балок НЧ использовать при реставрации более коротких элементов памятника в качестве первозданных. А НЧ в усиленном варианте выполнять из новых недеформированных бревен. Правда, потребуется 20 десятиметровых заготовок. Это решение обусловлено не деструкцией древесины балок, а запредельным их состоянием по остаточным деформациям. Надеемся, что это предложение станет основным во всех вариантах усиления, так как требования методики реставрации нарушены не будут – 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 что большого выбора нет.

Все имеющиеся варианты усиления НЧ целесообразно аккумулировать и обсуждать 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. Нужны предложения, и, конечно же, необходимо создание такой комиссии при реставрации уникальнейшего памятника деревянного зодчества. Давно пора, чтобы памятником могли любоваться и наши потомки, а перед его юбилеем не принимать поспешных решений.

#### *Список литературы*

1. Пермиловская А.Б. Проблемы сохранения памятников деревянного зодчества Русского Севера. / Сборник мат. международной науч.-практич. конф. «Пути сохранения и методы реставрации памятников деревянного зодчества». - Архангельск, 1990. – С. 9 – 13.
2. Пищик И.И. Решение технических задач – фундамент реставрации. / Сборник мат. международной науч.-практич. конф. «Пути ...». – Архангельск, 1990. - С 111 – 113.
3. Серов Е.Н., Серов А.Е. Проблемы спасения деревянных конструкций в зданиях и сооружениях. / Сб. науч. тр. «Современные строительные конструкции из металла и древесины». Часть 1. - Одесса, 2010. С. 212 – 217.
4. Аверьянова Э.В. Музей-заповедник «Кижы». 40 лет. Г. Петрозаводск, 2006. – 208 с.
5. Гущина В.А. Преображение. Г. Петрозаводск, 2004. – 40 с.
6. Повышение эффективности конструкционного использования древесины в строительстве / Материалы Всесоюзного совещания. Ч 1 и 2. М.: Стройиздат, 1968 – 222 с, и 184 с.
7. Новожилов Л.А. Реставрация Преображенского собора в Кижях. – М.: «АЛЕВ – В», 2009. – 200 с.
8. Пискунов Ю.В. Исследования четвериковых балок здания Преображенской церкви на острове Кижы. / Сб. мат. международной конференции « Пути сохранения и методы реставрации памятников деревянного зодчества». Архангельск, 1990. - С. 105 – 107.
9. Sierov E., Sierov A., Orłowicz R. Problems involved in repairing timber church buildings in northern Russia. 2012 DWE, Wroclaw, Poland, ISSN 0860-2395. –С 2065 – 2069.