

УДК 692

Ишанова В.И. – аспирант
E-mail: xirmirpir.ivi@mail.ru

Удлер Е.М. – кандидат технических наук, профессор
E-mail: udler@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет
Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Апробация метода раскроя при реконструкции тентового навеса сложной формы в г. Нижнекамске

Аннотация

В статье описываются результаты опытной проверки, разработанной авторами методики проектирования тентовых покрытий сложных форм. В основе методики лежит принцип разбиения тентовой оболочки секущими плоскостями на пологие участки седловидной формы. Плоские раскройные элементы для каждого участка определялись трансформацией, наложенной на соответствующую часть оболочки сети Чебышева. После соединения выкроенных участков в единую оболочку и натяжения на несущий каркас проводился контрольный обмер формы тентового покрытия. В работе приводится сравнение реальных геометрических характеристик формы тента с расчетными данными. Показана принципиальная возможность применения предлагаемой авторами методики для проектирования тентовых оболочек сложных форм и необходимость дальнейших исследований для повышения точности расчета геометрии раскроя.

Ключевые слова: тентовые покрытия, мягкие оболочки, раскрой оболочек сложных форм, пленочно-тканевые ограждения сооружений.

Описываемое сооружение представляет собой тентовый навес на металлическом каркасе, расположенный на остановке общественного транспорта в г. Нижнекамске. После десяти лет эксплуатации конструкции каркаса сохранились в хорошем состоянии, но тент пришел в негодность, потребовалась его реконструкция. В связи с утерей проектных материалов по форме и раскрою тента потребовалось заново произвести расчет раскроя покрытия.

По просьбе казанского филиала ООО «Камтент» авторами был выполнен проект нового тентового покрытия. В качестве несущего остова был использован существующий металлический каркас.



Рис. 1. Общий вид навеса

Навес, общий вид которого приведен на рис. 1, представляет собой оболочку отрицательной гауссовой кривизны, имеющую четыре вершины и прямолинейный контур в плане. На рис. 2 приведены проектные чертежи плана и фасада сооружения, дающие представление о конструктивной схеме и размерах тентового покрытия.

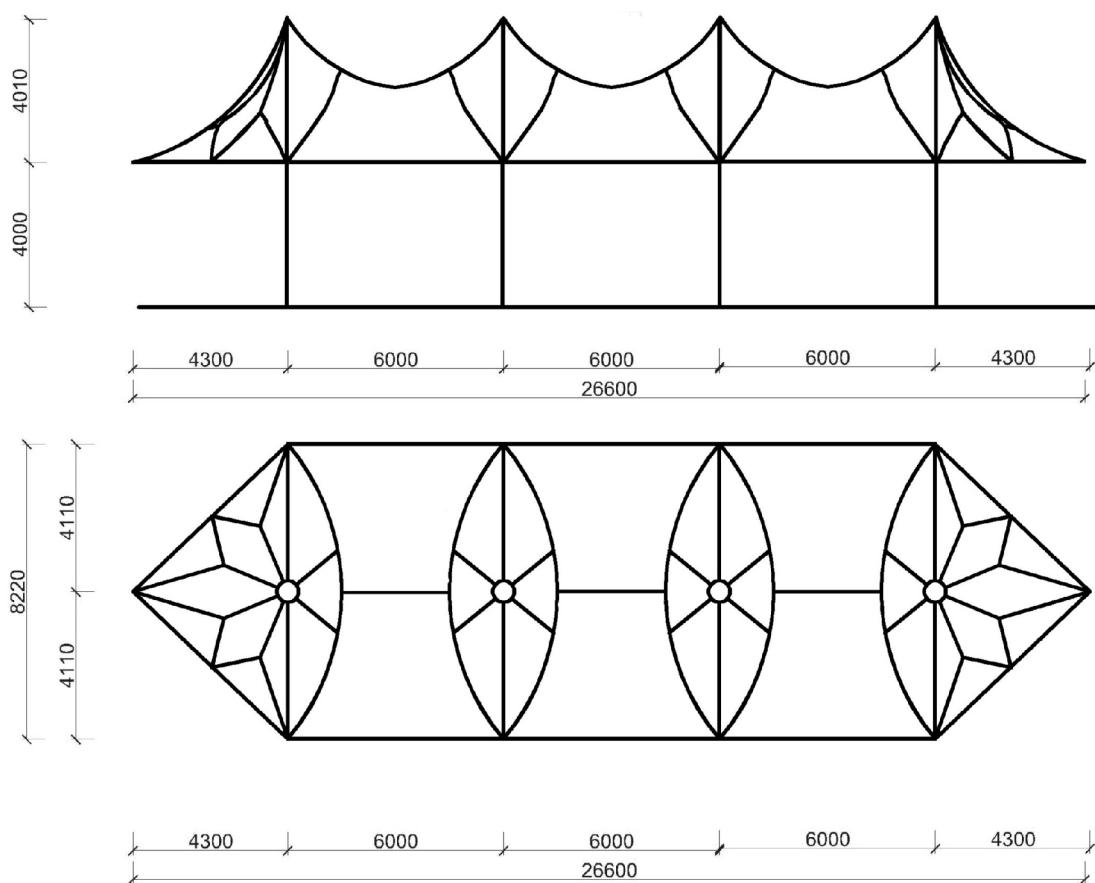


Рис. 2. Проектный вид плана и фасада навеса

Оболочка подвешена на четырех металлических опорах, расположенных по центральной продольной оси сооружения. Она закрепляется снизу на прямолинейном опорном контуре с габаритными размерами 26,6 м и 8,22 м. Проектная высота тентовой части покрытия 4,01 м.

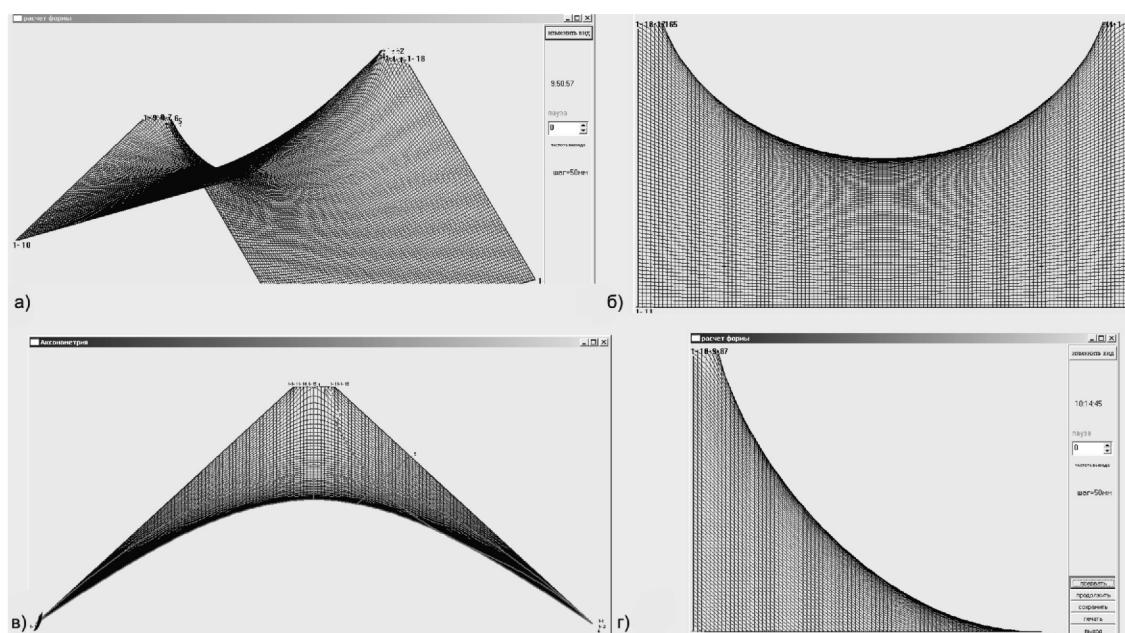


Рис. 3. Результаты расчета формы покрытия программой TentCAD

Форма покрытия была вычислена авторами по методике, изложенной в статье [1], с помощью программы «TentCAD», разработанной авторами. На рис. За представлен общий вид модели оболочки, полученный в результате вычисления ее формы при помощи вышеуказанной компьютерной программы. Были получены характерные сечения оболочки: сечение 1-1, сечение 2-2, сечение 3-3, представленные на рис. 3 (б, в и г соответственно). Вычислены координаты точек построения ее поверхности. Результаты вычисления координат точечного каркаса формы позволили вычислить параметры раскроя оболочки.

Специфичная особенность геометрии оболочек покрытий такого типа в том, что они являются неразворачиваемыми целиком на плоскость, в отличие, например, от цилиндрических и конических поверхностей. В связи с этим возникает сложность в их изготовлении и проектировании раскроя. Требуется такая разбивка оболочки на части, которая позволяет получать ограниченное число плоских раскройных (клиньев) для изготовления покрытия. Расчет геометрии клиньев – одна из сложных задач, которые пришлось решать авторам данной статьи в процессе проектирования.

После получения результатов расчета формы оболочки была принята схема разрезки покрытия на клинья, представляющие собой пологие гипары, как показано на рис. 5.

Был произведен расчет плоской формы клиньев. В основе расчета раскроя лежит принцип формообразования тканевых оболочек двойкой кривизны из плоских трансформируемых заготовок с использованием принципа наложения сетей Чебышева на соответствующие участки поверхности. Методика такого расчета описана в работе [2]. В предложенном варианте раскроя описываемого покрытия оболочка составляется из десяти типов клиньев. Общее количество клиньев, составляющих оболочку, – 42. Геометрия контуров клиньев была рассчитана авторами на ЭВМ с помощью указанной выше программы, разработанной авторами.

Для проверки методики расчета геометрии тента было проведено сравнение расчетных данных (координат точек характерных сечений) с данными фотометрии и натурными замерами возведенного объекта. Результаты замеров в графической форме нанесены на схемы тента (рис. 5, пунктирными линиями здесь показана проектная форма оболочки, сплошными – фактическая).

Натурные замеры производились на месте при помощи рулетки, лазерной линейки, рейки и отвеса, использовавшихся для определения границы проецирования опорного контура на поверхность земли. Авторами первоначально были произведены замеры габаритных размеров сооружения, на поверхности земли были сделаны метки проекции опорного контура тентового навеса. Затем – в поперечном и продольном сечениях определен уклон поверхности земли внутри этого контура. Это позволило в дальнейшем вычислить реальные отметки характерных точек тентовой оболочки. Перепад высот земельной площадки в продольном направлении оказался незначительным, в поперечном направлении – составил 422 мм. Условным уровнем нуля площадки авторами принята продольная линия А – А. Дальнейшие построения реальной формы навеса производились с учетом указанного уклона площадки. При помощи лазерной линейки были сняты замеры всех характерных точек навеса, указанных на рис. 5. По результатам проведенных замеров авторами был выполнен чертеж поперечного сечения навеса с указанием уклона земельной площадки под ним (рис. 4), а также сравнительные чертежи реальной и проектной форм навеса (рис. 5).

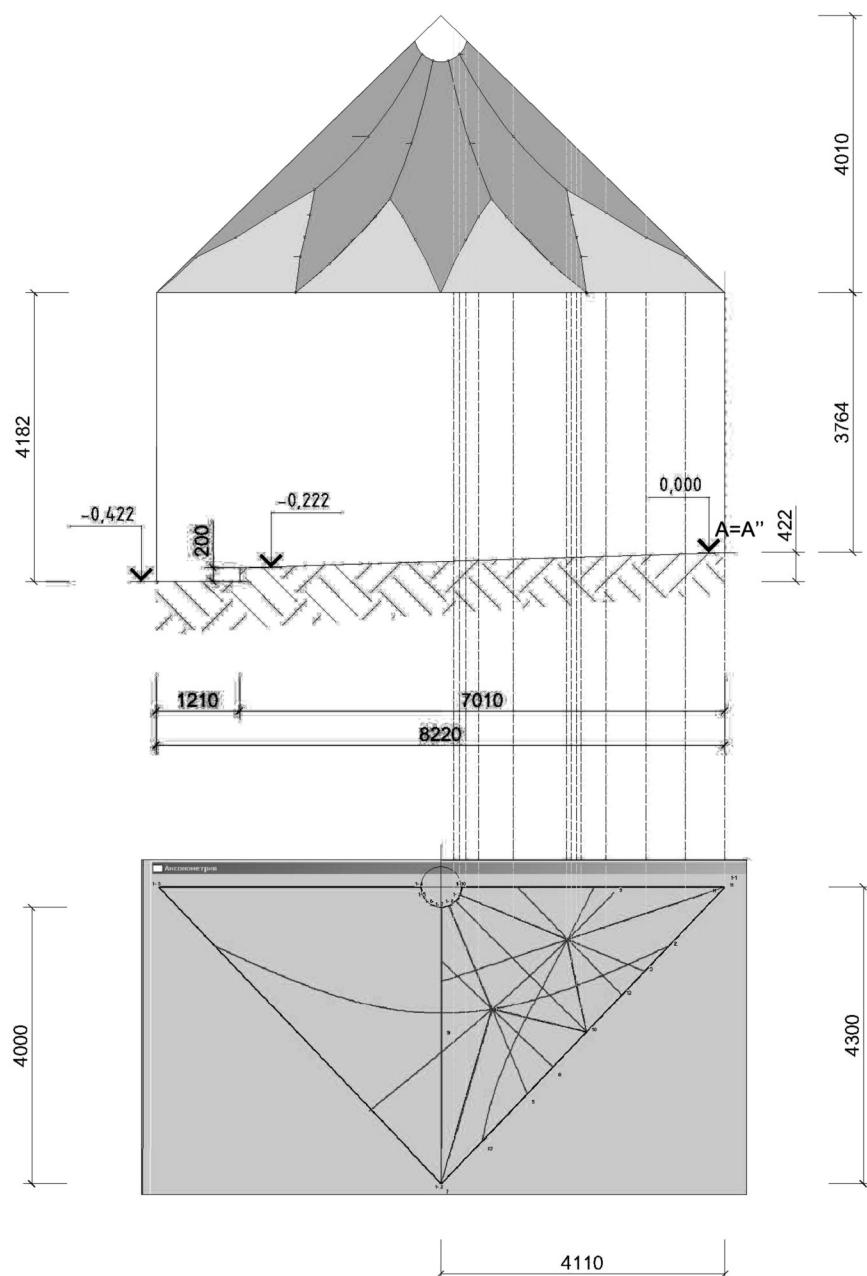


Рис. 4. Поперечное сечение навеса, схема методики замеров

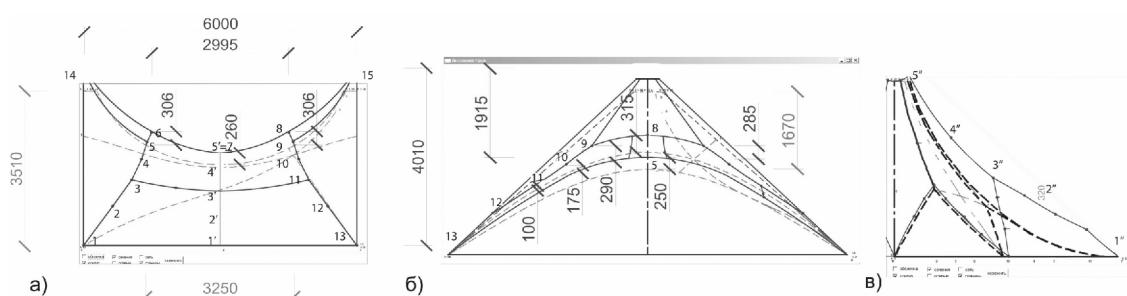


Рис. 5. Схема разрезки оболочки на пологие раскройные участки – клинья и характерных отклонений геометрии оболочки от расчетной

В результате сравнения чертежей, выполненных по результатам натурных замеров и данных, полученных путем расчета формы оболочки в программе «TentCAD», были выявлены отклонения реальной формы оболочки от проектной. Сравнение производилось

для характерных сечений поверхности 1-1, 2-2 и 3-3 (рис. 4а, б и в соответственно). По полученным данным авторами были установлены максимальные значения отклонений фактической формы оболочки от проектной. Для сечения 1-1 максимальное отклонение размеров по высоте составило 315 мм, для разреза 2-2 максимальное отклонение размеров по высоте составило 306 мм, для сечения 3-3 – 315 мм (табл.).

Таблица

**Разница координат характерных точек относительно вертикальной оси (z)
реальной и проектной форм навеса**

№	dz(мм)		№	dz(мм)		№	dz(мм)
1	0		9	173		2'	100
2	98		10	170		3'	150
3	147		11	150		4'	175
4	168		12	112		5'	285
5	176		13	0		1''	0
6	306		14	0		2''	315
7	285		15	0		3''	275
8	304		1'	0		4''	112
						5''	0

Вероятнее всего, тент оказался выше из-за недостаточного натяжения по контуру (недонапряжения), как следствие конструктивного несовершенства металлической части сооружения. Также стоит отметить, что в процессе возведения навеса были внесены изменения в конструктивную схему каркаса, а именно – были сконструированы дополнительные конические накладки на вершинах металлических опор. Это значительным образом изменило диаметр верхних опорных колец навеса, что повлекло за собой неизбежное изменение формы всей оболочки. В связи с этим контур реальной оболочки расположен выше, чем контур оболочки, рассчитанный в процессе проектирования (рис. 5). Так же изменение конструктивного решения опор повлияло на внешний вид тентового покрытия. Ввиду изменения геометрических параметров возникли многочисленные провисы и перетянутые участки оболочки (наибольшая концентрация таких дефектов наблюдается в непосредственной близости от вершин оболочки).

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- методика расчета формы покрытия позволяет производить автоматизированное вычисление начальной геометрии оболочки;
- методика раскроя оболочек сложных форм, разработанная авторами, позволяет изготавливать тентовые покрытия в форме поверхностей двойкой кривизны из плоских заготовок;
- наличие отклонений натурной формы покрытия от проектной указывает на необходимость проведения дальнейших теоретических исследований и уточнения методики раскроя таких оболочек.

Список литературы

1. Пекерман Э.Е., Удлер Е.М. Численный метод определения формы тканевых строительных оболочек // Известия КазГАСУ, 2007, № 2 (8). – С. 56-57.
2. Удлер Е.М., Пекерман Э.Е. Алгоритм наложения сетей с равносторонними ячейками на численно заданные криволинейные поверхности // Успехи современного естествознания, 2008, № 9. – М.: Академия естествознания. – С. 112.

Ishanova V.I. – post-graduate student

E-mail: xirmirpir.iv@mail.ru

Udler E.M. – candidate of technical sciences, professor

E-mail: udler@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Approbation of method of cutting in the reconstruction of complex shaped tent shed in the Nizhnekamsk city

Resume

In the paper describes the results of experimental test of methodology of designing complex shaped tent shells, developed by authors. Describes the methodology and basic principles of formation of complex shaped tent shells. Describes the method of definition flat-cutting elements for individual sites of complex shaped tent shell. The methodology based on the principle of fragmentation the tent shell by cutting planes on sloping saddle-shaped sites. Flat-cutting elements for each site determined by transformation, imposed on the relevant part of Chebyshev shells. Using the software «TentCAD», developed by authors, and allows to use simple numerical methods for description of complex shaped tent shells, was calculated the cutting of tent shell. Describes graphics obtained from the calculations in the program. In a work describes a comparison of actual geometric shapes with calculated data. By authors presented data about geometric deviations of the real form with respect to the project form. Reasons of difference are described. The principal possibility of using the methodology proposed by authors for designing complex shaped tent shells is accounted. There is a need for further research to improve the accuracy of the calculation of geometry cutting.

Keywords: tent shells, tent structures, a cutting of complex shaped tent shells, film-fabric fences of constructions.

References

1. Pekerman E.E., Udler E.M. Numerical method of determination of surface shape // News KazSUAЕ, 2007, № 2 (8). – P. 56-57.
2. Pekerman E.E., Udler E.M. Algorithm of overlay of nettings with equilateral cells on numerically defined curved surfaces // Advances of modern science, 2008, № 9. – M.: Academy of natural science. – P. 112.