



«Памятник инженерной мысли России»

ТЕМА: ПРЕДЛОЖЕНИЯ ОАО «ГИПРОРЕЧТРАНС» ПО РЕМОНТУ, МОДЕРНИЗАЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОУЗЛОВ СЕВЕРО-ДВИНСКОЙ ШЛЮЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ (СДШС)

АВТОРЫ: Г.В. МЕЛЬНИК, Г.Е. ШЕСТОВ (ОАО «Гипроречтранс»)

ФОТО: Предоставлено ОАО «Гипроречтранс», Сергей КОБРАНОВ

Тема современного состояния Северо-Двинской шлюзованной системы (СДШС) уже неоднократно поднималась на страницах журнала «Речной транспорт (XXI век)». В настоящем номере предлагаем читателям ознакомиться с основными предложениями ОАО «Гипроречтранс», разработанными в рамках исследований, проведенных по заказу ФГУ «Севводпуть».

СДШС, соединяющая р. Шексну шлюзованным каналом через Кубенское озеро и р. Сухону с р. Северной Двиной, была открыта в 1827 г. (первые изыскания относятся еще к 1798 г.) и носила имя герцога Александра Виртембергского. Ее создание преследовало цель соединить водным путем бассейны рек Волги и Северной Двины.

Система реконструировалась дважды – в 1882-1885 г. и в 1916-1917 г. В 1964 г., после постройки Волго-Балтийского водного пути и повышения уровня Шекснинского водохранилища, шлюз № 1 был подтоплен и разобран. В таком виде система функционирует до настоящего времени.

СДШС состоит из 4-х гидроузлов в составе 6 шлюзов, 6 водоподпорных и 2 заградительных плотин. Подавляющее большинство конструктивных элементов этих сооружений выполнено из дерева.

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Условия эксплуатации древесины в гидротехнических сооружениях существенно отличаются от усло-

вий эксплуатации в других сооружениях. Работа при повышенной и циклически изменяемой влажности, а также полном водонасыщении серьезно отражается на прочностных и деформационных характеристиках древесины.

Применение в России древесины при строительстве гидротехнических сооружений было широко распространено примерно до первой трети XX века. Это отразилось и на тематике научных публикаций того времени. Стоит отметить таких авторов, как Е.В. Близняк, Л.П. Лавринович, А.М. Латышенков, К.В. Попов, Н.А. Семанов и многих других. В их числе и инженер И.В. Петрашень, руководивший работами по реконструкции Виртембергской системы в 1916-1917 г.

В дальнейшем, по мере перехода на новые строительные материалы, публикации, связанные с работой древесины непосредственно в гидротехнических сооружениях, практически исчезли. В то же время, общее число трудов, так или иначе связанных с изучением поведения древесины в конструкциях и ее долговечностью, неуклонно растет.

Что касается современных исследований деревянных гидротехнических сооружений, то здесь следует отметить работы, выполненные отраслевыми институтами на сооружениях Беломорско-Балтийского канала и Северо-Двинской шлюзованной системы. Их большая часть посвящена изучению прочностных показателей.

В отмеченных выше работах изучение прочностных показателей древесины проводилось в основном на хорошо сохранившихся элементах конструкций. По этой причине результаты отражали вполне естественную изменчивость ее свойств. Однако, как показал анализ свойств, условий эксплуатации и характерных повреждений древесины, на практике ее прочность не оказывает такого существенного влияния на работу сооружений, какое придавалось ей в предшествующих работах. Высокая живучесть деревянных конструкций и большие расчетные запасы компенсируют существенное снижение прочностных показателей и наличие повреждений.

В реальности разрушение деревянных конструкций происходит из-за накопления вторичных дефектов, обусловленных целым рядом эксплуатационных факторов. И это тем более справедливо для такого типа конструкций, как ряжевая, являющейся основной для сооружений СДШС.

По экспертным оценкам, поврежденные деревянные элементы практически не поддаются расчетам. Только эмпирическим путем можно оценить их остаточный ресурс. На практике для определения возможности дальнейшей эксплуатации сооружений из их элементов отбирают образцы и поводят цикл испытаний, по результатам которых и делают заключения. При значительном периоде наблюдений (в 50-70 лет), как это, например, было на сооружениях Беломорско-Балтийского канала, гораздо более достоверные результаты можно получить на основе изучения динамики изменения состояния реальных конструкций.

В то же время накопленный в нашей стране опыт строительства, ремонта и реконструкции деревянных гидротехнических сооружений нашел свое отражение в нормативных материалах. По крайней мере, это относится к срокам службы и периодичности капитальных ремонтов, которые в соответствии с действующими документами («Положение о плано-предупреди-



Реконструированный шлюз № 6

тельном ремонте судоходных гидротехнических сооружений», 1983 г.) составляют для деревянных шлюзов соответственно 50 и 8 лет.

Одной из наиболее существенных проблем, осложняющих эксплуатацию деревянных сооружений и негативно влияющих на их безопасность, является относительно невысокая (по сравнению с другими материалами) долговечность древесины. Для поддержания их в работоспособном состоянии необходимо проведение большого объема трудоемких ремонтных работ. По этой причине в исследованиях ОАО «Гипроречтранс» было уделено значительное внимание

Водоподпорная плотина № 4





влиянию долговечности древесины на эксплуатационную надежность сооружений.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Приоритет в исследованиях был отдан следующим направлениям:

- анализ внешних воздействий;
- обзор характерных повреждений деревянных конструкций;
- систематизация конструкций по условиям эксплуатации;
- оценка качества древесины (в том числе ее микологический анализ), используемой для ремонта сооружений системы.

Подробно рассмотрены следующие внешние воздействия:

- механические;
- температурно-влажностные;
- длительные речной воды;
- дереворазрушающих грибов.

При этом, предварительно был выполнен детальный анализ свойств древесины как строительного материала, в том числе с учетом указанных внешних воздействий. Большую помощь в проведении исследований оказали специалисты ФГУК Музей «Кижы» и Института леса Карельского научного центра РАН, привлеченные в качестве соисполнителей.

В ходе натурных работ решалась задача сбора материала о наиболее характерных повреждениях деревянных конструкций (с целью создания основы для разработки критериев безопасности деревянных конструкций сооружений и упорядочения в дальнейшем оценки их общего состояния).

В результате характерные повреждения были сгруппированы следующим образом:

1. Повреждения древесины венцов (1.1. Поражение древесины дерево-разрушающими грибами (ДРГ); 1.2. Эрозия поверхности древесины; 1.3. Расслоение древесины по годовым кольцам; 1.4. Механические повреждения).
2. Повреждения врубок.
3. Вынос грунта обратной засыпки, просадки.
4. Деформации сооружений.

Анализ внешних воздействий и характерных повреждений позволил выполнить систематизацию элементов сооружений системы (шлюзов и плотин) по условиям эксплуатации. Для шлюзов было выделено 6 характерных участков, для плотин – 9.

Полученные данные подтвердили, что основным фактором, осложняющим эксплуатацию системы и негативно влияющим на ее безопасность, является относительно низкая (по сравнению с другими материалами) долговечность древесины.

Механические воздействия имеют гораздо меньшее влияние. Совокупность основных повреждений деревянных конструкций подтверждает, что первичными являются дефекты, вызванные влиянием температурно-влажностных воздействий, длительных воздействий речной воды, дереворазрушающих грибов. Особое внимание было обращено на качество древесины, используемой при ремонте сооружений СДШС.

Не останавливаясь на весьма значительной части работы, посвященной уточнению критериев безопасности, отметим, что исследования проводилось

на основе детального изучения возможных сценариев аварий на сооружениях системы и их причин. Значительную помощь здесь оказали работы отмеченных выше специалистов.

КАЧЕСТВО ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА

Важную роль для успешной работы древесины в сооружениях играет качество исходного материала, в том числе его стойкость к биоразрушениям. Данное свойство значительно меняется в зависимости от породы дерева, и может варьироваться внутри одного вида. Например, существенно отличаются по биостойкости заболонная древесина ствола дерева от его ядровой древесины. Именно последняя чаще более устойчива к биоповреждениям.

Прочностные характеристики древесины в значительной степени зависят от ее плотности, а плотность – от содержания в годичных слоях поздней древесины. СНиП 11-25-80 предъявляет к качеству древесины следующие дополнительные требования:

- ширина годичных слоев в древесине должна быть не более 5 мм;
- содержание в годичных слоях поздней древесины должно быть не менее 20%;

Кроме того, не допускается применение древесины с ядровой гнилью и другими видами поражения ДРГ.

Оценка качества древесины, применяемой на сооружениях СДШС, показала:

- при ремонте использовалась как широко-, так и узкослойная древесина, количество годичных слоев в образцах – от 37 до 130 лет;
- доля поздней древесины, близко коррелирующая с плотностью и прочностными свойствами, достаточно мала – лишь у одного образца она выше 20%.

В ходе обследования установлено, что часто используется древесина, с широким заболонным слоем (наиболее разрушаемым как в процессе выщелачивания, так и ДРГ), что серьезно снижает долговечность сооружений. Встречается использование древесины с ядровой гнилью. Значительно сокращает срок службы сооружений использование молодой широкослойной древесины, а также той, у которой доля ядра менее 30%.

Весьма негативно сказывается на долговечности сооружений применение древесины, инфицированной дереворазрушающими грибами, еще до ее использования в деле. Признаком такого инфицирования является наличие на новой древесине плодовых тел, что отмечено практически на всех сооружениях.

Как видно из вышесказанного, такое качество исходного материала никак не может положительно отразиться на состоянии сооружений системы.

РЕМОНТНЫЙ ВОПРОС

Остановимся на практике ремонта сооружений СДШС.

По результатам работы установлено, что только 40-50% ее сооружений являются работоспособными, а остальная часть находится в предаварийном или аварийном состоянии. Такой значительный износ деревянных конструкций гидротехнических сооружений объясняется двумя очевидными причинами:

1. Недостаточные объемы проводимых ремонтных работ и не соответствующая нормам их периодичность.

2. Отсутствие при ремонте сооружений современных технологий.

К этому следует добавить отсутствие отбора древесины для ремонта, а также недостаток квалифицированных рабочих.

Необходимо учитывать, что срок службы сооружений СДШС с момента последней реконструкции (90 лет) почти в 2 раза превышает нормативное значение (50 лет). К настоящему времени практически все основные конструктивные элементы (в зависимости от условий их эксплуатации) должны были быть заменены уже по несколько раз, что явно не соответствует действительности.

Ситуация осложняется также тем, что существует вполне естественная и объясняемая условиями эксплуатации разница в долговечности элементов конструкций, работающих на различных участках сооружений. Наиболее наглядно это проявляется на стенах камер шлюза. Наибольшую долговечность имеют элементы, расположенные в подводной зоне, наименьшую – в надводной и в зоне переменного уровня. Долговечность элементов, расположенных в надводной зоне, ниже, чем в зоне переменного уровня.

В процессе эксплуатации часто создается ситуация, когда венцы, расположенные в верхней части стен, еще находятся в хорошем состоянии, а нижележащие уже требуют ремонта, или наоборот.

В этом случае возможны два решения:

– не обращая внимания на состояние нижележащих венцов ждать выхода из строя верхних, чтобы затем (если будет обеспечено достаточное финансирование) заменить все поврежденные венцы;

– разбирать еще хорошие верхние венцы, чтобы произвести ремонт нижележащих, что в условиях ограниченного финансирования затратно.

Более серьезная ситуация может возникнуть в том случае, когда венцы лицевых стен ряжей находятся еще в хорошем состоянии, а лапы (праголовки) врезающихся в них поперечных стен ряжей сгнили (поскольку ранее на их ремонт не хватило денег), и лицевые венцы начинают сходиться с лап (что является, конечно, недопустимым).

В результате сооружения часто внешне выглядят как лоскутное одеяло с множеством заплат. Деньги в заплатки вложены, но поскольку они малы, то не дают должного эффекта для улучшения состояния сооружений.

Существующая организация ремонта, которая определяется ограниченными объемами финансирования и осложняется существенной разницей в долговечности элементов конструкций, не оптимальна с точки зрения обеспечения работоспособности и эксплуатационной надежности сооружений. При этом, она скорее всего не оптимальна и по уровню суммарных затрат на ремонт, приведенных к нормативному сроку эксплуатации.

Очевидно, что в настоящее время основным вопросом эксплуатации является вопрос финансирования, адекватного современному состоянию сооружений системы. Только в этом случае можно обеспечить требуемые объемы ремонтных работ, их периодичность, соответствующую действующим нормам, а также использование при ремонте сооружений современных технологий.





В связи с этим принципиальным является вопрос о том, решается ли задача оптимизации эксплуатации сооружений системы?

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Задача оптимизации эксплуатации фактически состоит из трех основных компонентов, а именно: снижение объемов, трудоемкости и стоимости ремонтных работ, при гарантированном обеспечении эксплуатационной надежности сооружений.

Существуют два принципиально различных подхода к решению этой задачи:

1. Полная реконструкция сооружений с использованием долговечных строительных материалов (монолитного и сборного железобетона, металла), позволяющая восстановить их эксплуатационную надежность и облегчить эксплуатацию.

2. Оптимизация ремонтных работ при сохранении существующих конструкций сооружений.

В настоящее время ОАО «Гипроречтранс» разработана проектная документация нескольких вариантов капитального ремонта и реконструкции сооружений СДШС:

- технико-экономическая оценка реконструкции гидроузла № 1;
- реконструкция шлюза № 7;
- капитальный ремонт шлюза № 6.

Экономические расчеты показали, что при реальных объемах грузоперевозок добиться окупаемости «капитальных» вариантов технических решений реконструкции с использованием долговечных строительных материалов (монолитного и сборного железобетона, металла) практически невозможно. А ведь это будут затраты государственного бюджета.

Значительно менее затратным является реализованное на шлюзе № 6 оригинальное проектное решение ОАО «Гипроречтранс», предусматривающее ремонт лицевых стен камеры шлюза с использованием металлопроката и деревянного бруса. Недостаток этой конструкции – изменение внешнего вида лицевых стен камер шлюзов, что снижает привлекательность сооружений – значительного компонента национального парка «Русский Север».

Очевидно, что второй подход, то есть оптимизация эксплуатации при сохранении существующих конструкций сооружений, требует выполнения мероприятий, направленных на повышение долговечности деревянных элементов.

Представляется целесообразным выполнение мероприятий по повышению долговечности таким образом, чтобы обеспечить «равнодолговечность» всех элементов. Это позволит выполнять ремонт сооружений сразу на всю высоту, захватывая все участки с разными условиями эксплуатации.

Очевидно, что единовременные средства на ремонт возрастут за счет стоимости мероприятий по повышению долговечности. Однако, суммарные затраты, рассчитанные на нормативный срок эксплуатации, могут быть снижены. Эффективную стратегию ремонта можно выбрать только в рамках технико-экономического сопоставления вариантов, в ходе которого по критерию «цена-качество» должно быть проведено сравнение различных способов повышения долговечности.

Очевидны и способы. Если не считать экзотических вариантов, то их два:

1. Применение химических мер защиты древесины от гниения и воздействия речной воды.

2. Использование материала, более долговечного, чем сосна.

При технико-экономической оценке второго способа повышения долговечности при проведении ремонтов целесообразным представляется рассмотреть вариант использования лиственницы, которая имеет показатель относительной стойкости к гниению почти в два раза выше, чем сосна.

Указанные способы стоит применять, как комбинировано, так и выборочно (по отношению к отдельным элементам сооружений).

Одним из вариантов повышения долговечности конструкций, в частности, ряжевых, может быть закрепление грунта лицевых ящиков ряжевых стен или замена его другим материалом. Это значительно повысит долговечность венцов поперечных стен, полностью исключит вынос грунта засыпки ряжей. Однако данное решение требует конструктивной и технологической проработки.

Рассматривая варианты дальнейшей эксплуатации сооружений, нельзя не остановиться на том факте, что их изученность в настоящее время является абсолютно недостаточной. В частности, отсутствует достаточное количество достоверных фактов о состоянии древесины конструкций, расположенных в грунте обратной засыпки.

НУЖЕН КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

Очевидно, что существовавшие до настоящего времени темпы ремонтных работ, определяемые объемами их финансирования, не в состоянии были гарантировать сохранение современного технического состояния и уровня безопасности сооружений системы.

Необходимо также учитывать, что сооружения СДШС поддерживают уровень водораздельного бьефа. Это придает ей существенное региональное экологическое значение, обеспечивает сложившееся природное равновесие уникального природного комплекса национального парка «Русский Север». Кроме того, сама система является одним из значительных компонентов национального парка и «памятником инженерной мысли России». Прекращение ее функционирования приведет не только к региональной экологической катастрофе, но и утрате значительной части культурного наследия России.

Да, в настоящее время финансирование СДШС значительно увеличивается. Однако здесь может возникнуть другая опасность.

По мнению ОАО «Гипроречтранс», выполнение каких-либо работ по реконструкции отдельных сооружений без предварительных проработок по системе в целом не сможет дать нужного эффекта, так как, с одной стороны, не позволит оптимизировать затраты (добиться окупаемости вкладываемых средств), а с другой – приведет к утрате исторической привлекательности системы. И это тем более важно, что в настоящее время уже выполняются работы по реконструкции отдельных сооружений системы, причем зачастую с не всегда профессиональным видением технического решения проблемы.

Последнее, кстати, относится и к «Комплексному проекту реконструкции Северо-Двинской шлюзованной системы», разработка которого предлагается в

настоящее время в рамках подпрограммы «Внутренний водный транспорт» Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы Российской Федерации (2010-2015 годы)». Перечень работ здесь никак не затрагивает сооружения шлюзов и водоподпорных плотин, речь идет в основном о каналах и паромных переправах. А часть водоподпорных плотин и шлюзов фигурирует совсем в другом документе – «Плане первоочередных мероприятий по выведению СГТС из аварийного и предаварийного технического состояния». Все это наглядно иллюстрирует отсутствие комплексного системного подхода к реконструкции системы.

Скорее всего, в рамках этих программ будут приняты «капитальные» варианты технических решений реконструкции сооружений системы с использованием долговечных строительных материалов (монолитного и сборного железобетона, металла). Однако, как показали уже существующие проекты ОАО «Гипроречтранс» по реконструкции сооружений СДШС, добиться окупаемости вложения средств государственного бюджета при таком подходе невозможно.

Вопросы же рассмотрения будущего СДШС (в части реконструкции сооружений с их сохранением в существующем историческом виде и соответствующим развитием инфраструктуры) как полноценного компонента национального парка «Русский Север», «памятника инженерной мысли России» вообще нигде не рассматриваются.

В тоже время представляется очевидным, что при реальных объемах грузоперевозок обеспечить сохранность сооружений системы и в тоже время добиться

окупаемости вкладываемых в нее средств, можно, если рассматривать систему не только как составляющую транспортной инфраструктуры.

Сама система, если ее сооружения будут сохранены в историческом виде, как оригинальное, выполненное практически полностью из дерева, инженерное сооружение с огромной историей может представлять самостоятельный интерес для туристического бизнеса. Это позволит после реконструкции системы с сохранением существующих конструкций и соответствующем обустройстве инфраструктуры привлечь в регион, знаменитый своими историческими памятниками дополнительные туристические потоки.

В период навигации, при использовании комфортабельного флота, соответствующего основным габаритам сооружений, система может использоваться для доставки пассажиров водным транспортом к наиболее привлекательным памятникам архитектуры. Это позволит шире знакомить туристов с уникальным природным комплексом национального парка, а также предоставлять дополнительные услуги для отдыха и развлечения, в том числе охотникам и рыболовам как в летнее, так и в зимнее время. Последнее, несомненно, окажет положительное влияние на социально-экономическое развитие региона.

Подобная постановка вопроса позволит задуматься о возможности привлечения для продолжения эксплуатации СДШС частных и региональных средств. Естественно, потребуется выполнение предпроектных проработок, например, для оценки окупаемости проекта.

Топорнинское аварийно-ремонтное заграждение

