

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАБОТЫ СБОРНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Стоянов В.В., Купченко Ю.В., Масляненко Е.В. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

Сборные деревянные конструкции, в том числе и пространственные, после некоторого периода лишь единичного применения вновь становятся востребованными [1]. Нельзя не согласиться с высказываниями известного специалиста в области конструкций из дерева и пластмасс д.т.н. Л.М. Ковальчука, который на совещании Российского НТО строителей в Москве в апреле 2002 г. указал на многочисленные примеры снижения качества конструкции ввиду игнорирования существовавших раньше требований по унификации. Сборные деревянные конструкции, с унифицированными элементами, открывают возможность механизировать и автоматизировать производство, что наряду с экономической эффективностью, гарантирует высокое качество изделий.

Сборные деревянные гиперболические оболочки являются одним из лучших примеров эффективного использования анизотропии древесины, когда линейчатость волокон продольных и поперечных ребер вполне укладывается в линейность гиперболической поверхности типа асимгиполоид.

Ранее используемые подходы по конструированию сборных гиперболических оболочек устанавливали полную разбивку лепестка составной оболочки на пять сборных элементов трех типоразмеров [2] (рис. 1).

К примеру, сборное гиперболическое покрытие размером 36.0x24.0 м было собрано из 55 панелей трех типоразмеров заводского изготовления [2].

Такое полносборное покрытие несомненно эффективно и привлекательно, так как все сборные элементы изготавливались в заводских условиях. Однако принятое решение не лишено некоторых конструктивных недостатков. В частности, в поле оболочки каркас составленный из продольных и поперечных ребер получается несимметричным, так как продольные ребра оказываются спаренными, а поперечные одинарными (рис. 1), что, конечно, усложняет конструктивное решение стыков сборных элементов.

На кафедре МДиПК ОГАСА разработано другое конструктивное решение, которое может быть осуществлено при условии устройства на строительной площадке специального стенда для сборки лепестка составной оболочки. В этом случае лепесток собирается из трех сборных элементов двух типоразмеров, которые на стенде соединяются посредством поперечных ребер (рис. 2).



Рис. 1 Схема разбивки лепестка составной оболочки на сборные элементы.

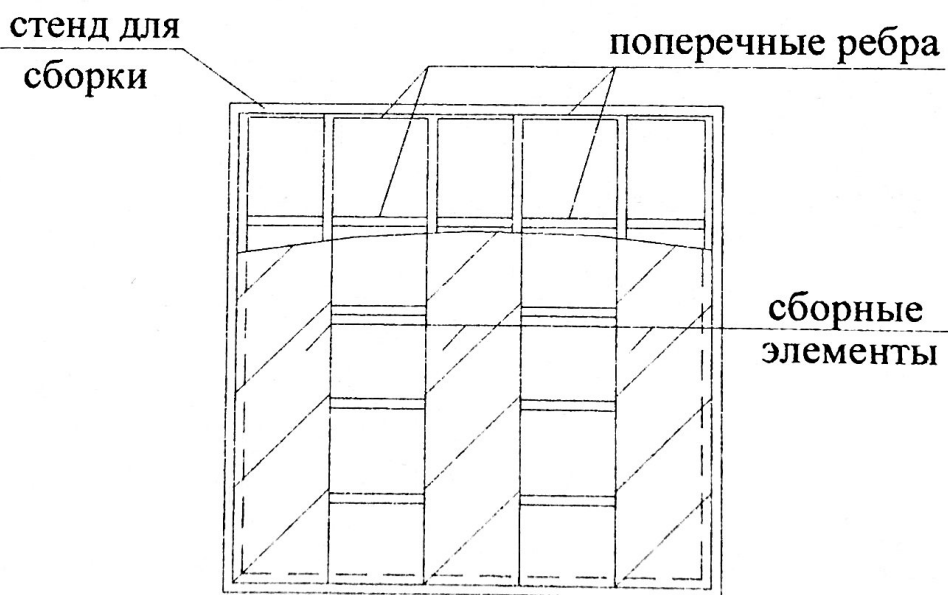


Рис. 2 Схема стенда для сборки одного лепестка составной оболочки.

Такой прием в формировании лепестка оболочки, сохраняя в большей степени сборность конструкции, позволяет обеспечить симметричность каркаса из продольных и поперечных ребер, а также улуч-

шить качество стыка. Кроме того, можно при этом на стенде решить и другие вопросы проектной доводки оболочки – утепление, окраска и т.д.

Напряженно–деформированное состояние деревянных сборных гиперболических оболочек достаточно широко представлено в теоретических и экспериментальных исследованиях как прошлых лет [2], так и в современных исследованиях [3, 4].

Аналитический анализ производился на базе уравнений предложенных в работе [1]:

$$\begin{aligned} \alpha \cdot \varphi + \alpha_d - g &= 0 ; \\ \alpha_b \cdot \varphi - \alpha \cdot w &= 0 ; \end{aligned} \quad (1)$$

где α , α_b и α_d – линейные дифференциальные операторы записанные с учетом принятых параметров жесткости.

Численный расчет для различных краевых условий может быть реализован с использованием метода конечных элементов в перемещениях (например, программный комплекс “Мираж”, “Лира” и др.)

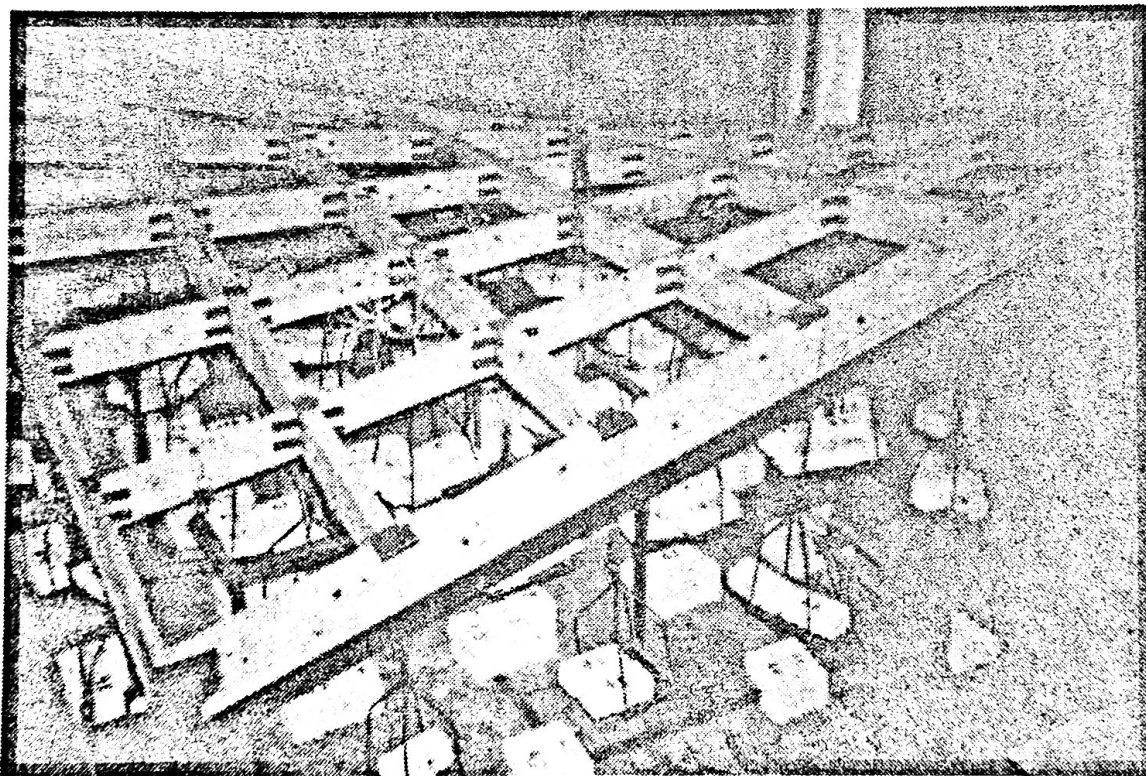


Рис. 3. Экспериментальные исследования каркаса оболочки 4.0×4.0 м.

Проанализируем деформативность монолитных (имеются в виду выполненных из нескольких слоев досок) и сборных гиперболических оболочек. Представляется интересным сравнение монолитных оболочек размером 1.8 x 1.8 м (Талин) и 3.0 x 3.0 м (Прага) [2] и сборных оболочек 1.5 x 1.5 м [2] и 4.0 x 4.0 м [3]. С учетом двух масштабного

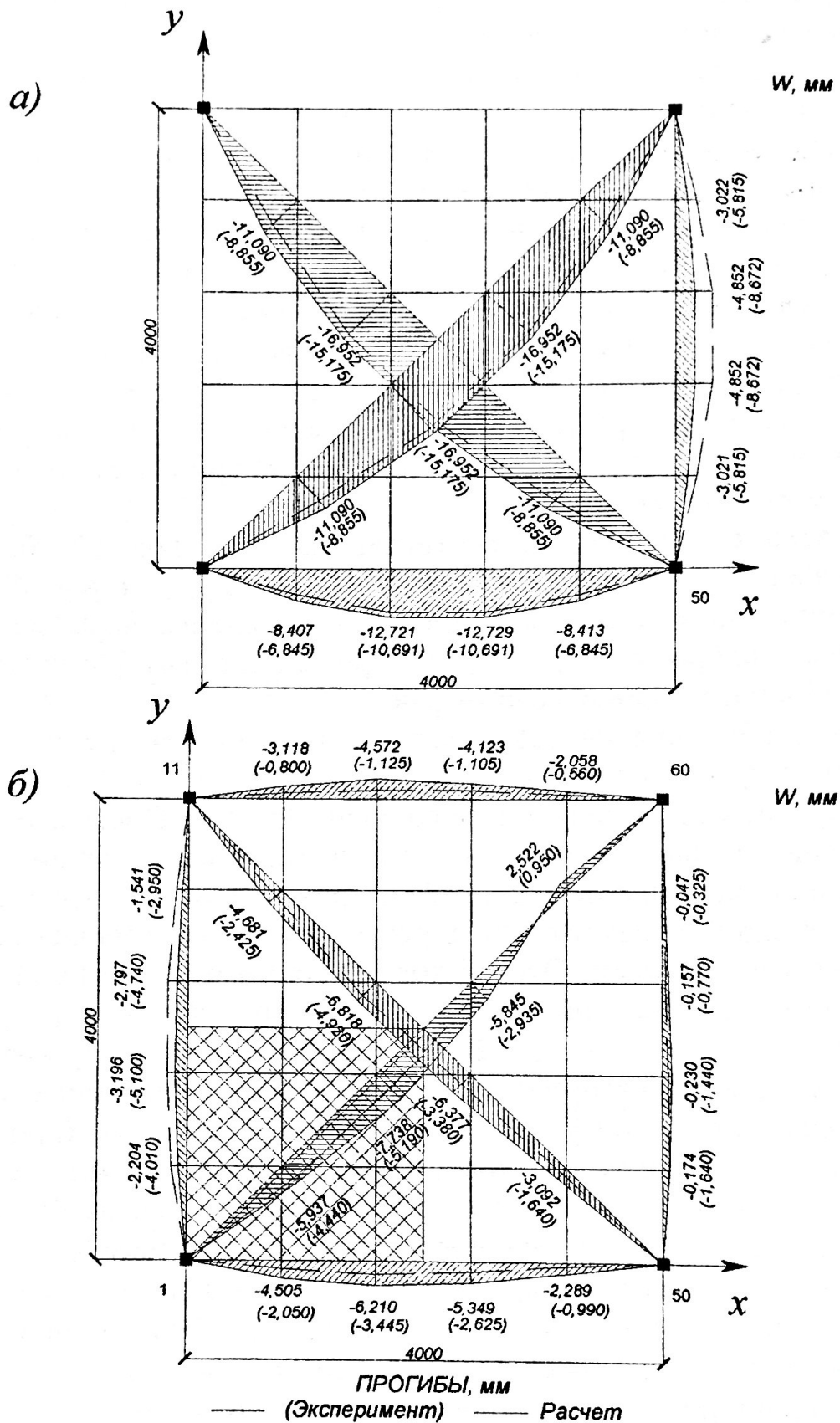


Рис. 4. Распределение прогибов в металодеревянной оболочке размером 4.0×4.0 м при различных вариантах загрузки равномерно распределенной нагрузкой.

- а) по всей поверхности оболочки;
- б) на четверти поверхности оболочки.

моделирования прогиб всех оболочек в центре оказался близким по величине и составил около 9.0 мм.

Следует заметить, что проведенные впервые в лаборатории кафедры отдельные испытания каркаса оболочки, а затем оболочки в целом, позволили установить степень влияния обшивки на напряженно-деформируемое состояние оболочки [3].

Оказалось, что использование металлической обшивки уменьшает деформативность оболочки более чем на 40%. Однако, все же такой результат нельзя считать окончательным, так как жесткая обшивка в определенной степени компенсирует податливость механических связей – стыков сборных элементов. Можно ожидать, что с повышением жесткости стыков (например, с использованием клеенных стержней) влияние жесткости обшивки в целом на деформативность оболочки будет значительно меньше.

Характер распределения вертикальных перемещений, балочный, хотя по абсолютной величине значительно меньше (см. рис. 4, а). При загрузке одной четверти оболочки наблюдается неравномерность распределения прогибов (рис. 4, б) – происходит выгиб вверх противоположной незагруженной ее четверти.

Модель оболочки не доводилась до разрушения, а максимальное нагружение равномерно-распределенной нагрузкой составило 1.8 кН/м². Прогиб оболочки в центре составил 15.1 мм. Поскольку при выдержке конструкции на максимальном нагружении в течении 24 часов, а также при разгрузке не было зафиксировано существенных остаточных деформаций следует считать ресурс принятого сечения оболочки далеко не исчерпанным. Это обстоятельство в определенной степени подтверждается небольшими изгибными напряжениями в ребрах контурной части оболочки – $\sigma_m = 2...3$ МПа. Вместе с тем, при равномерно-распределенной нагрузке по всей поверхности величина нормальных напряжений в контурных ребрах цельных по длине (продольных в составе сборного элемента) и составных ребер (поперечных в составе сборного элемента) различаются на 40...60%. Это обстоятельство свидетельствует о степени податливости используемых связей.

В заключении отметим, что экспериментальные исследования сборной металлодеревянной гиперболической оболочки подтвердили ее высокую несущую способность, возможность при существующих резервах прочности и жесткости замены высокомодульной обшивки. Одновременно следует сделать вывод о необходимости дальнейших исследований по совершенствованию узловых соединений.

Литература

1. Стоянов В.В. , Купченко Ю.В. , Цыбульчик А.Б., Масляненко Е.В. Сборные деревянные гиперболические покрытия. В “Строительном эксперте”, №7. М. Госстрой, 2002 г.
2. Стоянов В.В. “Сборные клефанерные гиперболические оболочки” К, Штинаца, 1981 г., 78 с.
3. V.V.Stojanov, A.B. Cybulchik, U.V. Kupchenko, E.V. Maslyanenko. Designing of modelar hyperbolic coverinse. Sofia, UACEG, 2002.
4. Стоянов В.В. “Конструирование легких сборных гиперболических покрытий” О., Укртехстрой, 2000 г., 165 с.