

УДК 692

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ПРИМЕНИМОСТИ СЕТЕЙ ЧЕБЫШЕВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕНТОВЫХ ОБОЛОЧЕК

Ишанова В.И., Удлер Е.М.

ГОУ ВПО Казанский государственный архитектурно-строительный университет,  
Казань, e-mail: [udler41@mail.ru](mailto:udler41@mail.ru)

На основе аналогии схемы трансформации углов Чебышевской сети, накладываемой на криволинейную поверхность и геометрии перестройки внутренней структуры пленочно-тканевых материалов при формировании пространственной архитектуры тентовых покрытий строительных сооружений, определяются границы контуров плоских заготовок при проектировании форм тентовых оболочек. Приводятся расчетные формулы и алгоритм определения зон допустимых изменений сетевых углов в материале оболочки, необходимые для автоматизированного проектирования тентовых сооружений.

**Ключевые слова:** тентовые оболочки, сети Чебышева, сетевые углы, компьютерные технологии проектирования

## CALCULATION BORDS OF USING THE CHEBISHEV NETS FOR TENT'S SHELL DESIGN

Ishanova V.I., Udler E.M.

Kazan State University of Architecture And Building Ingeneering, Kazan, e-mail: [udler41@mail.ru](mailto:udler41@mail.ru)

Determined the borderlines of the contours of slabs at designing forms of tent shells, on the basis of analogy circuit of transformation of angles in Chebyshev's mesh which superimposed on a curved surface and geometry reconstruction of the internal structure of film-fabric materials when forming three-dimensional architecture of tent coverings building structures. There are calculated formulas and an algorithm for the identification of areas of acceptable changes of mesh angles in a material of the shell, necessary for the automated design of tent structures.

**Keywords:** tent shell, Chebyshev's meshes, mesh angles, computer technology in design

Под сетями Чебышева подразумеваются сети с равносторонними ячейками. Их удобно использовать при проектировании геометрии раскроя тентовых оболочек, в связи с аналогией поведения тентовых материалов в процессе формообразования криволинейных поверхностей. Теоретические аспекты и вопросы практического расчета наложения сетей Чебышева на сложные поверхности рассмотрены авторами в ряде работ [1–2, 4]. В настоящей статье описывается способ практического расчета изменения

углов между нитями сети при наложении ее на криволинейную поверхность. Учитывая, что реальные тентовые материалы имеют ограничения в трансформации сетевых углов, необходимы расчет и определение на поверхности оболочки зон возможного применения материалов – допустимых границ раскроя.

Рассмотрим участок сети Чебышева на криволинейной поверхности (рис. 1). Линии сети являются системой криволинейных координат  $u, v$  на поверхности.



Рис. 1. Участок сети Чебышева

Известно [3], что длина линейного элемента в такой координатной сети определяется соотношением (1), предложенным Чебышёвым:

$$ds^2 = du^2 + 2 \cdot du \cdot dv \cdot \cos \omega + dv^2 \quad (1)$$

Здесь:  $\omega$  – сетевой угол,

$ds$  – длина линейного элемента на поверхности между узлами  $i+1, j$  и  $i, j+1$ .

Сетевой угол – это угол между координатными линиями сети на поверхности.

В работе [4] показано, что при малых значениях размеров сторон сети по сравнению с радиусами кривизны поверхности, для практических задач расчета и проектирования оболочек строительного назначения, допустима замена криволинейных дуг прямолинейными хордами, стягивающими эти дуги. Схематически такая замена показана на рис. 2.

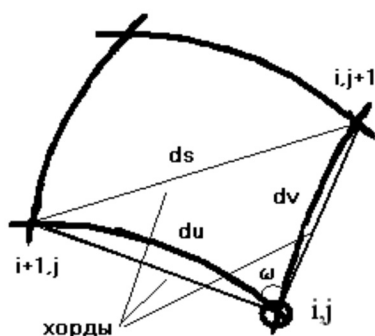


Рис. 2. Схема замены дуг сети хордами

Такая замена позволяет значительно упростить алгоритм вычисления значений искомых сетевых углов при известных декартовых координатах узлов сети. Алгоритм расчета в этом случае имеет вид:

1. обозначив в декартовой системе, значения координат смежных узлов ячейки сети через:

$x_{i,j}, y_{i,j}, z_{i,j}; x_{i+1,j}, y_{i+1,j}, z_{i+1,j}; x_{i,j+1}, y_{i,j+1}, z_{i,j+1}$ ,  
вычислить приращения координат узлов:

$$dx_1 = x_{i+1,j} - x_{i,j}; \quad dx_2 = x_{i,j+1} - x_{i,j};$$

$$dx_3 = x_{i,j+1} - x_{i+1,j};$$

$$dy_1 = y_{i+1,j} - y_{i,j}; \quad dy_2 = y_{i,j+1} - y_{i,j};$$

$$dy_3 = y_{i,j+1} - y_{i+1,j};$$

$$dz_1 = z_{i+1,j} - z_{i,j}; \quad dz_2 = z_{i,j+1} - z_{i,j};$$

$$dz_3 = z_{i,j+1} - z_{i+1,j};$$

2. вычислить квадраты длин дуг, как квадраты длин хорд:

$$du^2 = dx_1^2 + dy_1^2 + dz_1^2;$$

$$dv^2 = dx_2^2 + dy_2^2 + dz_2^2;$$

$$ds^2 = dx_3^2 + dy_3^2 + dz_3^2;$$

3. вычислить искомый сетевой угол по формуле (2), выведенной из уравнения (1):

$$\varpi = \arccos\left(\frac{ds^2 - du^2 - dv^2}{2 \cdot du \cdot dv}\right) \quad (2)$$

Этот алгоритм был реализован в разработанной авторами программе исследования возможностей наложения сетей Чебышева на некоторые поверхности отрицательной кривизны (рис. 3). Программа содержит модуль «сетевые углы» для вычислений по приведенному алгоритму и блок «границы», который позволяет графически отображать результаты расчета в виде точечного выделения областей сети, в которых изменение сетевого угла не превышает задаваемого предела.

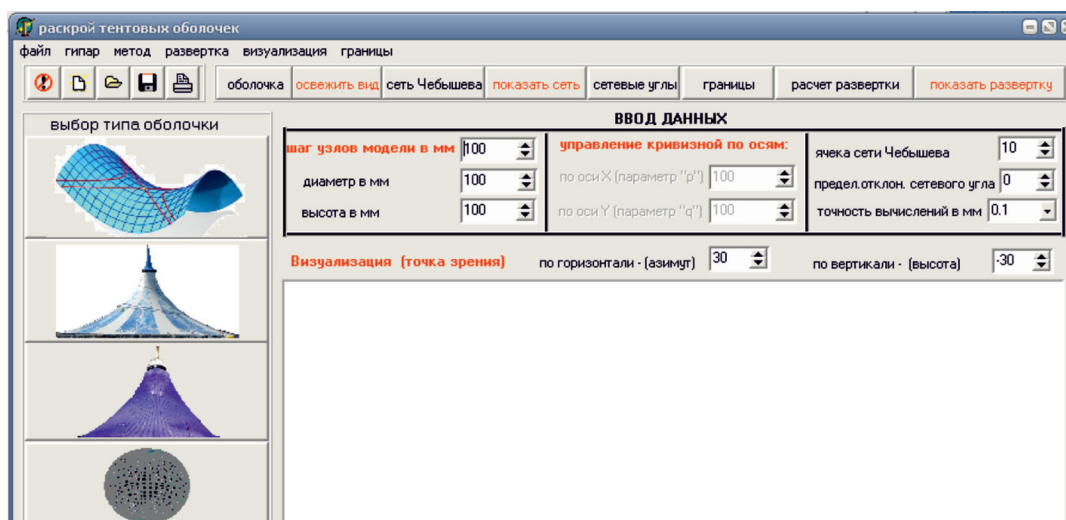


Рис. 3. Общий вид главного окна программы, разработанной авторами для исследования и проектирования тентовых оболочек

На рис. 4 и 5 приводится графическое представление результатов решения такой за-

дачи на примере компьютерного проектирования тентовых оболочек разной геометрии.

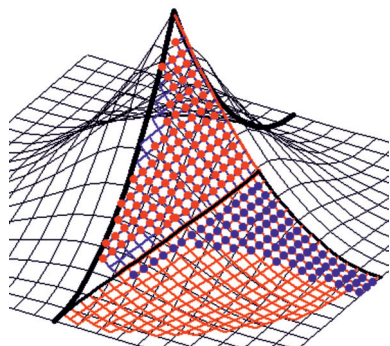


Рис. 4. Узлы сети Чебышева с допустимыми значениями сетевых углов на параболическом шатре (показаны узлы на  $\frac{1}{4}$  поверхности)

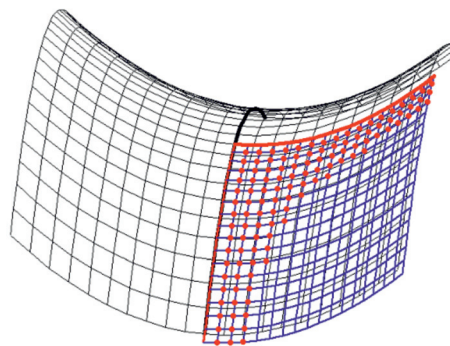


Рис. 5. Узлы сети Чебышева с допустимыми значениями сетевых углов на гиперболическом параболоиде (показаны узлы на  $\frac{1}{4}$  поверхности)

Таким образом, получены формулы, а также разработаны алгоритм и компьютерная программа, показывающие возможность автоматизированного расчета допустимых границ наложения плоских пленочно-тканевых заготовок на криволинейные поверхности тентовых покрытий строительных сооружений по предлагаемой выше методике.

#### Список литературы

1. Ишанова В.И., Пекерман Э.Е., Удлер Е.М. Построение сети Чебышева на поверхности гиперболического па-

раболоида // Журнал «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета». – 2013. – № 4. – С. 101.

2. Ишанова В.И., Удлер Е.М. Развертка поверхности кругового шатра с вогнутой параболической образующей // Журнал «Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета». – 2014 – № 2. – С. 65.

3. Степанов С.Е. О кройке одежды по Чебышёву. // «Совровский образовательный журнал». – 1998 – № 7. – С. 122.

4. Удлер Е.М. Сеть Чебышева на поверхности сферы // «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований». – 2014. – № 6. – С. 44.