



УДК 624.21:691.116

**В.П. Стуков**

Стуков Валерий Павлович родился в 1941 г., окончил в 1963 г. Архангельский лесотехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры промышленного и гражданского строительства верфи филиала «Севмашвтуз» С.-Петербургского государственного морского технического университета, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный дорожник РФ. Имеет более 70 печатных работ в области исследований работы и расчета балок комбинированного сечения, составленных из древесины и бетона; пространственных методов расчета балочных пролетных строений мостов.



### **КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОСТОВ С БАЛКАМИ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

Исследованы дефекты элементов и конструкции пролетного строения моста с балками из клееной древесины, что позволяет определить соответствие этого материала конструкции мостового сооружения, работающего на динамические нагрузки в условиях жесткого температурно-влажностного режима.

*Ключевые слова:* мосты, дефекты, балки, клееная древесина.

В отечественном мостостроении насчитывается не более сотни сооружений с пролетными строениями из клееной древесины, и треть из них расположена на территории Архангельской области. Специфика климата и разнообразие конструкций балочных мостов при отсутствии должного надзора в период эксплуатации дали возможность оценить состояние сооружения и проанализировать недостатки конструктивных элементов и конструкции в целом, а также состояние и целесообразность использования композитного материала – клееной древесины.

Мостовое сооружение работает круглый год на открытом воздухе. Для Северо-Запада России, в частности Архангельской области, характерны длинная зима, затяжные весна и осень, повышенная влажность, длинный световой день летом, смена погоды в течение дня с перепадом температуры до 30 ... 35 °С. При изменении температурно-влажностного режима и воздействии динамических нагрузок создаются исключительно жесткие условия работы клееной древесины.

Таблица 1

Река	Год постройки моста	Срок до обследования, лет	Ориентация моста	Проект	Изготовитель	Пролет, м	Число балок, шт.	Габарит проезжей части	Клей балок	Одежда проезжей части*				
										1	2	3	4	5
Лявля	1982	9	СЗ-ЮВ	810-Р	ЭПЗ «Красный Октябрь»	18×3	18	Г-10	ФРФ-50	+		+		
Корода	1982	4	«	«	» »	18	6	Г-6	«		+			+
Яренга	1983	9	З-В	«	» »	18×10	80	Г-8	«	+		+		
Леменьга	1982	4	СЗ-ЮВ	810-Р, 810-К	ЭПЗ, завод КДК в г. Вельске	15×3	24	Г-7	«	+				+
Паденьга	1976	10	С-Ю	810-Р	ЭПЗ	18	8	Г-8	КБ-3		+			+
Елюга	1980	7	З-В	810-К	Вельск	15×3	24	Г-7	«		+			+
Лудега	1986	1	«	810-Р	ЭПЗ	18; 9×2	24	Г-8	ФРФ-50		+			+
Виледь	1983	3	СЗ-ЮВ	«	»	18×2	12	Г-6	«		+			+
Уртомаж	1982	4	З-В	«	»	18	10	Г-10	«	+			+	
Уздра	1983	3	«	«	»	18×3	18	Г-8	«	+			+	
Евда	1983	3	СЗ-ЮВ	«	»	18×3	24	«	«	+			+	
Лябла	1983	3	«	«	»	18×3	24	«	«		+		+	
Авнюга	1982	4	З-В	«	»	15	6	Г-7	«		+			+
Сойга	1984	2	«	«	»	18	12	«	«		+			+
Вель	1983	3	С-Ю	«	»	9	8	Г-8	«		+			+
Лепша 1	1989	11	«	810-Р, 810-К	ЭПЗ, Вельск	12×3; 18	18	Г-6,5	«		+			+
Лепша 2	1989	11	«	810-Р	ЭПЗ	12	6	Г-4,4	«		+			+
Моша	1989	11	СВ-ЮЗ	«	»	18×3	24	Г-7	«		+			+
Устья	1976	27	«	«	»	18×5	40	«	КБ-3		+			+
Удима	2003	11	З-В	«	»	15×3	24	«	ФРФ-50		+			+
Юмиж	1992	8	СЗ-ЮВ	«	»	18	6	Г-6	«		+			+

Гыжег	1988	9	3-В	«	»	18×3	30	Г-10	«	+		+
Ленка	1988	7	С-Ю	«	»	18×3	24	Г-7	«	+		+
Анда	1985	12	3-В	«	»	15×3	24	Г-8	«	+	+	+
Северица	1998	6	«	«	»	18	6	Г-4,5	«	+		+
Пукшеньга	1989	15	С-Ю	«	»	18×3	18	Г-4,8	«	+		+
Икса	1989	11	3-В	«	»	15	8	Г-7	«	+		+
Ухта	1996	1	«	«	»	12×3	24	Г-6	«	+		+

\* Одежда проезжей части: 1 – деревоплита; 2 – сплошной поперечный настил из бруса; 3 – цементобетонное покрытие; 4 – асфальтобетонное покрытие; 5 – продольный настил. Знаком «плюс» обозначено наличие указанного вида одежды проезжей части.



Комплексные исследования включают всестороннее изучение поведения клееной древесины в мостовом сооружении для оценки ее состояния, возможности широкого использования при сохранении первоначальных качеств. Важным моментом таких исследований является оценка влияния дефектов пролетного строения на состояние древесины в мостах. Исследуют дефекты проектирования, изготовления, строительные и эксплуатационные. Их объем и значимость дефектов существенно влияют на сроки службы мостового сооружения и затраты на ремонт для поддержания его пригодным к условиям нормальной эксплуатации. В табл. 1 и 2 приведены данные для большинства мостов, прошедших обследование.

*Влияние дефектов (ошибок) проектирования.* Нормативные документы предъявляют жесткие требования к этапу проектирования, поскольку от него во многом зависит работа сооружения в процессе эксплуатации. Так,

Таблица 2

Река	Число рас- слоений балок		Ширина раскрытых клеевых швов, мм	Разрушения				Грунт на проез- жей части	Загни- вание элемен- тов
	сквоз- ное	несквоз- ное		деревя- ные плиты	попе- речин	верхнего настила (покрытия)	троту- аров, перил		
Лявля	4	6	До 15	+		+			+
Корода	–	2	До 7		+	+	+		+
Яренга	5	9	До 15	–		–	–	–	–
Леменьга	–	2	До 10	+		+	+	+	+
Паденьга	1	2	До 12	–		–	+	–	+
Елюга	–	6	До 8		–	+	–	+	–
Лудега	–	3	До 10		–	–	–	+	–
Виледь	–	–	–		–	–	–	+	–
Уртомаж	2	2	До 20	+		+	–	+	+
Уздра	2	1	До 11	+		+	–	–	+
Евда	–	3	До 8	–		–	–	–	–
Лябла	1	1	До 10			+		+	–
Авнюга	–	–	–		–	+	–	+	–
Сойга	–	3	До 8		–	–	–	+	–
Вель	–	–	–		–	–	–	+	–
Лепша 1	2	4	До 7		+	+	+	–	+
Лепша 2	1	2	До 9		–	–	+	–	–
Моша	–	2	До 10		+	+	+	+	+
Устья	8	12	До 25		+	+	+	+	+
Удима	–	–	–		–	–	–	–	–
Юмиж	–	2	До 8		–	–	–	–	–
Гьжег	–	3	До 9		+	+	–	+	+
Ленка	–	2	До 10		+	+	–	+	+
Анда	8	4	До 15		–	+	+	–	+
Северица	–	–	–		–	–	–	–	–
Пук- шеньга	–	6	До 12		+	+	+	+	+
Икса	–	2	До 8		+	+	+	+	+
Ухта	–	–	–		–	–	–	–	–

в СНиП 2.03.05–84\* отмечено, что в деревянных мостах проезжая часть клееных пролетных строений должна защищать нижележащие конструкции от попадания осадков и прямого солнечного освещения. Плиту проезжей части следует устраивать непрерывной, а на верхние пояса балок под железобетонную плиту укладывать водонепроницаемые прокладки. Дощатую плиту необходимо подвергать тройной поверхностной обработке или предусматривать укладку асфальтобетона. Одним из важных требований является единство сроков службы элементов пролетного строения, что обеспечивает капитальность сооружения. В типовых решениях пролетных строений была предпринята попытка реализовать это требование, однако проектировщики конструкцию деревоклееных балок заменяют поперечным и продольными деревянными настилами из цельной древесины, отказываясь от гидроизоляции и т. п.

Из табл. 1 видно, что только в 21,4 % мостов использована дощато-гвоздевая плита. В остальных случаях принят двойной продольный настил, уложенный на сплошные или разреженные поперечины без гидроизоляции. Вода и грязь с пролетного строения беспрепятственно проникают на главные балки и обильно смачивают их. Повышенная влажность древесины при положительных температурах и недостаточном проветривании вызывает образование, а затем быстрый рост грибков, т. е. загнивание древесины и ее разрушение. Водонасыщение клееной древесины ведет к разрыву клеевых швов посередине высоты сечения балки. Цикличность набухания – усушки при динамическом воздействии подвижной нагрузки и резких температурных перепадах приводит к интенсивному расслоению клеевых швов и разрушению балок.

Отдельно следует сказать, что принятие дощато-гвоздевой плиты в типовом решении пролетного строения достаточно спорно. Как показали зарубежные исследования, подвижная нагрузка расшатывает швы даже клееной деревоплиты. Только поперечное обжатие ее клеевых швов позволило избавиться от их расслоения и попадания воды. Опыт эксплуатации дощато-гвоздевой плиты на мостах через р. Лявлю и Уртомаж показал, что через трещины в покрытии вода попадает в деревоплиту. Прогревание водонасыщенной древесины плиты без проветривания настолько активизирует процесс гниения древесины, что через 3-4 года она разрушается и требует замены.

Практически во всех проектах отсутствовала конструкционная защита как древесины деревоклееных балок, так и проезжей части. У крайних балок, подверженных большему воздействию солнечных лучей, расслоение клеевых швов выражено сильнее, чем у средних, однако защита экранами в виде полотнищ из стеклоткани была лишь у моста через р. Лявлю, а длин-

---

\* СНиП 2.03.05–84. Мосты и трубы [Текст]/ Минтрансстрой России. – М.: ГЛЦПП, 1996. – 214 с.

ные свесы деревоплиты или поперечного настила с тротуарами только у некоторых мостов.

Все проектные решения, в том числе типовых пролетных строений, не включали проработку конструкции деформационного шва. К нему относились традиционно, устраивая разрыв в конструкции полотна проезжей части. Вода вместе с грязью беспрепятственно попадает на шкафную часть опор, замачивает торцы балок, при замерзании вмораживает опорные сечения, изменяет работу балок на опорах, что ведет к разрушению древесины. Здесь же наблюдается активизация ее загнивания. Ошибки проектирования настолько быстро снижают первоначальные качества конструкции, что никакие ремонты и приемы эксплуатации не позволяют обеспечить нормальную эксплуатацию сооружения и его нормативные сроки службы, а в некоторых случаях ведут к разрушению конструкции.

*Влияние строительных дефектов.* Большое количество строительных дефектов свидетельствует о низкой квалификации строителей. Все отмеченные при обследовании мостов дефекты влияют на состояние сооружения и вместе с проектными и эксплуатационными дефектами усугубляют его. Неорганизованный отвод на подходах к мосту, отсутствие продольного и поперечных уклонов на пролетном строении приводят к скоплению воды на проезжей части и обильному смачиванию конструкции пролетного строения. Недостаточные зазоры между балками и шкафной стенкой устоя, отказ от использования опорных частей вызывают загнивание древесины торцов балки, особенно на участке опирания на опору. Отсутствие связи в виде наклонных металлических штырей между деревоплитой и цементобетонным покрытием приводит к его быстрому разрушению, что демонстрирует состояние покрытия моста через р. Лявлю. Это, в свою очередь, приводит к скорому загниванию и разрушению деревоплиты. Отмеченные дефекты диафрагм снижают поперечную жесткость конструкции пролетного строения и ухудшают распределение временной нагрузки на нем. Даже такой, казалось бы, незначительный дефект, как короткие водоотводные трубки, весьма пагубно влияет на состояние древесины балок, поскольку вода с пролетного строения при сбросе через них замачивает балки. Дефекты строительства как отдельные, так и при совместном действии могут оказать чрезвычайно негативное воздействие на пролетное строение и значительно сократить сроки его нормальной эксплуатации, а в худшем случае привести к его разрушению.

*Влияние эксплуатационных дефектов.* На протяжении десятилетий в отечественном мостостроении не было должного серьезного отношения к эксплуатации мостов, несмотря на существование регламентирующих документов. Это относилось особенно к железобетонным мостам, которые считались чуть ли не вечными. В последние годы, когда резко уменьшились объемы финансирования на мостостроение, деньги стали выделять преимущественно на эксплуатацию, поскольку иными путями просто не поддерживать требующие значительных капитальных ремонтов транспортные сооружения на автодорогах. При обследовании мостов были отмечены много-

численные дефекты эксплуатации. Некоторые из них можно рассматривать как совместное негативное влияние ошибок проектирования и эксплуатации. Для клееной древесины балок в первую очередь чрезвычайно опасно расслоение клеевых швов. При проявлении этого дефекта значительно уменьшается момент инерции сечения балки и соответственно возрастают напряжения в ней. Особенно опасны сквозные трещины по клеевым швам, где влияние этого дефекта максимально. Одновременно происходит перераспределение временной нагрузки между балками с перегрузкой «здоровых» балок. Балка со сквозными трещинами теряет несущую способность и становится «мертвым» грузом для остальных. Подобное явление имеет место на мосту через р. Уртомаж. Грунт на проезжей части и забитые мусором водоотводные трубки препятствуют быстрому удалению воды с пролетного строения, вызывают ее постоянную подпитку в конструкцию деревянного пролетного строения и активизацию процесса загнивания древесины. Наличие слежавшегося грунта на деревоплите при отсутствии асфальтобетонного или цементобетонного покрытия на пролетном строении моста через р. Леменьгу свидетельствует об абсолютной технической неграмотности эксплуатирующей мост организации. На мосту через р. Уртомаж, где по деревоплите заасфальтирована лишь средняя часть проезжей части пролетного строения под проезд автотранспорта, а полосы вдоль тротуаров засыпаны грунтом, имело место самое значительное на обследованных мостах расслоение клеевых швов балок. Вмороженные в смерзшуюся на весь зимний период грязь опорные участки балок не позволяют им работать по предусмотренной расчетами статической схеме, что ведет к перенапряжению древесины, задержке влаги при таянии смерзшейся грязи и загниванию древесины на этих участках. Эксплуатация моста с разбитыми продольным и поперечными настилами носит массовый характер, тогда как их разрушение влияет на состояние нижележащих конструкций, несущую способность пролетного строения в целом, безопасность движения транспорта и пешеходов и т. д. Ряд эксплуатационных дефектов является общими для мостов из любых материалов, и их влияние подробно не рассматривается.

#### *Выводы*

Дефекты мостов с балками из клееной древесины можно разделить на три части – проектирования, строительства и эксплуатации:

– проектирования – использование деревоплиты проезжей части без гидроизоляции, требуемой нормативными документами, отступление от конструктивного решения деформационного шва проезжей части над устоями, отсутствие необходимого для проветривания зазора между торцами балок и шкафной стенкой устоя и конструкционной защиты балок из клееной древесины;

– строительства – отсутствие связи деревоплиты или настила с цементобетонным или асфальтобетонным покрытием, устройства «продухов» при сопряжении настила с деревоклееными балками, опорных частей, элементов конструктивной защиты фасадных балок, неудовлетворительное

исполнение водоотвода с подходов к мосту и с проезжей части; другие дефекты, связанные с низкой квалификацией исполнителей;

– эксплуатационные – расслоение клеевых швов, разрушение элементов проезжей части, загнивание древесины, вода на проезжей части.

Дефекты существенно влияют на сроки эксплуатации мостового сооружения, поэтому следует принимать все меры по их предотвращению на этапах проектирования, строительства и эксплуатации.

Филиал «Севмашвтуз»  
С.-Петербургского государственного  
морского технического университета

Поступила 02.06.05

*V.P. Stukov*

### **Complex Investigation of Bridges with Laminated Wood Beams**

The defects of elements and structures of bridge span with laminated wood beams are analyzed that allows determining the compliance of this material with the bridgework structure meeting the dynamic load in the tough temperature-humidity conditions.

