

УДК 511.11

Т. П. МАЛЮТИНА, М. С. ТЕЛЕГИН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ЗАДАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЛИНЕЙНОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ БН- ИСЧИСЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы формообразования при проектировании ограждающей конструкции сегментного очертания на основе точечного исчисления. На примере показана математическая возможность расчета узлов ферм для двустороннего криволинейного покрытия. Вычислительные формулы представлены в виде математического аппарата точечного исчисления. В качестве образующих и направляющих криволинейного покрытия выбрана парабола второго порядка. Имея уравнение параболы, с помощью компьютерного алгоритма формообразующая дуга кривой делится на необходимое число узлов с определенными координатами. Это может быть использовано для задания требуемой схемы фермы при расчете конструкции покрытия в программном комплексе «SCAD».

Ключевые слова: математическая возможность расчета координат узловых точек, БН-исчисление, параметрическое уравнение параболы, направляющая, образующая.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Современные вычислительные методы существенно развиты в области исследования различных архитектурных форм, в том числе комбинированных ограждающих конструкций. Эффективность конструктивных решений таких конструкций включает вопросы совершенствования задания расчётных схем. Алгоритм задания геометрических параметров покрытия, имеющего параболическое очертание на основе БН-исчисления, разработан для оптимизации создания расчётной модели в ПК «SCAD» и других программных комплексах. Для достижения поставленной цели в статье анализируются вопросы, связанные с описанием парабол 2-го порядка. Такой подход во многом облегчает проблемы научного сопровождения объектов на стадии проектирования и способствует улучшению организации контроля и оценки технического состояния конструкции в период эксплуатации.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Математический аппарат инженерного конструирования, основанный на точечном исчислении [1], позволяет получать вычислительные формулы в той последовательности, которая без преобразования применима в качестве алгоритма для последующей реализации в компьютерных программах. Вычислительные блоки, имеющие геометрический смысл, обеспечивают при необходимости изменение окончательной формы рассматриваемого алгоритма поставленной задачи. Параболическая кривая 2-го порядка стала основой данного исследования. Уравнение кривой было получено ранее [3]. Оно определяется системой точечных уравнений, включающих точки – вершины ломаной Бернштейна [1], и выступает в качестве образующих и направляющих криволинейного покрытия.

ЦЕЛИ

Рассмотреть алгоритм задания геометрических параметров покрытия, имеющего параболическое очертание, для оптимизации создания расчётной модели в ПК «SCAD» и других программных комплексах.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Исследуем конструкцию светопрозрачного покрытия в виде системы плоскопараллельных ферм сегментного очертания, по которым укладываются прогоны, на которые, в свою очередь, укладываются светопрозрачные панели ограждения (рис. 1). Расчет конструкции основывается на использовании программного комплекса «SCAD» [2].

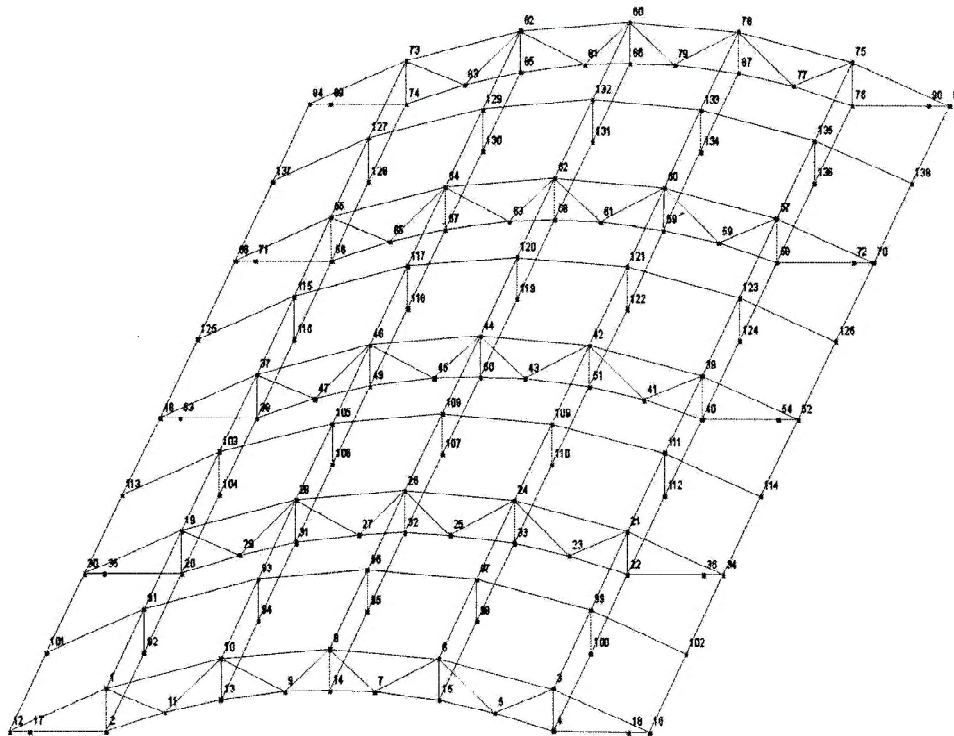


Рисунок 1 – Расчетная схема покрытия.

Создание расчётной модели выполняется в три этапа, включая: обоснование и создание геометрической схемы ограждающей конструкции покрытия; назначение жёстких характеристик, типов элементов, опорных закреплений и т. д.; задание нагрузок.

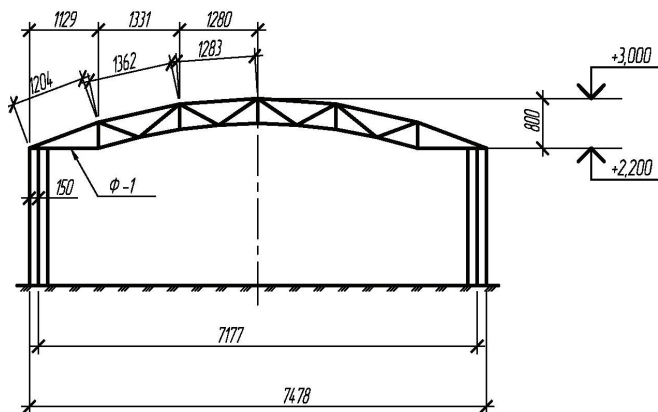


Рисунок 2 – Поперечный разрез здания.

В современном программном комплексе для расчёта строительных конструкций «SCAD», реализующем метод конечных элементов, существует несколько подходов к созданию расчётной схемы (в данном случае – схемы фермы), с учётом особенностей геометрии предлагаемой формы (рис. 2):

- генерация расчётной схемы фермы уже заданной самим программным комплексом (ПК) «SCAD»: такой способ самый простой, но в нашем случае геометрия фермы не входит в перечень предлагаемых схем;

- использование графического процессора, который в режиме графического диалога синтезирует расчётные схемы пространственных стержневых и плоскостных конструкций типа ортогональных каркасов, оболочек произвольной формы и т. д.;

- задание расчётной схемы с помощью графического редактора «AutoCAD» с последующим конвертированием ее в ПК «SCAD»;

– задание расчётной схемы с помощью задания координат узлов.

Последний способ задания расчётной схемы – наиболее простой и не требующий знаний каких-либо графических редакторов. При этом проектировщикам было необходимо просчитать координаты точек узлов фермы, что в свою очередь является недостатком этого подхода к созданию расчётной схемы. Учитывая, что образующая конструкция покрытия является фактически сегментом, т.е. кривой второго порядка, проектировщиками предлагается использовать аналитический аппарат точечной геометрии для получения координат узлов фермы.

Расчёт параметров узловых точек ферм для криволинейных покрытий на прямоугольных планах

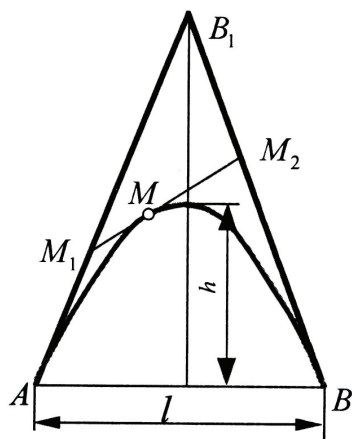


Рисунок 3 – Парабола в поперечном разрезе покрытия.

Форма покрытия на прямоугольном плане изначально обеспечена криволинейными координатами поверхности $u = \text{const}$, $v = \text{const}$, отраженными соответственно в поперечном и продольном направлении конструкции покрытия (рис. 1, 2, 3). В зависимости от криволинейности этих разрезов будем иметь различные поверхности покрытия. Рассмотрим чертежи ферм цилиндрической поверхности, для которых $v = \text{const}$ является прямой линией. Укажем математическую возможность расчёта узловых точек ферм для двустороннего криволинейного покрытия. Вычислительные формулы представим с помощью математического аппарата точечного исчисления [1]. В качестве образующих и направляющих криволинейного покрытия выбираем параболы второго и высших порядков [3]. Так алгебраическая кривая 1-го порядка, известная как прямая линия, использована нами в продольном разрезе покрытия. Алгебраическая кривая 2-го порядка, использованная нами в поперечном разрезе покрытия, представляет собой параболу второго порядка (рис. 3), определенную системой точечных линейных уравнений:

$$\begin{cases} M_1 = A\bar{u} + B_1u, \\ M_2 = B_1\bar{u} + Bu, \\ M = M_1\bar{u} + M_2u \end{cases} \quad (1)$$

или точечным уравнением:

$$M = A\bar{u}^2 + 2B_1\bar{u}u + Bu^2, \quad (2)$$

где

$$u \in [0, 1], \quad \bar{u} = 1 - u. \quad (3)$$

Для нашего варианта точки A и B определены положением фермы конструкции покрытия, а точка вычисляется по симметрии дуги и высоте h прогиба дуги:

$$x_1 = \frac{x_A + x_B}{2}, \quad y_1 = \frac{y_A + y_B}{2}, \quad z_1 = z_A + 2h, \quad (4)$$

где

$$A(x_A, y_A, z_A), \quad B(x_A + l, y_A, z_A). \quad (5)$$

Параметрическое уравнение параболы при этом принимает вид:

$$\begin{cases} x = \text{const}, \\ y = y_A\bar{u}^2 + (y_A + y_B)\bar{u}u + y_Bu^2, \quad \text{где } 0 \leq u \leq 1, \\ z = z_A\bar{u}^2 + 2(z_A + 2z_Bh)\bar{u}u + z_Bu^2, \quad \text{где } 0 \leq u \leq 1. \end{cases} \quad (6)$$

Постоянное значение абсциссы определяется разбивкой прямоугольного плана покрытия на прямоугольные ячейки (план покрытия). Параметрическое уравнение можно преобразовать к виду:

$$\begin{cases} x = \text{const}, \\ y = y_A(1 - u + u^2) + y_Bu(1 - u), \quad \text{где } 0 \leq u \leq 1, \\ z = z_A + 4hu(1 - u), \quad \text{где } 0 \leq u \leq 1. \end{cases} \quad (7)$$

В приведенной конструкции покрытия образующая линии $u = \text{const}$ является прямой (линия параллельная оси OY). Как известно, парабола второго порядка однозначно определяется значениями пролета l и прогиба h и поверхность покрытия, созданная на ее основе, не может учесть никакие другие дополнительные требования к форме покрытия. На практике возникает необходимость учета угла ската крыши (защита от накопления снега) поверхности параболического цилиндра. Тогда необходимо использовать более мощные параболы 3-го и 4-го порядков, которые способны учесть пролет l , прогиб h и угол ската φ .

ВЫВОДЫ

Таким образом, имея уравнение параболы, с помощью компьютерного алгоритма (описанного стандартной программой «Exell» или «MatchCAD») можно разделить дугу кривой на необходимое число узлов (панелей) и получить координаты точек, требуемых для задания схемы фермы с учетом геометрических особенностей формообразования конструкции покрытия при расчете ее в ПК «SCAD». Предлагаемое решение конструкции покрытия в виде сегментного очертания позволяет увеличить жесткость всей конструкции, что в свою очередь обеспечивает увеличение надежности и долговечности данной конструкции на стадии проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балюба, И. Г. Конструктивная геометрия многообразий в точечном исчислении: диссертация на соискание научной степени доктора технических наук: 05.01.01 [Текст] / Иван Григорьевич Балюба. – Макеевка : МИСИ, 1995. – 227 с.
2. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – 4-е изд., перераб. – Москва : СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.
3. Точечное исчисление геометрических форм и его место в ряду других существующих исчислений [Текст] / И. Г. Балюба, Б. Ф. Горягин, Т. П. Малютина [и др.] // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Науковий журнал № 6. – Луцьк : ЛНТУ. – 2011. – С. 24–29.
4. Найдыш, В. М. Алгебра БН-исчисления [Текст] / В. М. Найдыш, И. Г. Балюба, В. М. Верещага // Міжвідомчий науковий збірник. Випуск 90 «Прикладна геометрія та інженерна графіка». – Київ : КНУБА, 2012. – С. 210–215.
5. Малютіна, Т. П. Інтерпретація обчислювальної геометрії плоских фігур у точковому численні [Текст] : дис. ... канд. техн. наук: 05.01.01 / Малютіна Тетяна Петрівна. – К. : КДТУБА, 1998. – 227 с.
6. Давыденко, И. П. Конструирование поверхностей пространственных форм методом подвижного симплекса [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Давыденко Иван Петрович. – Макеевка : ДонНАСА, 2012. – 164 с.

Получено 04.04.2018

Т. П. МАЛЮТИНА, М. С. ТЄЛЄГІН
**ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ ЗАВДАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ
 ПАРАМЕТРІВ КРИВОЛІНІЙНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ
 БН-ЧИСЛЕННЯ**
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. У статті розглядаються питання формоутворення при проектуванні огорожувальної конструкції сегментного обрису на основі точкового числення. На прикладі показана математична можливість розрахунку вузлів ферм для двостороннього криволинійного покриття. Обчислювальні формули представлені у вигляді математичного апарату точкового числення. За твірні і напрямні криволинійного покриття вибрана парабола другого порядку. Маючи рівняння параболі, за допомогою комп'ютерного алгоритму формотвірна дуга кривої ділиться на необхідне число вузлів з певними координатами. Це може бути використано для завдання необхідної схеми ферми при розрахунку конструкції покриття в програмному комплексі «SCAD».

Ключові слова: математична можливість розрахунку координат вузлових точок, БН-числення, параметричне рівняння параболі, напрямна, твірна.

TATYANA MALUTINA, MAXIM TELEGIN
COMPUTATIONAL ALGORITHM FOR SPECIFYING THE GEOMETRIC
PARAMETERS OF A CURVILINEAR COVERING BASED ON THE BN-
CALCULUS

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article deals with the issues of shape formation in the design of the enveloping structure of a segmental outline based on point calculation. The example shows the mathematical possibility of calculating the nodes of trusses for a two-sided curvilinear covering. Computational formulas are presented in the form of a mathematical apparatus of point calculation. As the generators and guiding curvilinear covering, a parabola of the second order is chosen. Having the parabola equation, using the computer algorithm, the shaping arc of the curve is divided into the required number of nodes with certain coordinates. This can be used to specify the required scheme of the truss when calculating the structure of the coating in the «SCAD» software package.

Key words: mathematical possibility of calculating the coordinates of nodal points, BN-calculus, parametric parabola equation, directing, generating.

Малютина Татьяна Петровна – кандидат технических наук, доцент кафедры специализированных информационных технологий и систем ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие БН-исчисления на плоскости, разработка уравнений плоских и пространственных геометрических форм в точечной форме по геометрическому алгоритму их построения.

Телегин Максим Сергеевич – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: изучение и освоение вычислительных алгоритмов задания геометрических параметров криволинейных покрытий на основе БН-исчисления.

Малютина Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри спеціалізованих інформаційних технологій і систем ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток БН-числення на площині, розробка рівнянь плоских та просторових геометричних форм в точковій формі по геометричному алгоритму їх побудови.

Телегін Максим Сергійович – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вивчення та освоєння обчислювальних алгоритмів визначення геометричних параметрів криволинійних покриттів на основі БН-обчислення.

Malutina Tatyana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Specialized Information Technology and Systems Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of BN-calculation on a plane, development of equalizations of flat geometrical forms in a dot form on the geometrical algorithm of their construction.

Telegin Maxim – a student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: studying and mastering computational algorithms for specifying geometric parameters of curvilinear coatings on the basis of BN-calculus.