

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ

Киевский государственный технический университет
строительства и архитектуры

На правах рукописи

ЧАН ХОНГ ХАЙ

УДК 515.2

УПРАВЛЕНИЕ ФОРМОЙ РАСТЯНУТЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СЛОЖЕНИЯ

Специальность 05.01.01 - Начертательная геометрия
и инженерная графика

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1994

ДВ 30.935

Работа выполнена в Киевском государственном техническом университете строительства и архитектуры.

- Научный руководитель: - доктор технических наук, профессор КОВАЛЕВ С.Н.
- Официальные оппоненты: - доктор технических наук, профессор ОБУХОВА В.С.
- кандидат технических наук, доцент ГРИБОВ С.Н.
- Ведущая организация: КИЕВ ЗНИИЭП

Защита состоится " 26 " октября 1994 года в 13 часов на заседании специализированного совета Д 068.05.03 при Киевском государственном техническом университете строительства и архитектуры по адресу: 252037 Киев-37, Воздухофлотский проспект, 31, КГТУСА.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГТУСА.

Автореферат разослан " 23 " сентября 1994 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент

ПЛОСКИЙ В.А.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777751 (У)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Теоретической основой геометрических разработок в области формирования поверхностей на основе дискретного моделирования являются работы С.Н. Грибова, С.Н. Ковалева, В.Е. Михайленко, В.М. Найдыша, А.В. Павлова, А.Л. Подгорного, Н.И. Седлецкой и др. На этой основе решены конкретные проблемы моделирования дискретных сетей. Решены задачи управления формой для удовлетворения требований, предъявляемых к проектируемым растянутым конструкциям. При создании геометрической модели пространственного покрытия на стадии эскизного проектирования очевидна необходимость четкого представления о сути процесса формирования, а параметрах управления формой дискретных моделей, о возможностях оперативного изменения хода расчетов.

Процесс управления формой растянутых систем носит особый характер. Растянутые сети могут различаться между собой некоторыми факторами, при которых форма растянутой сети не может быть произвольной. Ее параметры связаны между собой таким образом, что сеть всегда остается равновесной. Одним из способов управлений формой растянутых систем является функциональное сложение, которое позволяет изменять геометрические параметры растянутой сети, не нарушая ее равновесия.

В связи с этим настоящая работа посвящена исследованию метода функционального сложения как операции над геометрическими фигурами, и возможностей применения этого метода для управления формой растянутых сетей.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с научным направлением кафедры начертательной геометрии, инженерной и

машинной графики КГТУСА.

Цель работы : Разработать и создать алгоритмы управления формой растянутых сетей на основе функционального сложения применительно к проектированию криволинейных архитектурных объектов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие теоретические и прикладные геометрические задачи:

1. Установить и сформулировать принципы функционального сложения точечных пространств.

2. Выявить соответствия между пространствами, порождаемые координатным сложением.

3. Представить функциональное сложения пространств как цепь соответствий.

4. Изучить влияние параметров и весовых коэффициентов при параметрах слагаемых фигур на форму и положение суммарного результата.

5. Разработать метод функционального сложения на плоскости и в трехмерном пространстве для непрерывных и дискретных множеств.

6. Разработать способы управления формой растянутых систем путем применения функционального сложения.

Методика исследований. В работе использовались методы аналитической, проективной и начертательной геометрий, теория параметризации, методы вычислительной математики.

Теоретической базой настоящих исследований стали работы:

- По вопросам конструирования поверхностей и геометрического моделирования: Г.С. Иванова, В.Е. Михайленко, В.М. Найдяша, В.С. Обкховой, А.В. Павлова, А.Л. Подгорного, С.А. Фролова и их учеников.

- По вопросам дискретного моделирования поверхностей с учетом специальных требований и условий: С.Н. Грибова, С.Н. Ковалева, В.Е. Михайленко, В.М. Найдыша, А.Л. Подгорного и их учеников.

- По вопросам преобразования кривых и поверхностей: А.И. Высоцкого, В.С. Обуховой, Н.И. Седлецкой и др.

В работе использованы результаты исследований Р.И. Воробкевич и П.В. Самчука в области функционального сложения.

Научную новизну работы составляют:

1. Установление свойств функционального сложения с весовыми коэффициентами и соответствий между слагаемыми фигурами.

2. Применение сложения геометрических фигур как преобразования пространства.

3. Создание алгоритмов, позволяющих управлять формой растянутых сетей на основе сложения заданных равновесных сетей.

Практическая ценность. Способом функционального сложения решены задачи управления формой растянутых конструкций, удовлетворяющих предварительно заданным требованиям и условиям на стадии эскизного проектирования.

На защиту выносятся основные положения, составляющие научную новизну и практическую ценность работы.

Апробация работы. Основные работы доложены и обсуждены на 54-й и 55-й научно-технических конференциях Киевского государственного технического университета строительства и архитектуры, на Всеукраинской научно-методической конференции ХПИ, 1993, на научных семинарах кафедры начертательной геометрии, инженерной и машинной графики КГУСА.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка использованной лите-

ратуры 118 наименований. Работа содержит 78 страниц машинописного текста, 32 рисунков, 17 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе формулируются принципы и формируются алгоритм функционального сложения в общем и в частных случаях, на плоскости и в пространстве. Решается задача влияния весовых коэффициентов на форму и положение результирующей фигуры и является соответствие между элементами слагаемых фигур. Приведены несколько свойств функционального сложения также примеры сложения линий на плоскости, сложения поверхностей и дискретных образов в пространстве.

Пусть в пространстве /или на плоскости/ заданы n фигур: $\phi^1, \phi^2, \dots, \phi^n$. Пусть также между точками этих фигур установлено определенное соответствие /рис.1/ :

$$\begin{array}{ccccccc}
 M_1^1 & \leftrightarrow & M_1^2 & \leftrightarrow & \dots & \leftrightarrow & M_1^n \\
 M_2^1 & \leftrightarrow & M_2^2 & \leftrightarrow & \dots & \leftrightarrow & M_2^n \\
 \dots & & \dots & & \dots & & \dots
 \end{array}$$

Тогда функциональное сложение представляется как алгебраическая сумма произведений соответствующих координат соответственных точек данных фигур на определенные весовые коэффициенты. Мы получим координаты точек новой фигуры:

$$\begin{array}{l}
 x_i = k_1 x_i^1 + k_2 x_i^2 + \dots + k_n x_i^n \\
 y_i = k_{n+1} y_i^1 + k_{n+2} y_i^2 + \dots + k_{2n} y_i^n \\
 z_i = k_{2n+1} z_i^1 + k_{2n+2} z_i^2 + \dots + k_{3n} z_i^n
 \end{array} \quad < I >$$

$i = 1, 2, \dots$

где x_i^j, y_i^j, z_i^j - координаты точки M_i^j , принадлежащей фигуре ϕ^j , а k_i - коэффициенты по координатам. Эти коэффициенты выбираются в соответствии с условиями конкретных задач и определяются из системы вида <I> по заданным координатам несколь-

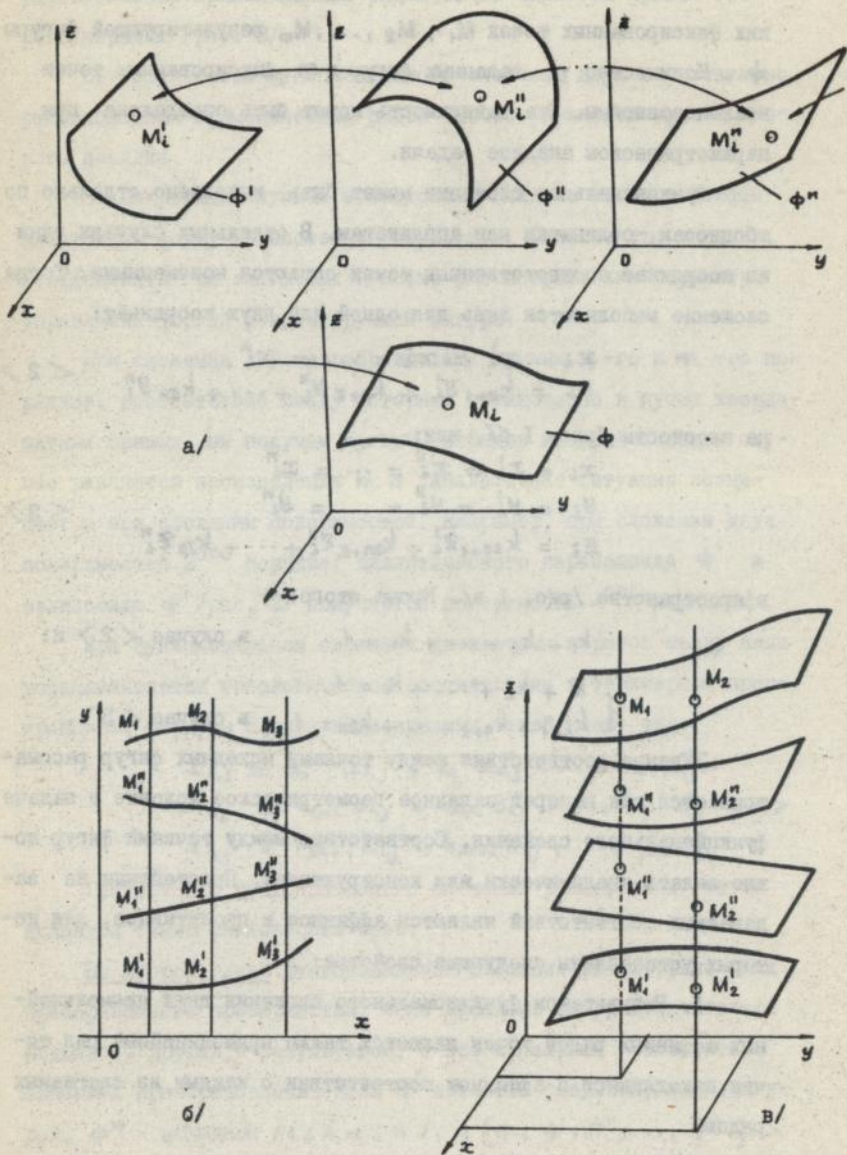


Рис. I

ких фиксированных точек M_1, M_2, \dots, M_m результирующей фигуры ϕ . Количество n заданных фигур и m фиксированных точек взаимнозависимы. Эта зависимость может быть определена при параметрическом анализе задачи.

Функциональное сложение может быть выполнено отдельно по абсциссам, ординатам или аппликатам. В отдельных случаях одни из координат соответственных точек останутся неизменными. Тогда сложение выполняется лишь для одной или двух координат:

$$\begin{aligned} x_i &= x_i^I = x_i^{II} = \dots = x_i^n \\ y_i &= k_{n+1} y_i^I + k_{n+2} y_i^{II} + \dots + k_{2n} y_i^n \end{aligned} \quad < 2 >$$

на плоскости /рис. I б/, или:

$$\begin{aligned} x_i &= x_i^I = x_i^{II} = \dots = x_i^n \\ y_i &= y_i^I = y_i^{II} = \dots = y_i^n \\ z_i &= k_{2n+1} z_i^I + k_{2n+2} z_i^{II} + \dots + k_{3n} z_i^n \end{aligned} \quad < 3 >$$

в пространстве /рис. I в/. Кроме этого:

$$\begin{aligned} k_1 + k_2 + \dots + k_n &= 1 && \text{в случае } < 2 > \text{ и:} \\ \begin{cases} k_1 + k_2 + \dots + k_n = 1 \\ k_{n+1} + k_{n+2} + \dots + k_{2n} = 1 \end{cases} &&& \text{в случае } < 3 >. \end{aligned}$$

Задание соответствия между точками исходных фигур рассматривается как наперед заданное геометрическое условие в задаче функционального сложения. Соответствие между точками фигур можно задать аналитически или конструктивно. Простейшими из задаваемых соответствий являются аффинное и проективное, для которых установлены следующие свойства:

1. Результатом функционального сложения двух прямолинейных аффинных рядов точек является также прямолинейный ряд точек, находящийся в аффинном соответствии с каждым из слагаемых рядов.

2. Результатом функционального сложения двух проективно

расположенных прямолинейных рядов точек является кривая второго порядка /рис. 3/.

3. Результатом функционального сложения двух перспективно расположенных прямолинейных рядов точек является кривая второго порядка.

В конкретных случаях исследовано влияние весовых коэффициентов на форму и положение результата. Выяснив это влияние, коэффициенты при слагаемых k_i можно рассмотреть как параметры управления формой результирующей фигуры.

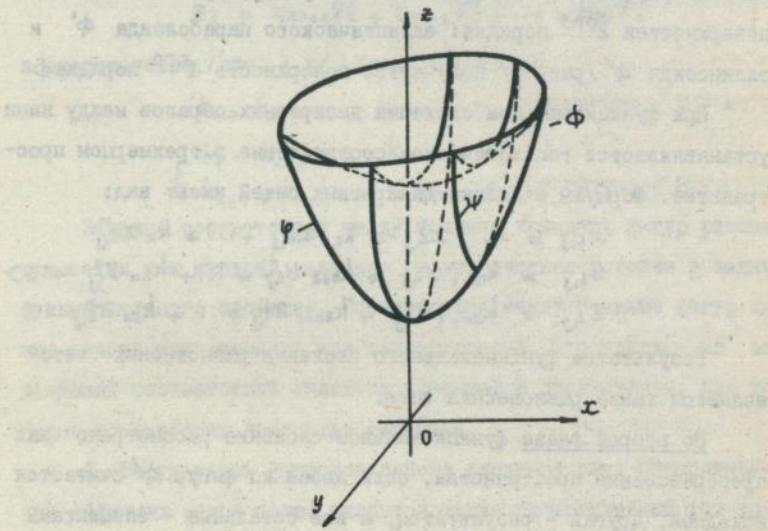
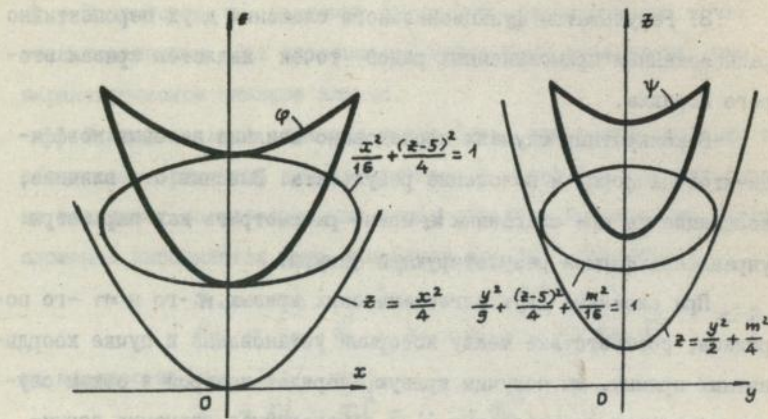
При сложении двух алгебраических кривых n -го и m -го порядков, соответствие между которыми установлено в пучке координатных прямых, мы получим кривую, порядок которой в общем случае равняется произведению $m \cdot n$. Аналогичная ситуация возникает и при сложении поверхностей. Например, при сложении двух поверхностей 2^{ого} порядка: эллиптического параболоида Φ^1 и эллипсоида Φ^2 /рис. 2/ получается поверхность 4^{ого} порядка Φ .

При функциональном сложении дискретных образов между ними устанавливается топологическое соответствие в трехмерном пространстве. Формулы сложения дискретных сетей имеют вид:

$$\begin{aligned}x_{i,j} &= k_1 x_{i,j}^1 + k_2 x_{i,j}^2 + \dots + k_n x_{i,j}^n \\y_{i,j} &= k_{n+1} y_{i,j}^1 + k_{n+2} y_{i,j}^2 + \dots + k_{2n} y_{i,j}^n \\z_{i,j} &= k_{2n+1} z_{i,j}^1 + k_{2n+2} z_{i,j}^2 + \dots + k_{3n} z_{i,j}^n\end{aligned} \quad <4>$$

Результатом функционального сложения равновесных сетей является также равновесная сеть.

Во второй главе функциональное сложение рассмотрено как преобразование пространства, если любая из фигур Φ^i считается исходной, другая - результатом, а все остальные - элементами аппарата преобразования. Если Φ^l является результирующей фигурой, Φ^m - исходной / $1 \leq l, m \leq n$ / , а $\{\Phi, \Phi^1, \Phi^2, \dots, \Phi^n\} \setminus$



PHC. 2

\{ \phi^l, \phi^m \} - элементами аппарата, то формулы преобразования принимает вид:

$$\begin{aligned} x_i^l &= k_m^l x_i^m + k_1^l x_i^1 + k_2^l x_i^2 + \dots + k_{l-1}^l x_i^{l-1} + k_{l+1}^l x_i^{l+1} + \dots + \\ &\quad + k_{m-1}^l x_i^{m-1} + k_{m+1}^l x_i^{m+1} + \dots + k_n^l x_i^n \\ y_i^l &= k_{n+m}^l y_i^m + k_{n+1}^l y_i^1 + k_{n+2}^l y_i^2 + \dots + k_{l-1}^l y_i^{l-1} + k_{l+1}^l y_i^{l+1} + \dots + \langle 6 \rangle \\ &\quad + k_{n+m-1}^l y_i^{m-1} + k_{n+m+1}^l y_i^{m+1} + \dots + k_{2n}^l y_i^n \\ z_i^l &= k_{2n+m}^l z_i^m + k_{2n+1}^l z_i^1 + k_{2n+2}^l z_i^2 + \dots + k_{2n+l-1}^l z_i^{l-1} + k_{2n+l+1}^l z_i^{l+1} + \dots + \\ &\quad + k_{2n+m-1}^l z_i^{m-1} + k_{2n+m+1}^l z_i^{m+1} + \dots + k_{2n}^l z_i^n \end{aligned}$$

где:

$$i = 1, 2, \dots$$

$$\begin{aligned} k_j^l &= k_j / k_l & j &= 1, 2, \dots, n \\ &= k_j / k_{n+l} & j &= n+1, n+2, \dots, 2n \\ &= k_j / k_{2n+l} & j &= 2n+1, 2n+2, \dots, 2n \end{aligned}$$

На основании этих формул в виде функционального сложения может быть представлены различные известные преобразования, в частности конхоидальное, преобразование подобия, преобразование Маклорена и др.. Например в преобразовании Маклорена верзиера /рис. 4/ строится путем сложения двух линий: окружности

$$(x^1)^2 + (y^1)^2 + 2Ry^1 = 0$$

и прямой:

$$y'' = 0$$

Формулы сложения принимают вид:

$$\begin{aligned} x &= x'' \\ y &= y^1 + y'' \end{aligned}$$

Соответственные точки двух слагаемых линий принадлежат пучку прямых с центром S.

В работе приведена также трактовка известного способа образования трансверсальных поверхностей конгруэнций с точки зрения функционального сложения.

В формулах функционального сложения < I > неизвестен па-

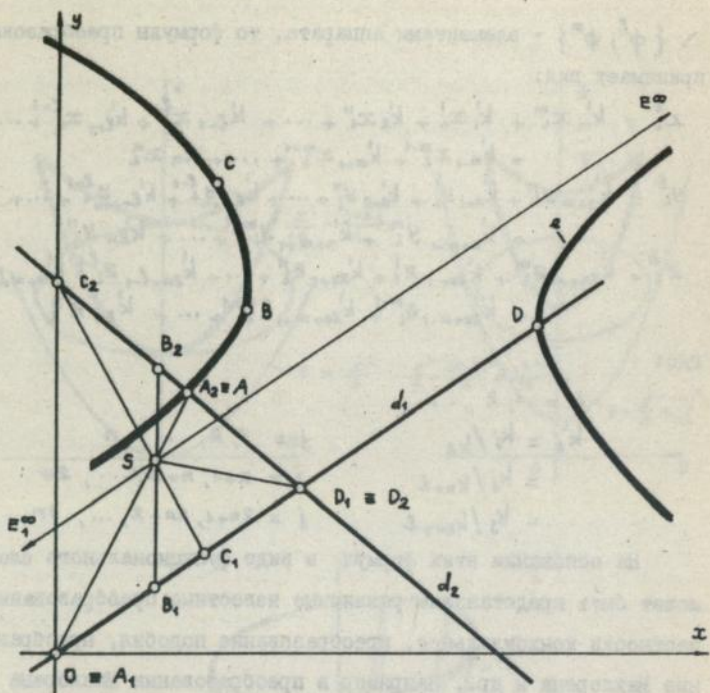


Рис. 3

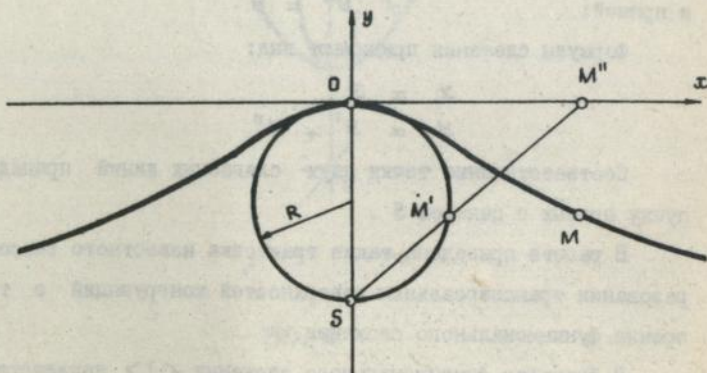


Рис. 4

Число n может уменьшаться в случаях, когда существует ℓ комплектов соответственных узлов всех слагаемых и результирующей сети, координаты которых соответственно одинаковы. Тогда в системе уравнений <7> для определения коэффициентов k_i , ℓ уравнений по каждой из координат / x , y или z / заменяются одним уравнением:

$$k_{u,1} + k_{u,2} + \dots + k_{u,n} = 1$$

Таким образом в этом случае количество слагаемых фигур определяется формулой:

$$n = P_R - \ell + 1 \quad <10>$$

В задаче управления формой растянутой сети при варьировании положения одного закрепленного узла, число слагаемых сетей определяется с помощью формулы <10>. Слагаемые сети выбраны с таким же контуром, как и у результирующей сети. Если закрепленный узел M , положение которого должно изменяться, не является краевым, тогда у всех слагаемых и результирующей сетей краевые узлы имеют соответственно одинаковые координаты, значит $P_R - \ell = 1$. Поэтому количество слагаемых сетей равняется:

$$n = P_R - \ell + 1 = 1 + 1 = 2$$

Координаты незакрепленных узлов результирующей сети определяются сложением двух слагаемых сетей с определенными коэффициентами k_i .

Третья глава посвящена применению способа функционального сложения к управлению формой растянутых конструкций типа тентов. Дискретной моделью тентового покрытия является растянутая сеть, которая формируется под воздействием усилий, приложенных к ее узлам, и возникающих в связях растягивающих напряжений, направленных вдоль связей сети.

На форму тента существенное влияние оказывают различные

группы параметров:

- Форма опорного контура или положение точечных опор.
- Соотношение усилий в связях моделирующей сети, различных направлений
- Соотношение усилий вдоль внутренних и контурных связей моделирующей сети.
- Соотношение усилий вдоль внутренних связей моделирующей сети и вдоль стабилизирующих тросов.

В работе рассмотрены растянутые сети со стабилизирующими тросами, сети с различными натяжениями в различных направлениях, сети с гибкими опорными контурами и т.п.

Управление формой тента за счет варьирования натяжения стабилизирующего троса рассмотрено на примере регулярной сети со стабилизирующим тросом в вертикальной плоскости. В качестве параметра управления формой сети задана аппликата одного узла M , принадлежащего тросу. Поверхность растягивается вдоль стабилизирующего троса в большей степени, чем вдоль других связей. Поэтому растягивающие усилия в связях, расположенных вдоль стабилизирующего троса должны иметь коэффициент пропорциональности к длинам связей (k_1) иной, чем в остальных связях (k_2).

Если план сети регулярный, то задача сводится к расчету лишь аппликат узлов сети.

Система уравнений равновесия принимает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} k(x_{i,j-1} + x_{i,j+1} - 2x_{i,j}) + x_{i-1,j} + x_{i+1,j} - 2x_{i,j} = 0 \\ \text{для узлов } M_{i,j}, \text{ принадлежащих тросу} \\ x_{i,j-1} + x_{i,j+1} + x_{i-1,j} + x_{i+1,j} - 4x_{i,j} = 0 \\ \text{для остальных незакрепленных узлов.} \end{array} \right. \quad < II >$$

где $k = k_1/k_2$.

Для того, чтобы узел M занял заданное положение необхо-

димо подобрать соответственную величину k , т.е. этот коэффициент в системе $\langle II \rangle$ должен быть неизвестным. Тогда $\langle II \rangle$ становится нелинейной: она содержит m нелинейных уравнений, где m - число незакрепленных узлов, принадлежащих стабилизирующему тросу.

Решение систем нелинейных уравнений, как известно, представляет объективную трудность. Этой трудности можно избежать, применив метод функционального сложения. Для этого слагаемые сети выбираются так, чтобы все их закрепленные узлы на контуре имели координаты, совпадающие с координатами соответственных узлов результирующей сети. Тогда число слагаемых сетей равно 2. Для построения слагаемых сетей I и II коэффициенты k^i могут принимать любые неодинаковые значения, например для сети I: $k^i = a$, для сети II: $k^i = b$. Тогда система уравнений равновесия $\langle II \rangle$ определения незакрепленных узлов сетей I и II становится линейной, решение которой не представляет трудности.

Апликаты незакрепленных узлов результирующей сети определяются по формуле:

$$z_{i,j} = k_1 z_{i,j}^I + k_2 z_{i,j}^{II}$$

где k_1 и k_2 определяются в результате решения системы:

$$k_1 + k_2 = 1$$

$$k_1 z_{M'} + k_2 z_{M''} = z_M$$

Растянутая сеть, моделирующая поверхность тентового покрытия, может растягиваться вдоль двух различных направлений с различными усилиями. Растягивающие усилия в связях, расположенных по одному направлению, должны иметь коэффициент пропорциональности к длинам связей (k_1) иной, чем в связях, расположенных по другому направлению (k_2).

Система уравнений равновесия для определения апликат не-

закрепленных узлов сети принимает вид:

$$k (z_{i-1,j} + z_{i+1,j} - 2z_{i,j}) + z_{i,j-1} + z_{i,j+1} - 2z_{i,j} = 0 \quad < I2 >$$

где $k = k_1 / k_2$. Параметром управления формой сети является аппликата одного незакрепленного узла M . Система $< I2 >$ нелинейная, так как k неизвестен.

При решении задачи способом функционального сложения слагаемые сети должны быть гомеоморфными результирующей сети. Аппликаты узлов сетей определяются путем решения систем $< I2 >$, в которых коэффициент k может задаваться произвольно. Количество слагаемых сетей равно 2.

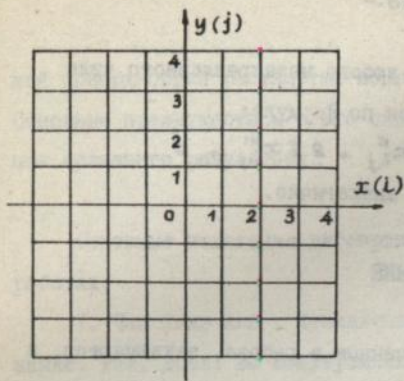
Растянутая сеть с гибким контуром моделирует поверхность тента при условии задания координат опорных узлов. Уравнения равновесия для узлов краевого контура отличаются от уравнений равновесия внутренних узлов, так как число сходящихся в них связей неодинаково, а напряжения на контуре могут быть больше, чем во внутренних связях. В качестве параметров управления формой сети могут приниматься координаты одного внутреннего или краевого узла и отношение k коэффициента пропорциональности растягивающего усилия в связях, расположенных вдоль контура, к коэффициенту пропорциональности усилий во внутренних связях. Если заданы координаты незакрепленного узла M сети, тогда k должен быть неизвестным и система уравнений равновесия становится нелинейной. Во избежание непосредственно решения этой системы можно использовать способ функционального сложения. Число слагаемых сетей равно 2. Для определения незакрепленных узлов слагаемой сети коэффициент k может выбираться произвольно.

При формообразовании тентовых покрытий, особенно в эскизной стадии, варьирование положения закрепленных узлов, как из-

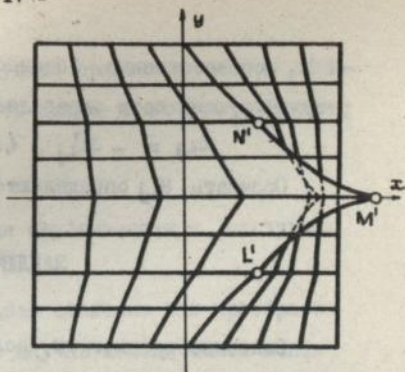
менение краевых условий сети, оказывает большое влияние на форму моделируемого покрытия. Для получения оптимальной формы сети необходимо сравнивать варианты с различными заданиями закрепленных узлов. Известен способ определения равновесной сети путем составления и решения систем уравнений равновесия. В процессе варьирования положения одного или нескольких незакрепленных узлов решение уравнений равновесия может приводить к большему объему расчетов. Способом функционального сложения можно избежать этой трудности, особенно когда имеем несколько заранее рассчитанных сетей, топологически соответствующих требуемой сети. Эти сети принимаются в качестве слагаемых

Если слагаемые сети, топологически соответствующие результирующей, содержат такие закрепленные узлы, как и у результирующей сети, тогда количество слагаемых сетей равно $m + 1$, где m - число узлов, положение которых варьируется. Например в задачах управления формой сети варьированием одного закрепленного узла количество слагаемых сетей равно 2, в случае варьирования 2-х закрепленных узлов количество слагаемых сетей будет 3.

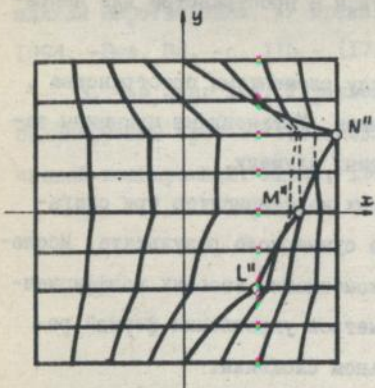
На рис. 5 приведено решение задачи управления формой сети варьированием положения трех закрепленных узлов: $M_{0,0}$, $N_{0,2}$, $L_{0,-2}$. Число $m = 3$, поэтому количество слагаемых сетей $n = 4$. Для получения абсцисс результирующей сети 3 слагаемые сети выбраны одинаковыми, но с различной ориентацией, для сокращения объема вычислений при предварительном расчете координат их узлов, а четвертая сеть может быть регулярной. На рисунке точки M, N, L в плане занимают места: $\langle 3, 3 \rangle, \langle -0.5, 2.5 \rangle, \langle 2.5,$



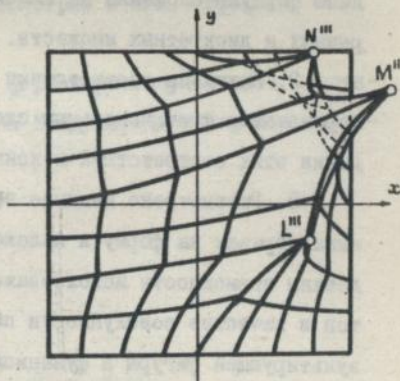
а/ Топологическая схема



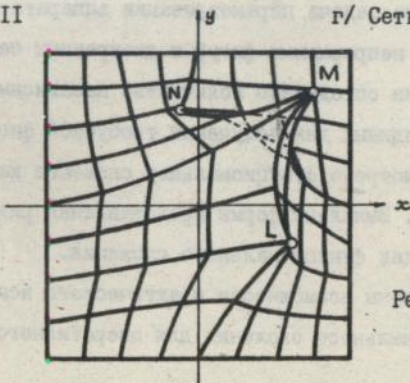
б/ Сеть I



в/ Сеть II



г/ Сеть III



Результирующая
сеть

Рис. 5

-I > соответственно. Абсцисса любого незакрепленного узла результирующей сети определяется по формуле:

$$x_{i,j} = -x'_{i,j} - 4,5x''_{i,j} + 2,5x'''_{i,j} + i$$

Ординаты $y_{i,j}$ определяются аналогично.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты, полученные в работе, заключаются в следующем:

1. Установлены принципы функционального сложения, выведены формулы сложения на плоскости и в пространстве для непрерывных и дискретных множеств.
2. Выявлены соответствия между элементами пространства, порождаемые функциональным сложением. Установлены принципы задания этих соответствий в конкретных случаях.
3. Рассмотрено влияние весовых коэффициентов при слагаемых образах на форму и положение суммарного результата. Исследованы возможности использования комбинации весовых коэффициентов в качестве совокупности параметров управления формой результирующей фигуры в функциональном сложении.
4. Решена задача параметризации аппарата функционального сложения для непрерывных фигур и дискретных сетей. На основе параметризации определено количество независимых слагаемых фигур, необходимых для получения требуемой фигуры.
5. Рассмотрено функциональное сложение как преобразование пространства. Выявлены формы представления ряда известных преобразований как функционального сложения.
6. Показаны возможности практического использования способа функционального сложения для оперативного управления фор-

мой поверхностей растянутых конструкций архитектурных покрытий. Основным преимуществом этого способа является простота получения желаемого результата.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Чан Хонг Хай . Функциональное сложение как преобразование. Тез. докл. на Всеукраинской научно-методической конференции. - Харьков ХПИ, 1993.

2. Чан Хонг Хай. Способ визначения рівноважних сіток шляхом перетворення. // Прикл. геометрия и инж. графика. -К, 1994. -Вып. 56. -с. 115 - 117.

3. Чан Хонг Хай. Управление формой растянутой сети со стабилизирующим тросом. Тез. докл. на Международной научно-методической конференции. Львов, 1994.

Чан Хонг Хай. Управління формою розтягнутих сіток на основі функціонального додавання. Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.01 - Прикладна геометрія та інженерна графіка. Київський Державний технічний університет будівництва і архітектури. Київ, 1994.

Захищається три наукових роботи, які містять теоретичні дослідження метода функціонального додавання стосовно до управління формою кривих ліній та поверхонь у неперервному або дискретному уявленні. За результатами теоретичних досліджень розроблено методику оперативного управління формою розтягнутих конструкцій в архітектурі, зокрема тентових конструкцій, на етапі ескізного проектування.

Ключові слова:

Метод функціонального додавання, управління, тент, розтягнута конструкція.

Tran Hong Hai. Management of a form of stretching nets on the basic of functioning addition. The thesis to research on scientific degree of a candidate of technical science in speciality 05.01.01 - Applied geometry and engineering graphic. The Kiev State technical university of building and architecture, Kiev, 1994.

Three scientific articles have been defending. They include inside theoretical reasarching of a method of functioning addition applying to managment of form's curve lines and of surface in uninterrupted or discrete imagination. Owing to the results of theoretical reasarching is worked out method of operation guiding a form of stretching designs in architature, in parteculer awning structures, on the stage of freehand projection.

Подп. к печ. 21.09.90 . Формат 60×84^{1/16}. Бумага
тип. № 3 . Печать офсетная. Усл. печ. л. 116 . Усл. кр.-отт. 127 .
Уч.-изд. л. 10 . Тираж 100
Зая. № 44600

РЛПО «Укрвузполиграф»
252151, г. Киев, ул. Волинская, 60.

115920

AB 30.935