



Бахтин Сергей Анатольевич — профессор, кандидат технических наук, профессор кафедры «Мосты» Сибирского государственного университета путей сообщения, выпускник факультета «Мосты и тоннели» НИИЖТа 1974 г.



Вестунг Илья Альфредович — инженер производственно-технического отдела ООО «Опора», выпускник факультета «Мосты и тоннели» Сибирского государственного университета путей сообщения 2007 г.



Пыринов Борис Владимирович — доцент, кандидат технических наук, главный специалист производственно-технического отдела ООО «Опора», выпускник факультета «Мосты и тоннели» НИИЖТа 1955 г.

УДК 624.21.011.1:674.028.9

С. А. БАХТИН, И. А. ВЕСТУНГ, Б. В. ПЫРИНОВ

РАЗРАБОТКА НОВОГО КОМБИНИРОВАННОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТОВ ИЗ КЛЕЁНОЙ ДРЕВЕСИНЫ ПОД ПЕШЕХОДНУЮ НАГРУЗКУ

Для повышения архитектурной выразительности пешеходных путепроводов при строительстве многоуровневых развязок в больших городах предлагается новое комбинированное пролетное строение: пологая деревянная клеёная арка с металлической затяжкой.

Одной из важнейших проблем современных больших городов является строительство многоуровневых развязок с выразительными архитектурными решениями, способных с минимальными затратами обеспечить движение постоянно растущего потока автотранспорта.

Одним из фрагментов решения данной проблемы может стать предлагаемое пролетное строение пешеходных путепроводов комбинированной конструкции **«деревянная клеёная арка с металлической затяжкой»** индустриального изготовления пролетом 32,4 м и шириной пешеходной дорожки 3 м, обеспечивающее перекрытие 6–8 полос автомобильного движения (рис. 1).

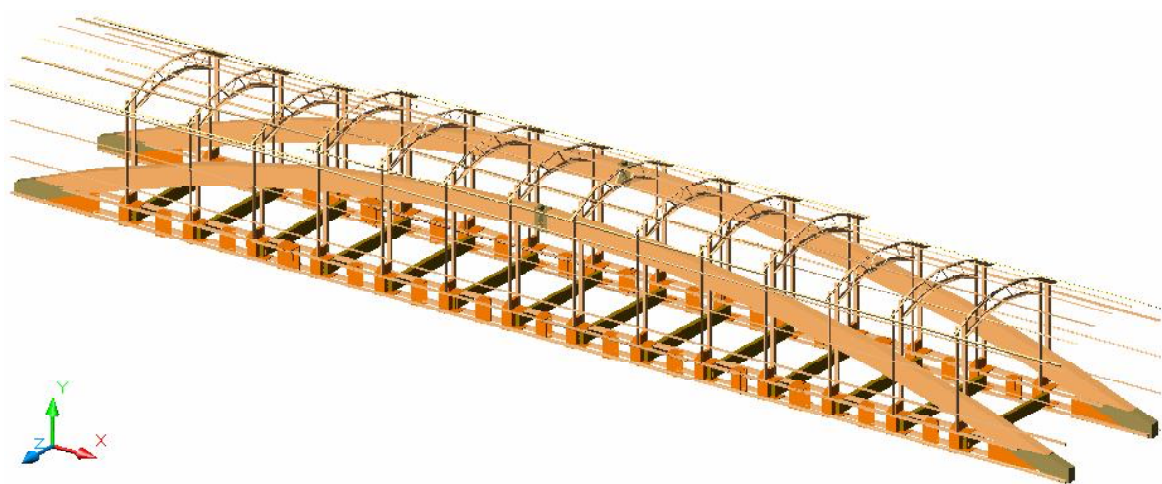


Рис. 1. Разработанное пролетное строение (деревянная проехочая часть и остекление не показаны)

К достоинствам данного пролетного строения можно отнести: «стремительность» арки (отношение стрелы подъема пологой арки к пролету 1 : 11); внешнюю «безраспорность» конструкции благодаря балке-затяжке; минимальную строительную высоту, равную при «езде понизу» высоте поперечной балки — 0,6 м; малый собственный вес; удобство монтажа и минимум трудозатрат на него (пространственный монтажный блок составляет полпролета и имеет массу всего 19,4 т — см. рис. 4); индустриальность изготовления и технологичность узлов соединения металлических и деревянных элементов и т.д.

В настоящее время во многих странах, в том числе и в России, находит широкое применение клеёная древесина. Это новый передовой материал, обладающий малой плотностью, относительно высокой удельной прочностью и жесткостью, эстетичностью, химической стойкостью, легкой обрабатываемостью, достаточной долговечностью при соответствующей обработке. Кроме того, широкое применение этого материала обусловлено постоянным возобновлением запасов древесины.

В Новосибирске существует фирма «СТИЛВУД», которая занимается изготовлением конструкций из клеёной древесины по современной технологии, в том числе криволинейных, для различных сооружений. Но конструкции ограничены некоторыми размерами, а в частности, длиной элементов (до 18–20 м).

Для статического расчета выбранной комбинированной конструкции были построены линии влияния внутренних усилий и деформаций, выявлены невыгодные загрузки постоянной и временной нагрузками (рис. 2). Необходимо было подобрать такие загрузки, при которых возникали максимальные нормальные, касательные и приведенные напряжения в арке, работающей на сжатие с изгибом и в балке-затяжке, работающей на растяжение с изгибом.

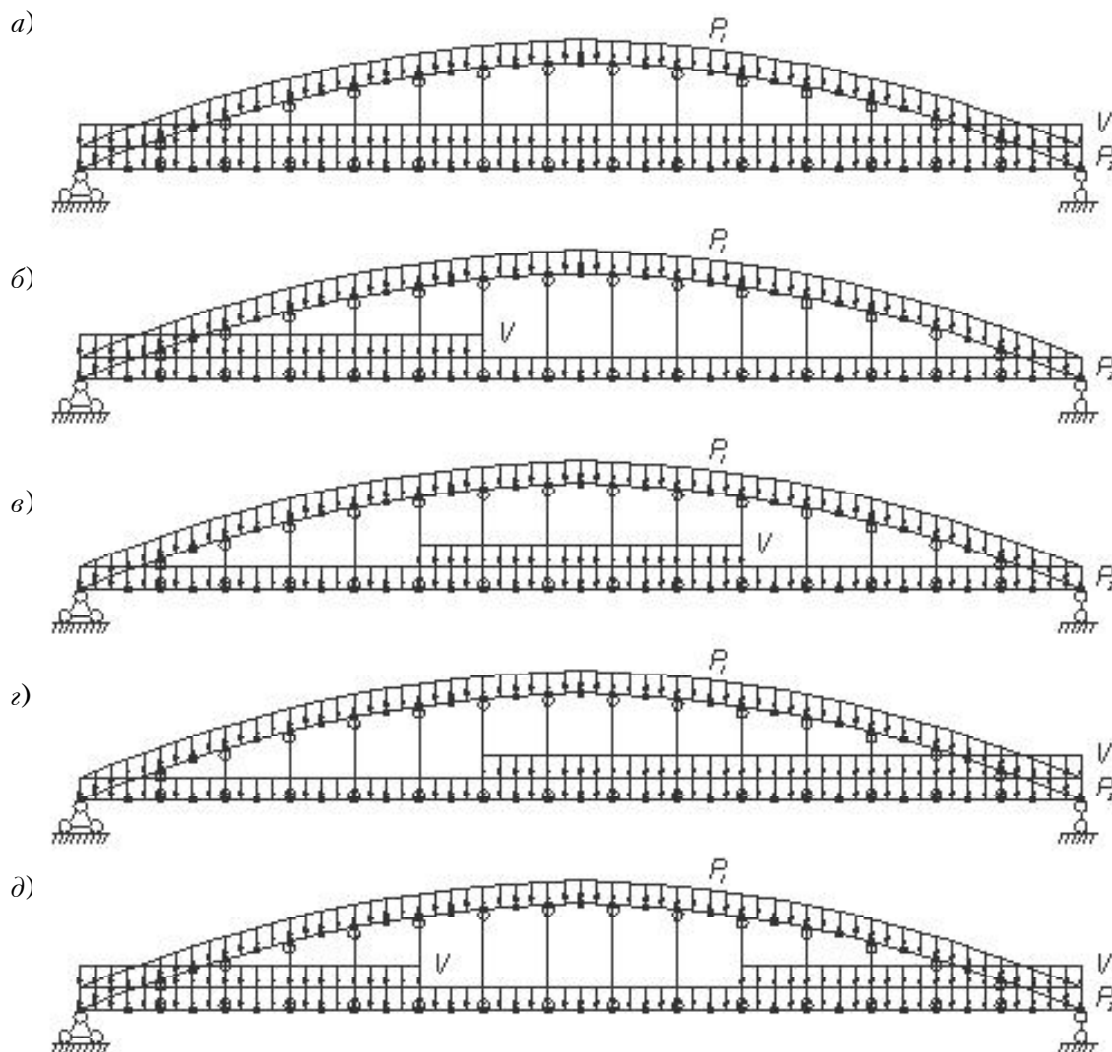


Рис. 2. Загружения пролетного строения:

a — определение максимальных продольных усилий в конструкции; *б* — определение $M_{\max,0.25}$; *в* — определение $M_{\max,0.5}$; *г* — определение $M_{\min,0.25}$; *д* — определение $M_{\min,0.5}$

По полученным результатам были запроектированы поперечные сечения основных элементов, в частности, клеёная арка представляет собой криволинейный стержень постоянного сечения (600×280 мм — высота по фасаду 1 : 54 от пролета). Балка-затяжка состоит из четырех уголков минимального сечения L100×100×10, объединенных планками.

Наибольшие проблемы возникли при проверке устойчивости сжатой арки, которая выполнялась в пространственной постановке при помощи программного обеспечения SCAD. Из-за действия подвесок в вертикальной плоскости арка имеет существенные запасы по устойчивости. Но в горизонтальной плоскости только совместный учет пространственного характера работы подвесок, поперечных балок и каркаса остекления, играющего роль верхних поперечных связей (см. рис. 1), позволил получить приемлемые коэффициенты запаса:

- первое сочетание (постоянная нагрузка плюс полная пешеходная) — 1,25;
- второе сочетание (постоянная нагрузка плюс полная ветровая) — 2,42;
- третье сочетание (постоянная нагрузка плюс 0,8 пешеходной плюс 0,25 ветровой) — 1,39.

Одной из важных проблем было конструирование основных узлов пролетного строения, которые, во-первых, должны были обеспечивать стыковку двух материалов — металла и дерева, а во-вторых, учитывать технологию изготовления клеёных конструкций на фирме «СТИЛВУД». Достоинством всех узлов можно считать минимум трудозатрат и максимальную простоту на монтаже. Наиболее интересными и оригинальными можно считать следующие узлы (см. рис. 1, 3 и 4):

- Опорный узел прикрепления арки к балке-затяжке, где происходит передача распора, и который требует постановки всего восьми болтов на монтаже. Для обеспечения надежного соединения, торец арки на заводе наглухо вклеивается в металлический башмак из листового металла толщиной 10 мм (см. рис. 3). В местах постановки высокопрочных болтов в заводских условиях в арку вклеиваются металлические трубки наружным диаметром 42 мм и толщиной стенки 8 мм, чтобы воспринять усилия натяжения высокопрочных болтов.

- Центральный узел монтажной стыковки двух половинок арки, так как по технологии заводского изготовления невозможно получить клеёную конструкцию длиной более 18–20 м.

- Узлы монтажных стыков балки-затяжки (в четвертях и середине пролета) и узлы стыковки подвесок с аркой и балкой решены при помощи простейших горизонтальных и вертикальных планок на болтах. Учитывая то, что подвески работают при некоторых сочетаниях нагрузок на сжатие, их конструкция представляет собой комбинированный элемент: два уголка L100×100×10, объединенных глухими нагелями с вставкой из клеёной древесины сечением 280×100 мм.

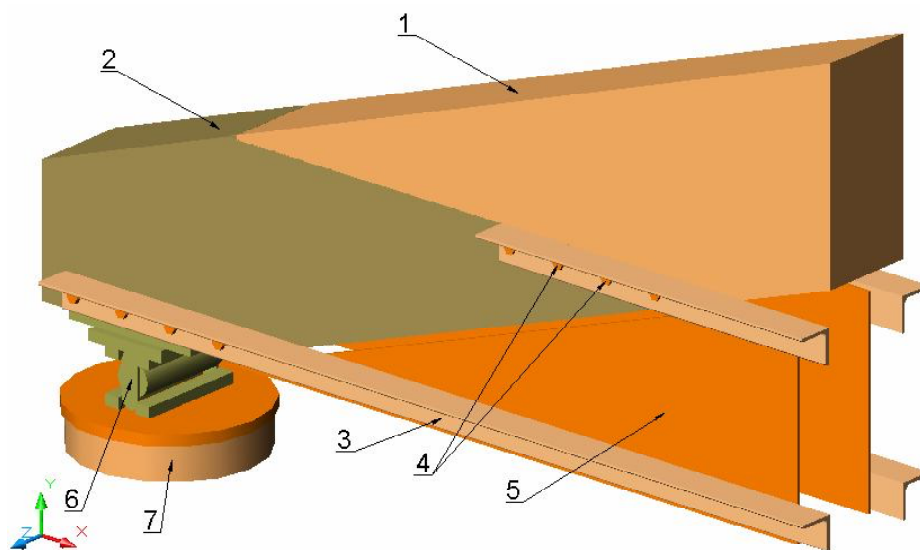


Рис. 3. Узловое соединение арки и балки-затяжки:

1 — арка; 2 — металлический башмак; 3 — уголки затяжки; 4 — высокопрочные болты;
5 — вертикальные планки; 6 — катковая опорная часть; 7 — опора

Технология сооружения комбинированного пролетного строения предусматривает предварительную сборку металлической балки-затяжки на специально выложенных брусках и установку половинки арки с опиранием на пятую подвеску, которая поддерживает арку и работает на сжатие. Причем выбор

данной подвески определялся дополнительным расчетом для обеспечения минимальных прогибов половинки арки, что позволит беспрепятственно установить все последующие подвески пролетного строения и состыковать половинки арок.

Далее собирается пространственный монтажный элемент — половина пролетного строения массой 19,4 т, который был рассчитан на монтажные нагрузки в момент строповки и в момент установки данного блока на временную опору (см. рис. 4).

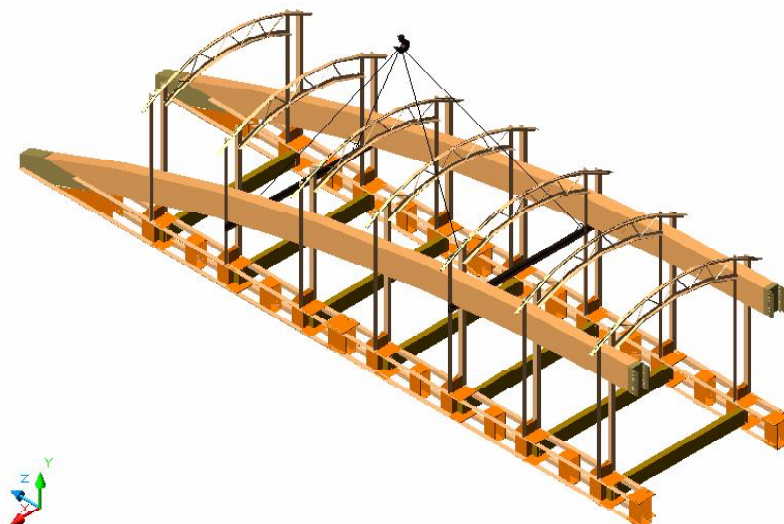


Рис. 4. Пространственный монтажный блок массой 19,4 т

Сравнение технико-экономических показателей пешеходных путепроводов-аналогов, построенных в Новосибирске в 2005–2006 гг., показало достаточную перспективность предлагаемой комбинированной конструкции, судя по расходу материалов на 1 м² проезжей части (таблица).

Расход материалов на 1 м² проезжей части пешеходных путепроводов-аналогов

Пролетные строения путепроводов-аналогов	Расход материалов на 1 м ² проезжей части		
	Металл, т	Железобетон, м ³	Древесина, м ³
Металлическая ферма пролетом 44 м по типовому проекту № 723/3	0,273	0,055	—
Индивидуальная металлическая балка, проектировки ООО «Опора» пролетом 33 м	0,303	0,111	—
Предлагаемая деревянная арка с металлической затяжкой пролетом 34,2 м	0,155	0,042	0,27

Разработанное комбинированное пролетное строение является определенным вкладом в расширение применения деревянных клеёных конструкций в области мостостроения и в решении современных проблем больших городов.