

## ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ В МОСТОВОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Новик С.В., Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

***Аннотация.** В данной статье рассмотрена коробчато-балочная несущая мостовая конструкция, выполненная с использованием клееных балок на примере путепровода в городе Снек, Голландия. Отмечены характерные особенности и трудности, возникшие на разных этапах строительства. Описан полный технологический процесс, начиная с этапа проектирования и заканчивая сборкой и установкой моста. Проанализированы сильные и слабые стороны древесины как строительного материала. На основе проведенного исследования сделан вывод об актуальности применения древесины в современном мостостроении для Республики Беларусь.*

Вот уже не одно столетие, начиная со второй половины IX-го века, в строительстве больших и малых мостов по всему миру с большим отрывом господствуют металл и железобетон. Притом последний, в глобальных проектах, за исключением немногих выдающихся примеров металлических мостов-рекордсменов, используется гораздо чаще. Преимущества такого расклада очевидны. Железобетон обладает высокой механической прочностью, отличной огнестойкостью, хорошей сопротивляемостью сейсмическим и динамическим воздействиям, имеет малые эксплуатационные расходы, а также позволяет возводить конструкции любой рациональной формы, допуская возможность использования местных материалов. И даже несмотря на наличие некоторых недостатков, мало что может заставить проектировщиков и строителей вернуться к таким пережиткам прошлого как камень и дерево.

Исторически, «каменная эра» в мостостроении длилась дольше всего. Древнеримские мосты, протянувшие до нашего времени, стали ярчайшим примером искусности античных строителей и архитекторов. Однако, по мере развития прогресса и технологий использование этого материала плавно сошло на нет и перетекло в вышеупомянутые металл и железобетон. В то время пока средневековая Европа строила мосты из камня, у славян для этих целей использовалось дерево. Наиболее распространёнными на Руси были арочные деревянные мосты, о которых нам известно исключительно по немногим сохранившимся письменным источникам. В XVI и XVII веках появилась необходимость в более крупных мостах, которые могли бы пропускать большие корабли, что свело на нет дальнейшее использование дерева. К тому же наличие таких недостатков как анизотропность, усушка, растрескивание, загнивание и другие оставили дереву лишь скромную роль материала для мелких недолговечных бытовых мостов. Срок службы деревянного моста из обычного леса с соединениями на врубках определяется в 8–10 лет, если не принимают специальных мер против загнивания. Части моста, расположенные в условиях переменной влажности, подгнивают через 5–7 лет. До недавнего времени.

Сейчас, в начале 21 века, когда «зеленые» правят бал в Европе, а вокруг появляются новоиспечённые «веганы», дерево вновь становится дизайнерским трендом, интересным архитекторам по всему миру.

### **Описание конструкции**

Рассмотрим коробчато-балочную конструкцию (рис. 1), по которой выполнены одни из ярчайших примеров строительства современных деревянных мостов. Несущая мостовая конструкция такой системы представляет собой блок клееных балок в виде полого или сплошного короба.

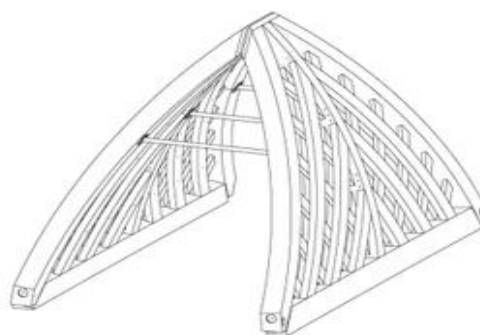


Рисунок 1 – 3D модель коробчато-балочной конструкции пролетного строения

Достоинство такой конструкции – экономичность строительства: короб поступает на стройплощадку в готовом виде. Кроме того, в его пустотах можно разместить дополнительные коммуникации. Несущая конструкция оптимально работает с использованием толстого слоя литого асфальта или металлическим защитным просечно-вытяжным листом. Поручень устанавливается по основной опоре с боковых сторон с обшивкой из палубной доски. Очень важную роль при таком строительстве играет выбор материалов, а именно породы древесины и технологий обработки. Соединение основных балок моста происходит при помощи клееных резьбовых стержней, которые обеспечивают высокую надёжность скрепления, не в ущерб виду моста.

Как только все детали готовы, можно приступать к завершающему этапу строительства. Для этого все сборные детали доставляются в сборочную зону, которая обычно находится вблизи места окончательного моста. Когда сборка завершена и мост обретает завершённый вид, необходимо транспортировать его до конечного места. Так как масса таких конструкций может достигать нескольких сотен тонн, то обычно используют самоходные модульные транспортёры, имеющие до десятка направляющих одиночных осей. По прибытию на место мост тщательным образом выставляется, подгоняется в подготовленные узлы и окончательно закрепляется. Напоследок укладывается дорожное полотно, наносится разметка, монтируются ограждения.

#### **Пример такой конструкции**

Самыми выдающимися примерами коробчато-балочной мостовой конструкции на сегодняшний день являются два одинаковых деревянных автомобильных моста в городе Снек, Голландия (рис. 2). Эти сооружения по своей технике соединения, сборке и новой модифицированной древесине подчеркивают потенциал «зелёного» материала в строительстве, а также привносят множество новшеств и создают весомый задел в развитие деревянного мостостроения.



Рисунок 2 – Путепровод в г. Снек, пересекающий автомагистраль А7



Рисунок 3 – Клееные конструкционные элементы

Путепровод весит около 450 тонн, имеет 16 метров в высоту и 32 метра в длину, а в ширину достигает 12 в нижней части и 8 метров вверху соответственно. Непосредственное строительство осуществляла немецкая фирма Holzindustrie. Общая сумма постройки составила 3,5 миллиона евро.

Дизайном и проектированием занималась архитектурная фирма ОАК (Onix Achterbosch Architecture), победившая в конкурсе с необычными чертежами. Перед проектировщиками стояла задача подчеркнуть историческое морское прошлое города, а также дать людям, пересекающим мосты, ощущение прохождения ворот. Исходя из этих требований, планировщики разработали смелый проект: прочная, сложная конструкция корпуса из открытых деревянных балок представляющая собой две набегающие друг на друга волны [1].

Помимо желания включить природный материал, необходимо было обеспечить срок службы в 80 лет, обязательный по Голландским законам [2]. В ходе проведенных исследований было выяснено, что стальной мост в таких условиях «прожил» бы 55 лет, а преднапряжённый железобетон – 90 лет. Мост из сортов твёрдой тропической древесины азобе – 45 лет. Что показывает невозможность применения обычного дерева в нормальных условиях для такой открытой, незащищенной конструкции.

Реализовать подобное возможно только с применением конструкционной древесины с высокой прочностью и стабильностью. К тому же для сложной геометрии и большого размера потребовались клееные конструкционные элементы (рис. 3). Тем не менее, прочные леса, такие как азобе или дуб, могут использоваться только снаружи. Поэтому технические инновации в строительстве позволили использовать экологически чистую древесину со стабильной добычей, которая модифицируется в нетоксичном процессе, что приводит к прочности класса 1. Это высокотехнологичное дерево называется Ассоуа и изготавливается Accsys Technologies из сосны из лузги, полученной из Новой Зеландии. Древесину ассоуа производят путем пропитки кислотными соединениями. Такая древесина по долговечности и устойчивости к деформациям значительно превосходит наиболее дорогие сорта тропического твердого дерева. Древесина ассоуа может быть светопрозрачной, ей можно придавать дополнительную гибкость и повышенные акустические свойства. Также, как и все красные породы, древесину Ассоуа можно легко склеить [3].

На этапах производства было встречено несколько проблем, которые были близки к пределу того, что технически осуществимо. Огромная мотивация всех вовлеченных сторон привела к завершению проекта и, вероятно, станет историческим моментом в строительстве деревянных мостов.

Актуальность строительства деревянных мостов для Республики Беларусь заключается непосредственно в природном богатстве «зелёным» строительным материалом. Недаром наша страна входит в семёрку лидеров среди европейских стран по площади леса на душу населения. И хоть белорусская древесина во многом уступает редким и дорогим тропическим аналогам, однако вполне может использоваться в строительстве небольших мостов на местных дорогах II-V категорий. В настоящее время деревянные мосты в ближнем зарубежье на подобном уровне всё ещё экзотика и интересные решения в этой области могли бы серьёзно укрепить позиции Беларуси в деревянном мостостроении среди стран Европы и СНГ, а также сделать это достопримечательностью нашего государства, не дожидаясь, пока это станет всеобщим трендом.

#### **Список использованной литературы**

1. Архиновости [Электронный ресурс] / Интернет-журнал об архитектуре и дизайне – @arhinovosti.ru, 2005-2008 – Режим доступа: <http://www.arhinovosti.ru/>. – Дата доступа: 10.10.2017 г.
2. EN 1995-2 (2004) (English): Eurocode 5: Design of timber structures – Part 2: Bridges [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. ArchDaily [Электронный ресурс] / The world most visited architecture website – ArchDaily, 2008-2017 – Режим доступа: <https://www.archdaily.com/>. – Дата доступа: 11.10.2017 г.