

УДК 624.074.4.011.1.674.028.9.

КОНСТРУИРОВАНИЕ УЗЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ СБОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛЕЕФАНЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ.

В.В.Стойнов, В.В.Попов, О.В.Самарджиева (Одесса, ОГАСА)

Проектирование сборных клефанерных пространственных покрытий привлекательно с многих точек зрения. В частности, использование лёгких сборных элементов - легко транспортируемых, удобных в процессе монтажа открывает возможность для широкого использования таких конструкций. Вместе с тем, как это и должно быть в инженерной практике - наряду с достоинствами, возникают определённые проблемы при решении узловых соединений, связанные с обеспечением прочности и жёсткости [1].

В работе рассматриваются некоторые варианты соединений сборных элементов клефанерных гиперболических оболочек.

I. Использование металлических зубчатых пластин (МЗП) [2], когда они впрессовываются в смежные плоскости стыкуемых элементов и затем соединяются между собой болтами или при помощи сварки. Здесь выбор конструктивного решения будет определяться способом крепления МЗП. В этом случае, если на одном элементе (рис. 2) МЗП впрессовывается в процессе изготовления сборного элемента, а на смежном есть возможность запрессовать МЗП в проектное положение в процессе монтажа, то в этом случае МЗП в смежных элементах свариваются между собой. В противном случае, когда МЗП устанавливаются уже при изготовлении сборного элемента, т.е. отсутствуют условия необходимого контакта для их сварки друг с другом, соединение их осуществляется с помощью металлических нагелей (рис. 1).

I.I. Соединение МЗП при помощи металлических нагелей [2]

На кромках прилегающих элементов I крепятся у торца МЗП, к которым привариваются нагели из круглой стали (нагель пропускается через отверстие в элементе 2) (рис. 1).

Набегающие элементы I могут быть состыкованы с элементом 2 практически под любым углом α .

Изгибающий момент в примыкающих элементах I воспринимается металлическими нагелями

$$\sigma = \frac{N_b}{A_{bn}} \leq R_{bt} \quad (1)$$

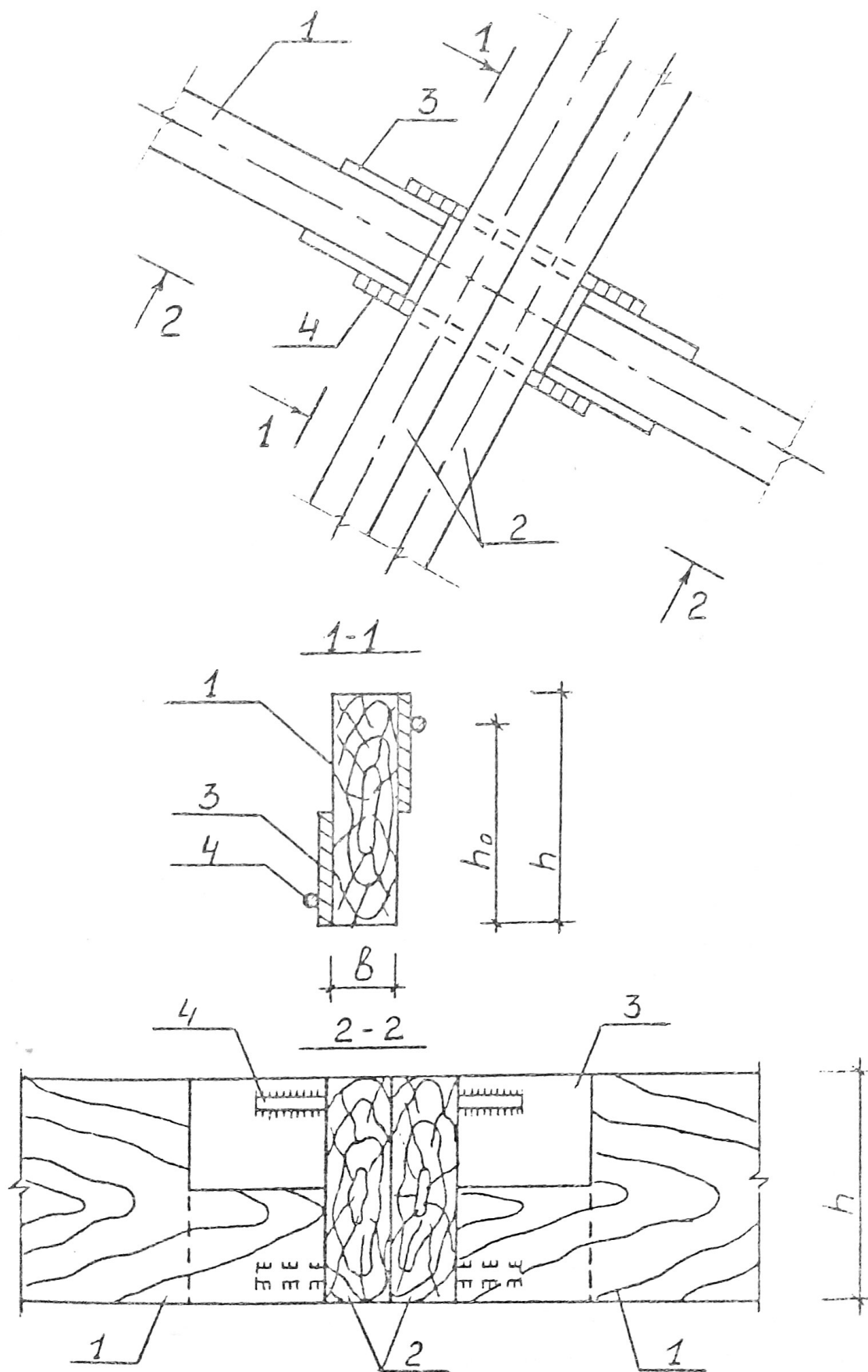


РИС. I. Соединение МЗП металлическими нагелями:

I - поперечное ребро; 2 - продольное ребро;
 3 - МЗП; 4 - нагель.

где $N_b = M_1 / (2 h_0)$.

Длина сварного шва по металлу шва

$$l_w = \frac{N'_b}{\beta_f k_f R_{wf} \delta_{wf} \delta_c} \quad (2)$$

где $N'_b = \frac{1}{2} N_b$.

Длина сварного шва по металлу границы сплавления

$$l_w = \frac{N'_b}{\beta_z k_f R_{wz} \delta_{wz} \delta_c} \quad (3)$$

Несущая способность стального нагеля на изгиб

$$T_n = 1,8 d^2 + 0,02 d^2 > Q \quad (4)$$

где Q - поперечная сила.

Несущая способность древесины на смятие от изгиба нагеля

$$T_{cm} = 0,5 c d > Q \quad (5)$$

1.2. Жёсткое узловое соединение [2].

В этом случае на кромках у торца поперечного ребра устанавливаются специальные МЗП - Б, имеющие отбортовку, а на пласт продольного ребра крепят МЗП - П, имеющие отверстие. Отбортовка на МЗП - Б позволяет компенсировать возможные неточности сборки, чтобы обеспечить необходимые условия для сварки этих пластин между собой, а отверстия на МЗП - П служат для пропуска болтов при соединении смежных элементов (Рис. 2).

Несущая способность такого соединения определяется известными требованиями к МЗП. Однако, кроме того, требуется проверка прочности сварного шва. Это делают с помощью формул (2) и (3), где вместо N'_b используется поперечная сила Q .

Расчётом оболочки на действие собственного веса и снеговой нагрузки были установлены внутренние усилия и моменты в узлах. Здесь наряду с продольными усилиями сжатия и растяжения имеют место поперечные силы, изгибающие и крутящие моменты.

Максимальные величины внутренних усилий и моментов составили: $N_c = N_p = 90$ кН; $Q = 2$ кН; $M_k = 0,1$ кН·м; $M_{изг} = 2,9$ кН·м.

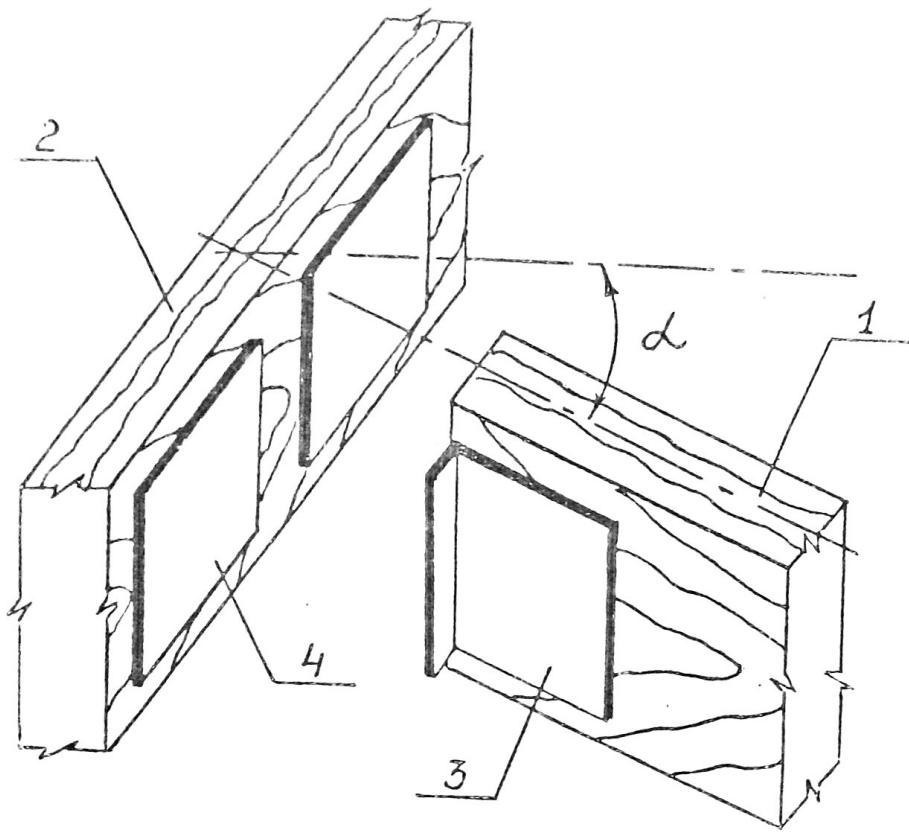


РИС. 2. Жёсткое соединение с использованием МЗП:

1 - поперечное ребро; 2 - продольное ребро;
3 - МЗП-Б; 4 - МЗП-П.

С учётом того, что крутящий момент погашается обшивкой, а продольные усилия в поперечных рёбрах воспринимаются болтами и гвоздевыми пластинами, методикой испытаний предусматривается приложение в узле изгибающего момента и поперечной силы.

Требуемая длина сварного шва

$$l_{\text{ш}} = \frac{N_p}{2R_{\omega} f_{\text{ш}} h_{\text{ш}} \beta} = \frac{90}{2 \cdot 18,5 \cdot 0,3 \cdot 0,7} = 11,7 < l_{\text{ш}}^{\text{факт}} = 17 \text{ см.}$$

Принятые схемы загрузки обеспечивали расчётные усилия:

- от действия $M_{\text{изг}}$. Продольное ребро закреплялось жёстко между двумя неподвижными опорами, а к краю поперечного ребра прикладывалась сосредоточенная нагрузка. В месте стыка образуется изгибающий момент:

$$M_{\text{изг}} = P \cdot e$$

где $e = 35$ см - расстояние от центра приложения нагрузки до торца поперечного ребра;

- от действия поперечной силы Q . Продольное ребро закрепляется жёстко, как и в предыдущем случае, но сосредоточенная нагрузка прикладывается непосредственно к торцу поперечного ребра. Во избежание смятия древесины нагрузка распределена на определённую площадь, что в конечном итоге ведёт к появлению незначительного по величине изгибающего момента.

На продольные и поперечные рёбра, а также на МЗП были наклеены тензорезисторы.

Нагрузку прикладывали этапами по 1 кН при помощи гидравлического домкрата.

В результате испытаний выявлено:

- поперечная сила Q , превышающая расчётную в 3 раза, не приводит к видимым нарушениям в креплении узла, а максимальные напряжения в МЗП были незначительными и составили 8 МПа. Узел от действия поперечной силы не доводился до разрушения;

- изгибающий момент $M_{изг}$, превышающий расчётный в 3 раза, привёл к разрушению стыка. Произошла местная потеря устойчивости пластины (со стороны приложения нагрузки) с одновременным обнаружением зубьев.

Максимальные напряжения в МЗП составили при величине $M_{изг}$, равной расчётному значению, 37,5 МПа; при величине $M_{изг}$, втрое превышающей расчётный момент, 81,2 МПа.

Результаты эксперимента подтвердили возможность использования предложенной конструкции стыка при соединении сборных оболочечных элементов. Для исключения местной потери устойчивости от действия изгибающих моментов необходимо болты, соединяющие сборные элементы располагать в углах МЗП, примыкающих к поперечному ребру.

2. Использование специальных уголковых элементов.

Такое соединение (см. РИС. 3) является упругоподагтивным и рекомендуется использовать для конструкций пролётом 12 - 18 м.

Здесь усилия в разрезных рёбрах передаются посредством нагельных соединений.

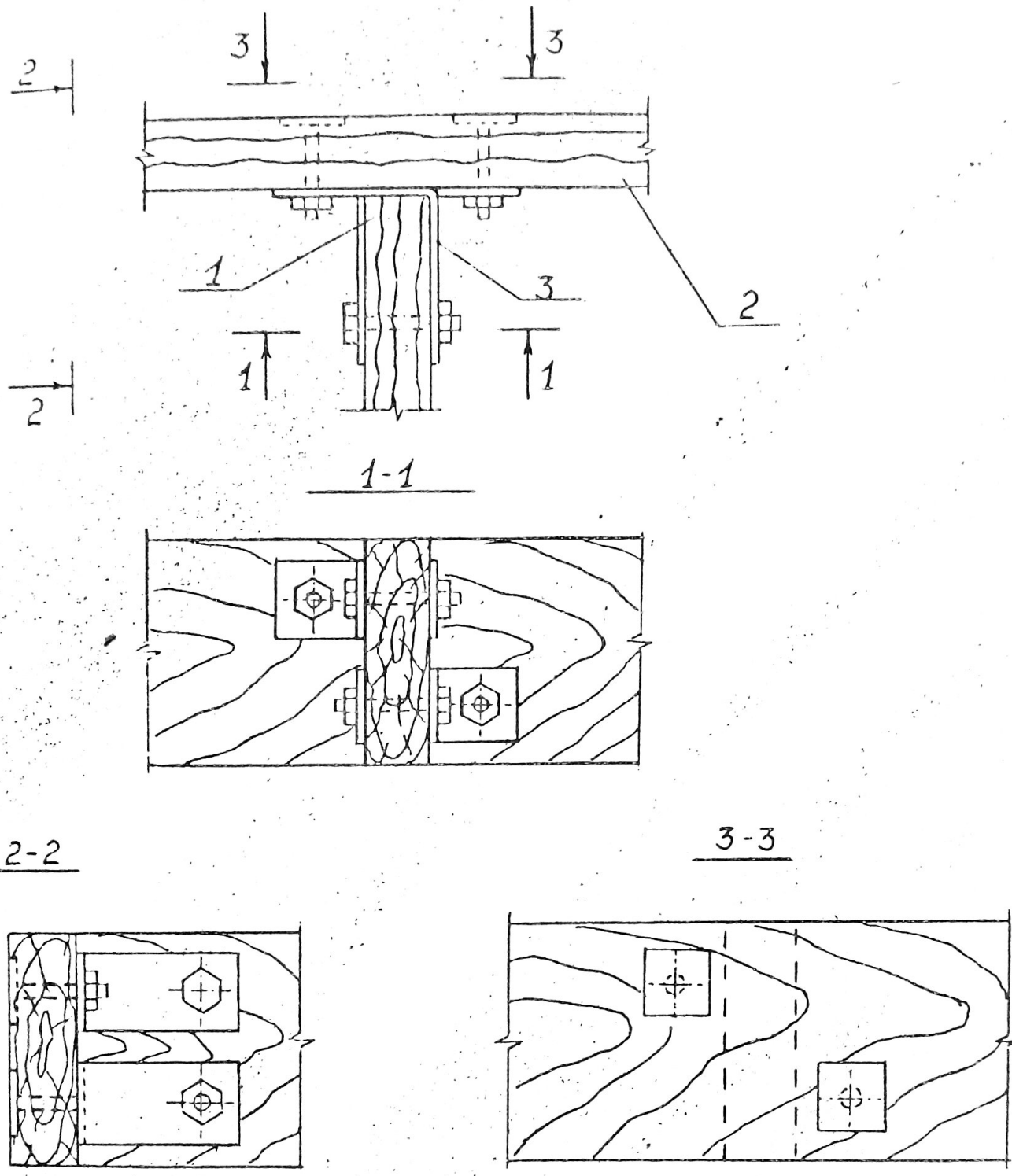


РИС. 3. Упруго - податливое соединение с использованием уголковых элементов:

1 - поперечное ребро; 2 - продольное ребро;
3 - уголковый элемент.

Литература

1. В.В.Стойанов. Сборные клефанерные гиперболические оболочки. Кишинёв "Штиинца" 1981, 78 стр.
2. В.В.Стойанов и др. Конструкции сельскохозяйственных зданий и сооружений. Кишинёв "Штиинца" 1987, 138 стр.