УДК 677.025

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ФОРМ ИЗ ТРИКОТАЖНОГО СЕТЕПОЛОТНА

# DESIGNING SURFACES WITH PARABOLIC SHAPES OF KNITTED SITECATALOG PAINTINGS

*Е.С. БАБКОВА, В.А. ЗАВАРУЕВ, Е.Н. КОЛЕСНИКОВА*

*E.S. BABKOVA, V.A. ZAVARUEV, E.N. KOLESNIKOVA*

**(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))**

**(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))**

E-mail: kafedra ttp@mail.ru

***Для обеспечения высокоточной поверхности покрытия параболических форм предложен расчетный метод, согласно которому достигается формообразование сетематериала, а также расчет точек крепления полотна под натяжением на жесткий каркас заданной поверхности без его членения на детали.***

***To ensure a high-precision surface of the coating of parabolic forms, a calculation method is proposed, according to which the formation of a mesh material is achieved by attaching the web under tension to a rigid frame of a given surface without its division into parts.***

**Ключевые слова: основовязаный трикотаж, параболическая поверхность, трикотажное сетеполотно.**

**Keywords: basic knitted fabric, parabolic surface, knitted mesh fabric.**

Одна из основных задач, решаемых в процессе формообразования из трикотажного сетеполотна, является создание устойчивой пространственной формы изделия из плоскостного материала, каким является трикотажное сетеполотно [2].

Наиболее широко трикотажное сетеполотно, в качестве покрытия поверхностей, используется в строительной и ракетно-космической промышленностях, в том числе и при создании отражающей поверхности рефлектора космического аппарата [3].

Для достижения эффективного формообразования сетеполотна заданной формы необходимо определить местоположение точек крепления сетематериала на каркасе параболической поверхности покрытия и определить линейные размеры сетематериала с учетом его натяжения.

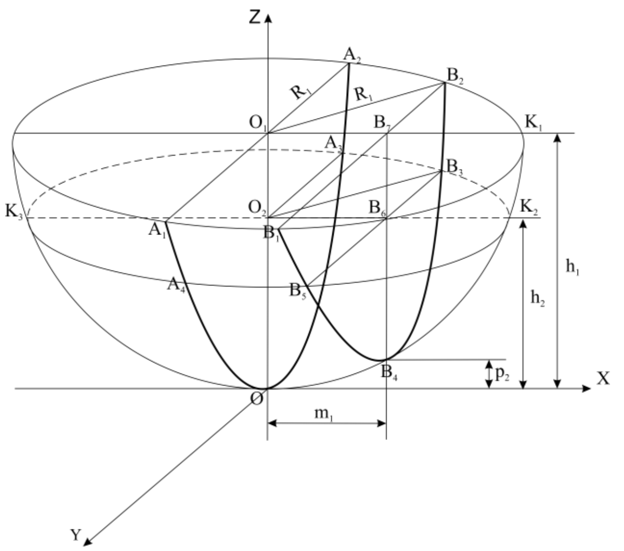


Рис. 1

На рис. 1 изображена параболическая поверхность, где каждая плоскость, параллельная плоскости XOY, рассекает ее по окружностям. Например, на максимальной высоте $OO_1$, равной $h_1$, образуется окружность с центром $O_1$ и максимальным заданным радиусом параболической поверхности $O_1A_2$.

В соответствии с каноническим уравнением параболы [1] уравнение максимальной параболы $A_1OA_2$ можно записать в виде:

$$Z_n = k_1 Y_n^2, \tag{1}$$

где $Y_n$ – максимальный радиус $R_1$ заданной параболической поверхности; $Z_n$ – максимальная высота $h_1$ параболической поверхности.

То есть уравнение (1) параболы, проходящей через точки $A_1OA_2$ можно записать в виде:

$$h_1 = k_1 R_1^2 . \tag{2}$$

При известных геометрических параметрах параболической поверхности из формулы (2) можно определить коэффициент $k_1$ максимальной параболы $A_1OA_2$:

$$k_1 = h_1 / R_1^2.$$

Для определения расхода материала для покрытия параболической поверхности необходимо определить уравнения парабол, находящихся в плоскостях, параллельных плоскости $A_1OA_2$ и расположенных на определенном заданном расстоянии $m_1$ от плоскости $A_1OA_2$. Например, такой плоскостью может быть плоскость, проходящая через точки $B_1B_2B_3B_4$. Парабола $B_1B_4B_2$, находящаяся в плоскости $B_1B_2B_3B_4$, будет иметь максимальную ширину $B_7B_2$, а ее вершина $B_4$ будет приподнята относительно плоскости XOY на величину $p_2$.

Чтобы найти точки крепления материала на всех параболах, находящихся в плоскостях, параллельных плоскости $A_1OA_2$, необходимо найти уравнения парабол и координаты точек крепления, расположенные на этих параболах.

В общем виде уравнение парабол, находящихся в плоскостях, параллельных плоскости $A_2OA_2$, можно записать в виде:

$$Z_n - p_n = k_n Y_n^2, \tag{3}$$

где $p_n = h_Z$ – величина, на которую приподнята вершина любой из этих парабол относительно плоскости XOY.

Каждая точка, находящаяся на параболе $B_1B_4B_2$, имеет свои координаты. Так, точка $B_2$ будет иметь координаты: $Y_{1B}$ – равный максимальной ширине этой параболы и $Z_{1B}$ – равная высоте расположения точки $B_2$ относительно плоскости XOY, расположенной на высоте $Z_{1B} = h_1$.

Анализируя уравнение (3), видим, что известными являются только значения $Z_{1B}$, а $Y_{1B}$ можно определить из $\Delta O_1B_2B_7$:

$$B_2B_7 = Y_{1B} = \sqrt{R_1^2 - m_1^2}.$$

Два других параметра уравнения (3) $p_n$ и $k_n$ являются неизвестными. Поскольку они принадлежат второй параболе $B_1B_4B_2$, назовем их соответственно $p_{2B}$ и $k_{2B}$.

Для нахождения значений $p_{2B}$ и $k_{2B}$ зададимся точкой $B_3$, расположенной на той же параболе $B_1B_2B_4$, но на высоте $h_2$, равной $Z_{2B}$. Причем $h_2 < h_1$, например на 1 метр, тогда $Z_{2B} = h_2 = Z_{1B} - 1 = h_1 - 1$.

Составив два уравнения для точек $B_2$ и $B_3$, лежащих на параболе $B_1B_4B_2$, получим систему двух уравнений, имеющих два неизвестных:

$$\begin{cases} Z_{1B} - p_2 = k_2 Y_{1B}^2, \\ Z_{2B} - p_2 = k_2 Y_{2B}^2. \end{cases} \quad (4)$$

Так как в данном случае для точки $B_2$, $Z_1 = h_1$, а $Z_{2B} = Z_{1B} - 1$, то систему (4) можно записать в следующем виде:

$$\begin{cases} Z_{1B} - p_2 = k_2 Y_{1B}^2, \\ (Z_{1B} - 1) - p_2 = k_2 Y_{2B}^2. \end{cases} \quad (5)$$

$Y_{2F}$ равен радиусу $R_2$ окружности, расположенной в плоскости $A_4B_5K_2B_3A_3$ с центром $O_2$, параллельной плоскости $A_1OB_1K_1A_2$ с центром $O_1$.

Так как плоскость пересекается $A_4B_5K_2B_3A_3$ с известной параболой $Z_n = k_1 Y_n^2$ в точке $A_3$, то, зная коэффициент $k_1$ параболы $A_1OA_2$ и высоту расположения плоскости $A_4B_5K_2B_3A_3$, можно определить $Y_{2A}$ – для точки $A_3$ из уравнения (2):

$$Y_{2A} = \sqrt{Z_{2A}/k_1},$$

или

$$Y_{2A} = \sqrt{\frac{Z_{1A}-1}{k_1}},$$

причем $Y_{2A}=R_2$ радиусу окружности $K_3A_4B_5K_2B_3A_3$ с центром $O_2$ .

Затем из $\Delta O_2B_3B_6$ определим значение $B_6B_3 = Y_{2B}$ для точки $B_3$:

$$Y_{2B} = \sqrt{(O_2B_3)^2 - m_1^2} = \sqrt{R_2^2 - m_1^2}.$$

Подставив известные значения $Z_{1B}$, $Z_{2B}$ и $Y_{1B}$, $Y_{2B}$ в систему уравнений (4), можно найти значения $k_2$ и $p_2$.

Из уравнения $Z_{1B} - p_2 = k_2 Y_{1B}^2$:

$$k_2 = \frac{Z_{1B}-p_2}{Y_{1B}^2}.$$

Подставив значение $k_2$ во второе уравнение системы (4), получим:

$$Z_{2B} - p_2 = \frac{Z_{1B}-p_2}{Y_{1B}^2} Y_{2B}^2 . \quad (6)$$

Решая уравнение (6) относительно $p_2$, запишем:

$$p_2 = \frac{Z_{2B}Y_{1B}^2 - Z_{1B}Y_{2B}^2}{Y_{1B}^2 - Y_{2B}^2},$$

где $Z_{2B} = Z_{1B} - 1$.

Зная величину $p_2$, из уравнения $(Z_{1B} - 1) - p_2 = k_2 Y_{2B}^2$ можно найти $k_2$:

$$k_2 = \frac{(Z_{1B}-1)-p_2}{Y_{2B}^2}.$$

В результате для параболы $B_1B_4B_2$ были получены неизвестные значения величин $p_2=h_2$ и коэффициента $k_2$.

Аналогично можно найти уравнения и для других парабол, расположенных в плоскостях, параллельных плоскости $A_1OA_2$ и удаленных от нее на расстояние $m_n$.

Зная значение $p_n$ и $k_n$ парабол $Z_n - p_n = k_n Y_n^2$, задаваясь значениями координат $Z_n$, например через 1 метр, можно найти соответствующие им значения координат $Y_n$ для любой точки, расположенной на параболах, а затем, используя уравнение (7), через полученные координаты точек определить длины хорд $N_nN_{n-1}$ на параболе:

$$N_nN_{n-1} = \sqrt{(Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2}, \quad (7)$$

где $Y_n$; $Y_{n-1}$; $Z_n$; $Z_{n-1}$ – координаты точек $N_nN_{n-1}$, расположенных на параболах.

Сумма длин участков хорд $\Sigma N_nN_{n-1}$ каждой параболы составляет длину необходимого материала по каждой параболе:

$$\sum_1^n N_nN_{n-1} = \sum_1^n \sqrt{(Y_n - Y_{n-1})^2 + (Z_n - Z_{n-1})^2}.$$

Значения координат точек $N_n$ и $N_{n-1}$ соответствуют местам крепления сетеполотна по хордам. Зная длину материала на каждой хорде параболы, можно рассчитать необходимое число ячей сетеполотна и места креплений материала на остове каркаса заданной поверхности.

Таким образом, разработанная методика расчета позволит по рассчитанным длинам хорд определить лекала для раскроя сетематериала и точки его крепления на заданном каркасе параболической формы.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен метод расчета, позволяющий с высокой степенью точности определить расход материала, количество и местоположение точек крепления для проектирования трикотажного сетематериала, используемого в качестве покрытия поверхностей параболических форм.

2. Разработанная методика позволяет выполнить расчет поверхностей параболической формы любых геометрических параметров.

3. Данный расчет можно достаточно точно выполнить для четверти окружности параболоида, что значительно сокращает время расчетов и дает возможность прогнозировать конструктивные особенности деталей кроя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляева З.В., Митюшов Е.А.* Геометрическое моделирование пространственных конструкций // Вестник Томского гос. архитект.-строит. ун-та. – 2010, №1(26). С. 53...63.

2. *Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Пивкина С.И., Заваруев В.А.* Методы проектирования и оценка основных свойств поверхностей технического назначения с ячейками различных размеров и конфигураций на базе структур трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №2. С.139…142.

3. *Тур В.И.* Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности. – М.: АСВ, 2004.

## REFERENCES

1. Belyaeva Z.V., Mityushov E.A. Geometricheskoe modelirovanie prostranstvennykh konstruktsiy // Vestnik Tomskogo gos. arkhitekt.-stroit. un-ta. – 2010, №1(26). S. 53...63.

2. Kudryavin L.A., Belyaev O.F., Pivkina S.I., Zavaruev V.A. Metody proektirovaniya i otsenka osnovnykh svoystv poverkhnostey tekhnicheskogo naznacheniya s yacheykami razlichnykh razmerov i konfiguratsiy na baze struktur trikotazha // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2016, №2. S.139…142.

3. Tur V.I. Kupol'nye konstruktsii: formoobrazovanie, raschet, konstruirovanie, povyshenie effektivnosti. – M.: ASV, 2004.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 21.01.19.