

Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIHII (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)
International Scientific Journal
Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2019 Issue: 03 Volume: 71

Published: 30.03.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



M. V. Datuashvili
Ph.D., Associate Professor of
the Department "Design and Technology",
Akaki Tsereteli State University,
Georgia, Kutaisi



M. G. Grdzeldze
Ph.D., Professor of
the Department "Design and Technology",
Dean of Engineering-Technological
Faculty, Akaki Tsereteli State University,
Georgia, Kutaisi

ANALYTICAL METHOD OF DESIGNING A DOME-SHAPED WOVEN SHELL WITH REGARD TO THE MOLDING PROPERTIES OF THE MATERIAL

Abstract: The article is devoted to the design of textile spatial shells. The purpose of this work is to develop a method for designing parts of a woven shell of a spatial form, taking into account the molding properties of the material. As a result of theoretical studies, an analytical method has been developed for obtaining a sweep of a tissue membrane around a dome-shaped surface.

Key words: The cloth; textile shell; Shell design.

Language: Russian

Citation: Datuashvili, M. V., Grdzeldze, M. G. (2019). Analytical method of designing a dome-shaped woven shell with regard to the molding properties of the material. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 03 (71), 529-533.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-03-71-51> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.03.71.51>

АНАЛИТИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАННОЙ ОБОЛОЧКИ КУПОЛООБРАЗНОЙ ФОРМЫ С УЧЕТОМ ФОРМОВОЧНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА

Аннотация: Статья посвящается вопросам проектирования текстильных пространственных оболочек. Целью настоящей работы является разработка способа проектирования деталей тканной оболочки пространственной формы с учетом формовочных свойств материала. В результате теоретических исследований разработан аналитический способ получения развертки тканевой оболочки, обтекающей поверхности куполообразной формы.

Ключевые слова: Ткань; Текстильная оболочка; Проектирование оболочек.

Introduction

Одним из методов проектирования и изготовления тканевых объемных оболочек является метод учитывающий важнейшее технологическое свойство сетчатой структуры ткани - способность принять объемную форму за счет изменения углов между нитями основы и утка.

Качество тканевых изделий во многом определяется обоснованности разработанной

конструкции. Одним из направлений интенсификации и повышения качества проектирования таких изделий является автоматизация конструктивных процессов деталей изделия. При этом математический аппарат, заложенный в программы расчета разверток оболочек, должен обеспечивать высокую точность определения контуров разверток и достаточно точное определение

Impact Factor:

ISRA (India)	= 3.117	SIS (USA)	= 0.912	ICV (Poland)	= 6.630
ISI (Dubai, UAE)	= 0.829	ПИИЦ (Russia)	= 0.156	PIF (India)	= 1.940
GIF (Australia)	= 0.564	ESJI (KZ)	= 8.716	IBI (India)	= 4.260
JIF	= 1.500	SJIF (Morocco)	= 5.667	OAJI (USA)	= 0.350

деформаций ткани, возникающих при одевании ею объёмных поверхностей.

Materials and Methods

Целью настоящей работы является разработка аналитического способа проектирования деталей тканной оболочки обтекающей оправу куполообразной формы с учетом формовочных свойств материала. В связи

с тем, что куполообразная оправа имеет специфическую геометрическую форму (комбинация участков сферы и конуса) необходимо получить ее развертку.

Для получения развертки выше указанной поверхности достаточно рассмотреть развертку $\frac{1}{4}$ части при расположении нулевой нити утка U_0 и нулевой нити основы S_0 перпендикулярно друг другу (рис. 1).

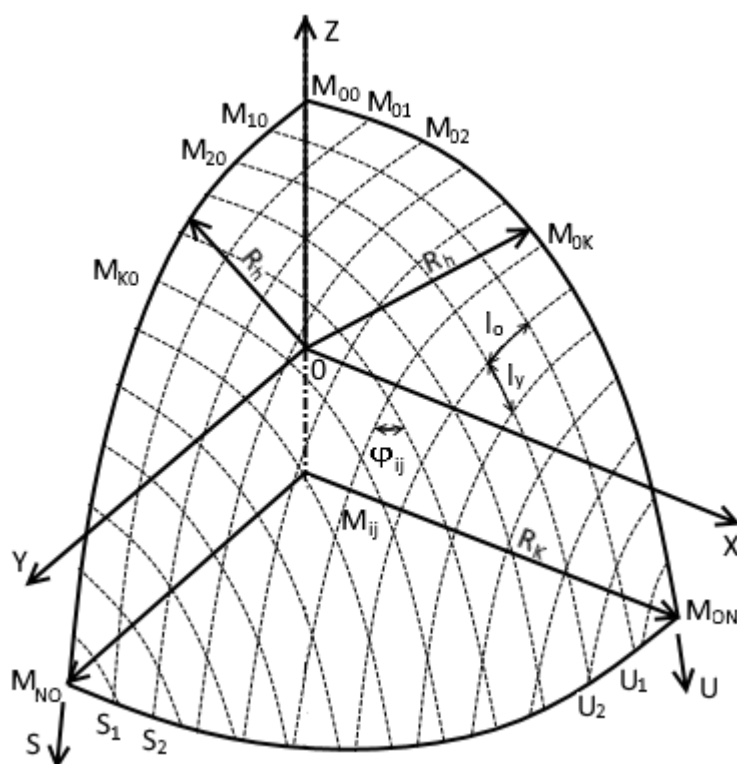


Рис. 1. Схема тканной оболочки обтекающей поверхности куполообразной оправы.

На поверхности сеть ткани образует систему криволинейных координат $SM_{00}U$. Сеть ткани образует ячейки с размерами сторон I_x вдоль нитей основы и I_y вдоль нитей утка. Расчет параметров развертки можно значительно ускорить, если увеличить размеры ячеек ткани, но увеличение размеров сторон приводит к недопустимым ошибкам расчета параметров [1.2.3.4.5].

Длины нити основы и утка в ячейке определяли линейным интерполированием [6.7.8.9.10]. При соотношении $S/R \leq 0,4$ погрешность не превышает 0,02 мм, что обеспечивает требуемую точность разверток.

Исходя из этого для определения развертки оболочки достаточной точности можно получить при разбиении сетки ткани на ячейки с размерами сторон $l \leq 40$ мм.

Так как нулевые нити основы S_0 и утка U_0 лежат на перпендикулярно направленных меридианах сферы, координаты узловых точек этих нитей M_{i0} и M_{0j} (рис. 2) можно определить из зависимостей

$$\begin{aligned} X_{i0} &= R_{\text{ш}} \sin \alpha ; X_{0j} = 0 ; Y_{i0} = 0 ; Y_{0j} = R_{\text{ш}} \sin \alpha ; \\ Z_{i0} &= R_{\text{ш}} \cos \alpha ; Z_{0j} = R_{\text{ш}} \cos \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

где $i=j=0;1;2;\dots;k$

Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	PIIHII (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

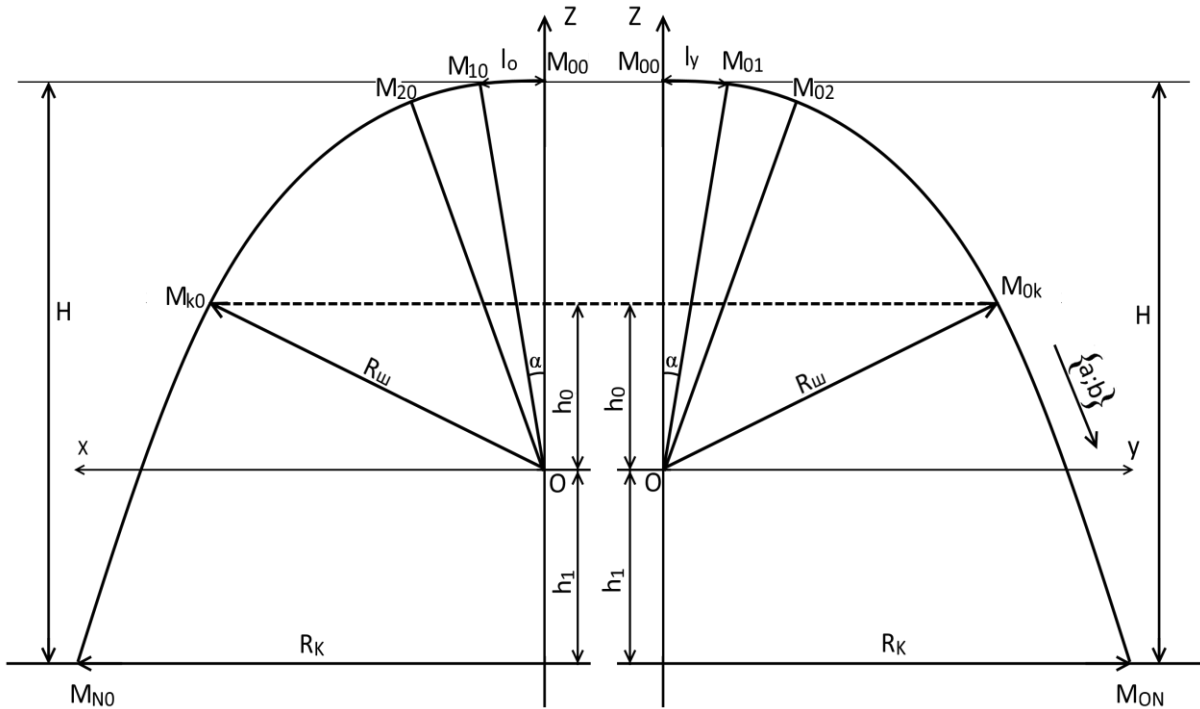


Рис. 2. Нулевые нити основы и утка на поверхности оправы.

$X_{i0}; Y_{i0}; Z_{i0}$ – координаты точек M_{i0} , лежащий на пересечение нулевой нити основы S_0 и j -той нити утка U_j , мм; $X_{0j}; Y_{0j}; Z_{0j}$ – координаты точек M_{0j} , лежащий на пересечение нулевой нити утка U_0 и i -той нити основы S_i , мм; l_0 и l_y – размеры ячеек ткани соответственно вдоль нити основы и утка, мм; R_w – радиус сферы, мм; R_k – радиус нижней части конуса, мм; h_0, h_1, H – соответственно высота конусной части и всего изделия; α – радианная мера дуги, рад (рис. 2).

Для определения координат узловых точек на нулевых нитях основы и утка на конусной части поверхности рассмотрим единичный вектор, образующий конус. Координаты этого вектора будут иметь вид:

$$a = \frac{h_0}{R_w} \quad b = \frac{\sqrt{R_w^2 - h_0^2}}{R_w}$$

Тогда координаты узловых точек на поверхности будет определяться из зависимостей:

$$X_{i0} = \sqrt{R_w^2 - h_0^2} + al(i - k); \quad Y_{i0} = 0; \\ Z_{i0} = h_0 + bl(i - k)$$

$$X_{0j} = 0; \quad Y_{0j} = \sqrt{R_w^2 - h_0^2} + al(j - k); \quad Z_{0j} = h_0 + bl(j - k)$$

Где $i=j=k; k+1; \dots, N$ (2)

N – количество точек, попадающих на конусную часть поверхности.

Определение количества точек, попадающих на сферическую и конусную часть поверхности, выполняются по формулам:

$$R_w \cos k\alpha = h_0 \Rightarrow k = \frac{(\arccos \frac{h_0}{R_w})}{\alpha}$$

$$N = \frac{|M_N M_K|}{1} \quad (3)$$

Далее необходимо определить координату точки h_0 по оси Z , которая определяет уровень перехода сферы в конус.

Согласно $h_1 = H - R_w$ координаты точки M_N и M_K можно изобразить следующим образом:

$$M_N(-R_k; h_1); \quad M_K(-\sqrt{R_w^2 - h_0^2}; h_0)$$

Исходя из того, что $\overrightarrow{M_N M_K} \perp \overrightarrow{OM_K}$ пишем:

$$\frac{-\sqrt{R_w^2 - h_0^2}}{h_0 - h_1} = \frac{h_0}{\sqrt{R_w^2 - h_0^2}}$$

Отсюда следует $-R_w^2 + h_0^2 + R_k \sqrt{R_w^2 - h_0^2} = h_0^2 - h_1 h_0$

Сокращаем, преобразуем и получим:
 $R_k^2 R_w^2 - R_k^2 h_0^2 = R_k^4 - 2R_w^2 h_1 h_0 + h_1 h_0$
 $h_0^2 (h_1^2 + R_k^2) - 2R_w^2 h_1 h_0 + R_w^2 (R_w^2 - R_k^2) = 0$

Решая квадратное уравнение, найдем:

$$h_0 = \frac{R_w^2 h_1 + \sqrt{R_w^4 h_1^2 + (h_1^2 + R_k^2)(R_k^2 - R_w^2)R_w^2}}{h_1^2 + R_k^2} = \frac{R_w^2 h_1 + R_w \sqrt{R_k^2 h_1^2 + R_k^4 - R_w^2 R_k^2}}{h_1^2 + R_k^2} \quad (4)$$

На следующем этапе требуется рассчитать координаты M_{ij} точки. Для расчета этих координат

Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИИ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

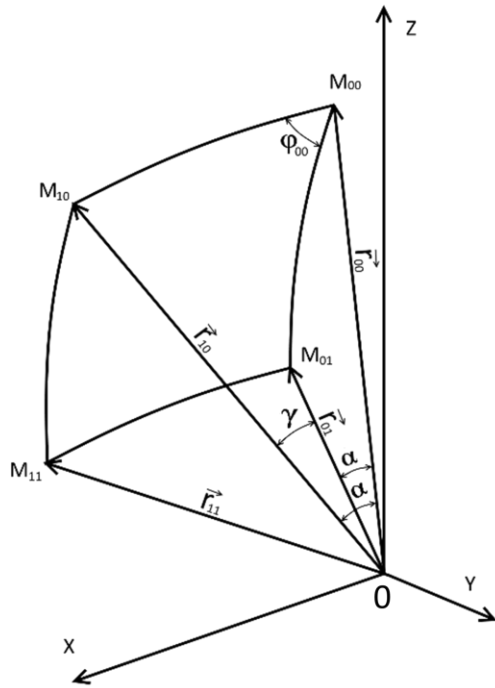
рассмотрим ячейку, образованную пересечением нитей основы и утка на сферической поверхности (рис. 3а).

С помощью свойств векторов [6;7], зная координаты узловых точек M_{00} ; M_{01} ; M_{10} :

$$\vec{r}_{00} = \{X_{00}; Y_{00}; Z_{00}\} \quad \vec{r}_{11} = \{X_{10}; Y_{10}; Z_{10}\}$$

$$\vec{r}_{01} = \{X_{01}; Y_{01}; Z_{01}\}$$

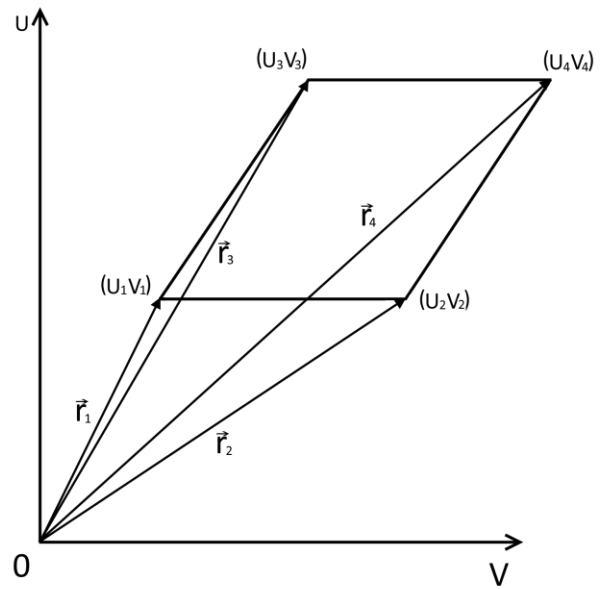
Находим координаты точки M_{11} :



а

$$\vec{r}_{11} = 2 \frac{\vec{r}_{01} + \vec{r}_{10}}{(\vec{r}_{01} + \vec{r}_{10})^2} \left(\vec{r}_{00} (\vec{r}_{01} + \vec{r}_{10}) \right) - \vec{r}_{00} = \frac{2 \cos \alpha}{1 - \cos \alpha} (\vec{r}_{01} + \vec{r}_{10}) - \vec{r}_{00} \quad (5)$$

Рассмотрим случае, когда точки переходят на конусную часть поверхности, т.к. конус изометричен плоскости, запишем уравнение, списывающее поверхность конуса в цилиндрической системе координат (рис. 3б).



б

Рис. 3. Ячейка ткани на поверхности: а- сферы; б- конуса изображенная в цилиндрической системе координат.

$$X_i = r_i \cos \beta_i; Y_i = r_i \sin \beta_i; Z_i = c - \gamma r_i \quad (6)$$

Где: β_i разворот проекций i -го вектора от оси OX ; $C = \frac{1}{z_0}$; $\gamma = \frac{c - z_0}{\sqrt{R_{ш}^2 - z_0^2}}$

Соответствующее уравнение развертки конуса на плоскости с координатами U ; V будет иметь вид:

$$U_1 = \gamma_1 r_i \cos \beta_i / \gamma_1$$

$$V_1 = \gamma_1 r_i \sin \beta_i / \gamma_1 \quad \text{где: } \gamma_1 = \sqrt{1 + \gamma^2} \quad (7)$$

Переведем в плоскости по вышеизложенным формулам (6); (7) произвольные точки 1, 2, 3 которые находятся на конусе (рис. 3 б)

$$r_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2} \quad \beta_i = \arctg \frac{Y_i}{X_i}$$

Координаты соответствующих точек на плоскости будут иметь вид:

$$U_i = \gamma_i r_i \cos \beta_i / \gamma_i$$

$$V_i = \gamma_i r_i \sin \beta_i / \gamma_i$$

Из рисунка 1 - следует $\vec{r}_4 = \vec{r}_2 + \vec{r}_3 - \vec{r}_1$

$$r_4 = \frac{\sqrt{U_4^2 + V_4^2}}{\gamma_1} \quad \beta_4 = \frac{\arctg \frac{V_4}{U_4}}{\gamma_1}$$

В соответствии с формулами (6) находим координаты требуемой точки:

$$X_4 = r_4 \cos \beta_4; Y_4 = r_4 \sin \beta_4; Z_4 = c - \gamma r_4$$

Таким образом, координаты узловых точек ткани можно определить с помощью изложенных формул, последовательно изменяя номера точек ($i=j=1 \div N$) до края изделия, так как координаты исходных точек всегда будут известными.

Conclusion

Таким образом, в результате теоретических исследований разработан аналитический способ получения развертки тканевой оболочки

Impact Factor:

ISRA (India) = 3.117	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.156	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

обтекающий поверхности куполообразной формы.

В случае не соответствия формовочных способности тканей и необходимого перекоса между нитями основы и утка материалов

требуется аналитический определить геометрические размеры и место расположения вытачек, позволяющих получить объемную форму с учетом формовочных свойств материала без деформации сторон ячеек.

References:

1. Gusev, E. A. (1985). *Mashinno-orientirovannyi metod polucheniya razvertok proektiruemykh detaley odezhdy*. Avtomatizirovannyye sistemy upravleniya tekhnologicheskimi protsessami v legkoy promyshlennosti. Nauchnye trudy MTILP. (pp. 60-66).
2. Ivanov, S. S. (1981). *Sovershenstvovanie konstruksiy muzhskogo pidzhaka i tekhnologii ego izgotovleniya s ispol'zovaniem inzhenernykh metodov*. Avtoreferat. Diss. k.t.n, (p.27) Moscow: MTILP.
3. Loprandin, I. V, & Petrova, L. S. (1977). *Primenenie EVM dlya rascheta obolochek detaley odezhdy*. *Shveytnaya promyshlennost'*, №3, 4-10.
4. Loprandin, I. V. (1982). *Raschet obolochek i razvertok odezhdy promyshlennogo proizvodstva*. (p.169). Moscow: Legkaya i pishchevaya promyshlennost'.
5. Pozdnyakov, B. P. (1932). *Soprotivlenie tkani rastyazheniyu v razlichnykh napravleniyakh*. Myu: Gizlegprom.
6. Umnov, A. E. (2011). *Analiticheskaya geometriya i lineynaya algebra*. (p.312). Moscow: MFTI.
7. Voevodin, V. V. (1977). *Vychislitel'nye osnovy lineynoy algebra*. (p.303). Moscow: Nauka.
8. Kurosh, A. G. (2008). *Kurs vysshey algebry*. (p.432). SPb.: Lan'.
9. Kharlov, D. A. (1986). *Razrabotka metoda proektirovaniya pressuyushchikh organov oborudovaniya vlazhno-teplovoy obrabotki s uchetom deformatsionnykh svoystv tkaney*. Diss. k.t.n., Moscow: MTILP.
10. Yakunin, V. I. (1980). *Geometricheskie osnovy sistem avtomatizirovannogo proektirovaniya tekhnicheskikh poverkhnostey*. (p.86). Moscow: MAI.