

УДК 004.925.83

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ ОБТЕКАЕМЫХ НЕСУЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПОИСКЕ ИХ ГЕОМЕТРИИ

Черняев Андрей Александрович,

Орловский государственный университет, г. Орел,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование городской среды».

Чикулаев Алексей Витальевич,

НТЦ АПМ, г. Орел,

кандидат технических наук, инженер.

Аннотация

Статья посвящена рассмотрению нового приема геометрического моделирования и описания формы поверхностей. Метод основан на использовании интегрального параметра, предложенного А. В. Коробко для плоской области называемого коэффициентом формы. Приведены общие формулы этого коэффициента для произвольной поверхности. Предложенный прием, математические выражения и формулы могут быть использованы как в реальном проектировании несущих поверхностей, так и при моделировании в фундаментальных исследованиях.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, поверхность, коэффициент формы.

GEOMETRIC MODELING OF THE SHAPE OF AIRFLOW BEARING SURFACES IN THE SEARCH OF THEIR GEOMETRY

Chernyaev Andrey Alexandrovich,

Orel State University, Orel,

Candidate of Sciences, Associate Professor of the department "Urban environment design".

Chikulaev Alexey Vitalievich,

STC APM, Orel,

Candidate of Sciences, engineer.

Abstract

The article is devoted to the consideration of a new method of geometric modeling and description of the shape of surfaces. The method is based on the use of the integral parameter proposed by A. V. Korobko for a flat area called the shape factor. General formulas for this coefficient for an arbitrary surface are given. The proposed technique, mathematical expressions and formulas can be used both in the real design of load-bearing surfaces and in modeling in fundamental research.

Keywords: geometric modeling, surface, form factor.

Одна из первостепенных задач при проектировании обтекаемых несущих поверхностей является поиск их геометрии, дающей наивыгодные параметры и характеристики при наименьшем сопротивлении среды.

В работе [1] для целей геометрического моделирования криволинейных поверхностей был предложен способ ее описания и определения через коэффициент формы [2], но уже для областей, имеющих форму криволинейной поверхности (рисунок 1).

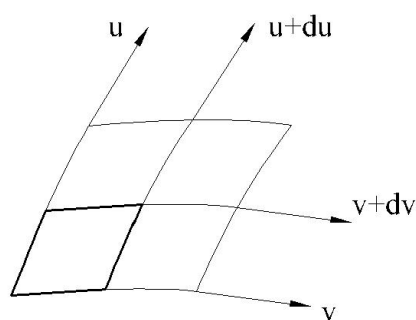


Рисунок 1 – К определению коэффициента формы криволинейных поверхностей

Коэффициент формы [1]:

$$K = \oint_L \frac{ds}{h} = \frac{1}{2} \oint_L \frac{ds^2}{dA} \quad (1)$$

или

$$K = \oint_L \frac{du^2 + Gdv^2}{Gdv} = \sum_{i=1}^n \int_0^{L_i} \sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{G_j v'} + v' \right) du, \quad (2)$$

где $v' = \frac{dv}{du}$ – обозначение для производной.

Коэффициент формы для поверхностей постоянной гауссовой кривизны будет определяться по формуле:

$$K_f = \frac{n}{2A} \sum_{i=1}^n L_i^2 + \frac{2An\Gamma}{2-n + \sum_{i=1}^n \left(\theta_i - \int_{L_i} k_G ds \right)}, \quad (3)$$

где n – число участков ограничивающего контура; A – площадь поверхности; L – периметр ограничивающего контура; Γ – гауссова кривизна; θ_i – входящие углы, образуемые ограничивающим контуром; k_G – геодезическая кривизна.

Для наиболее частных поверхностей, в статье [3] выведены выражения для определения коэффициента формы (рисунок 2).

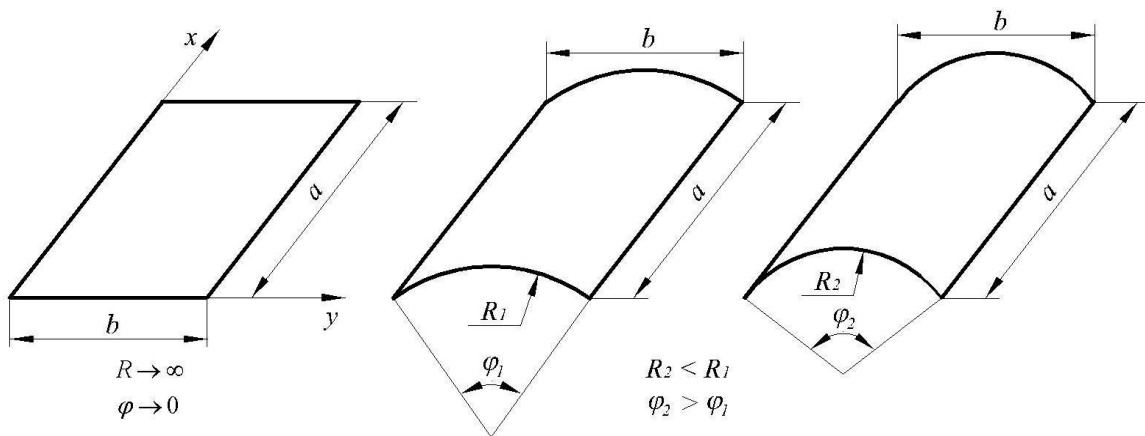


Рисунок 2 – Геометрическое преобразование плоскости в поверхность

В рассматриваемом случае для поверхностей с нулевой гауссовой кривизной из (3) получим:

$$K_f = \frac{n}{2A} \sum_{i=1}^n L_i^2, \quad (4)$$

При использованном преобразовании плоскости в поверхность коэффициент формы будет изменяться по закону:

$$K_f = \frac{4}{2\phi R} \left(2(\phi R)^2 + (a)^2 \right), \quad (5)$$

где $\phi = 2\arcsin(a/(2R))$ – угол раствора оболочки (рисунок 2).

Таблица 1 – Изменение коэффициента формы при данном преобразовании поверхности (рисунок 2)

α , град.	0°	15°	30°	45°	69°	75°	90°
K_f	8,8297	8,3723	8,1448	8,0441	8,0085	8,0005	8

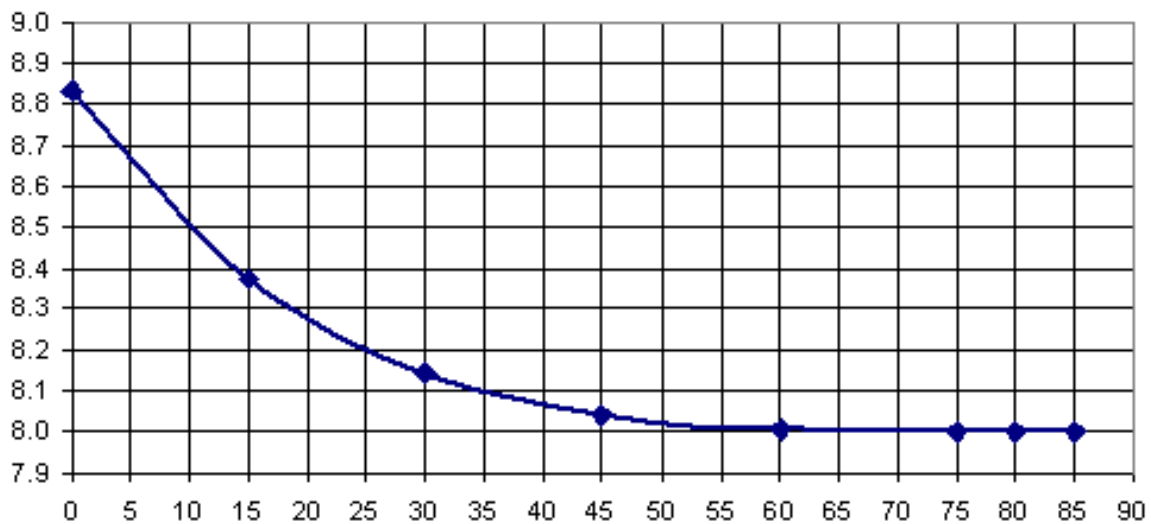


Рисунок 3 – Изменение коэффициента формы поверхности в зависимости от угла α (при изменении одной из главных кривизн поверхности), к рисунку 2

Используя формулу для определения коэффициента формы, получим (рисунок 4)

$$K_f = \frac{4}{2\phi R a} \left(2 \left(\frac{\phi R}{\sin \beta} \right)^2 + 2(a)^2 \right), \quad (6)$$

где $\phi = 2\arcsin(a/(2R))$ - угол раствора оболочки; или

$$K_f = 4 \left(\frac{\phi R}{a \sin^2 \beta} + \frac{a}{\phi R} \right). \quad (7)$$

Используя формулу для определения коэффициента формы

криволинейных поверхностей, получим (рисунок 5)

$$K_f = \frac{L^2}{2A}. \quad (8)$$

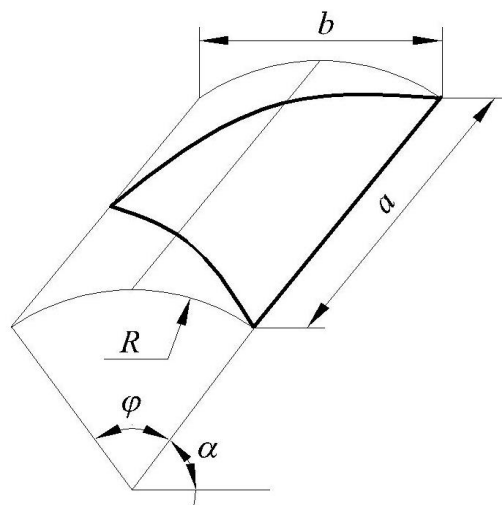
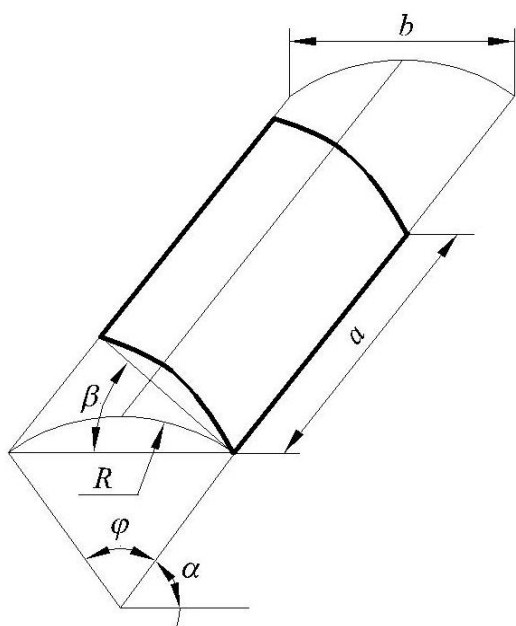


Рисунок 4 – Цилиндрическая поверхность параллелограммная в плане

Рисунок 5 – Треугольная в плане цилиндрическая поверхность

Коэффициент формы, подсчитанный по этой формуле, аналогичен коэффициенту формы для плоских треугольных областей [2].

Таким способом могут быть выведены выражения для других поверхностей. Для произвольных поверхностей следует воспользоваться общей формулой (1), (2).

Предложенный прием может быть использован для целей поиска геометрии различных криволинейных поверхностей, к примеру, в задачах аэродинамики [4] при поиске облика обтекаемых поверхностей, машиностроении, строительстве.

Библиографический список:

1. Коробко А.В., Сокотуценко В.Н., Чиклаев А.В. Коэффициент формы области с криволинейной поверхностью // Строительная механика и расчет сооружений. 2007. № 2. С. 50-53.

2. Коробко А.В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости. М.: АСВ, 1999. 320 с.

3. Коробко А.В., Гефель В.В., Чикулаев А.В. Способ и алгоритм определения коэффициента формы для областей с криволинейными участками контура // Известия ОрелГТУ. Серия: Строительство. Транспорт. 2005. №3-4. С. 55-57.

4. Черняев А.А. Моделирование геометрического контура обтекаемых сечений // Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии. Тула: ТулГУ. 2021. С. 230-232.