

## Main Menu (Main3D)

### 1. The construction and editing curves

#### 1. Построение и редактирование кривых

##### 1.1. The construction and editing a curve on a base polyline on page Polyline3D

##### 1.1. Построение и редактирование кривой на опорной ломаной на странице Polyline3D

##### 1.2. The construction and editing a curve to a tangent polyline page Tangent3D

##### 1.2. Построение и редактирование кривой на касательной ломаной на странице Tangent3D

##### 1.3. The construction and editing curve in the geometric Hermite determinant page Hermite3D

##### 1.3. Построение и редактирование кривой на геометрическом определителе Эрмита на странице Hermite3D

##### 1.4. Editing NURBS curves on pages NURBS3D and NURBzS3D

##### 1.4. Редактирование NURBS-кривых на страницах NURBS3D и NURBzS3D

###### 1.4.1. Editing geometric Bezier spline curve on gb-polygon on page NURBzS3D

###### 1.4.1. Редактирование геометрической сплайновой кривой Безье на gb-полигоне на странице NURBzS3D

###### 1.4.2. Editing b-spline curve on s-polygon on the page NURBS3D

###### 1.4.2. Редактирование b-сплайновой кривой на s-полигоне на странице NURBS3D

### 2. Construction and editing of surfaces on the page Surface3d

#### 2. Построение и редактирование поверхностей на странице Surface3D

### 3. Examples and exercises

### 3. Примеры и упражнения

#### **Main Menu (Main3d)**

Web-application can be used in CAD-systems in the design of technical objects with functional curves and surfaces, and graphic packages for modeling curves of high quality of aesthetic parameters.

Web-приложение может быть использовано в САД-системах при проектировании технических объектов с функциональными кривыми и поверхностями, в графических пакетах для моделирования кривых высокого качества по эстетическим параметрам.

#### ***Описание формы***

Instructions and Messages (I & M) - a text box for displaying instructions and message, for exchange of models with CAD-systems;

Instructions and Messages (I&M) – текстовое поле вывода инструкций и сообщений, обмена ГО и NURBS моделями с САД-системами;

[Clear] - to remove all the text from the text field I &M;

[Clear] – кнопка очистки текстового поля I&M;

[Help] - button to go to the description of the page.

[Help] – кнопка перехода к описанию страницы.

Region - Modeling Curve on Pages

Buttons:

[Polyline3D] - to Create and Edit Curve on Base Polyline

[Tangen3D] - to Create and Edit Curve on Tangent Polyline

[HermieD] - to Create and Edit Curve on Hermite Scheme

[NURBzS3D] - to Edit Curve on GB-polygon of Bezier Spline Curve

[NURBS3D] - to Edit Curve on S-polygon of B-Spline Curve

Region - Modeling Surfaces on Pages

Buttons:

[Surface3D] - to Create Surface on 3D Mesh

Region Transferrings

Buttons:

[to Main Page]

## 1. The construction and editing curves

### 1. Построение и редактирование кривых

In the engineering the models of curves are considered as determinants of the curves. The determinant of the curve consists of two parts: the geometric part (or geometrical determinant) and the algorithmic part.

В инженерной геометрии модели кривых линий рассматриваются как определители кривых. Определитель кривой состоит из двух частей: геометрической части (или геометрического определителя) и алгоритмической части.

In the web-application the algorithmic part is procedure generating points of v-curve on locally convex sections of base or tangent polyline and shape preserving approximation of v-curve by means of geometric Bezier spline or b-spline curve of high degree (6/8/10). V-curve is a virtual curve of 5th order of smoothness with a smooth change of curvature, the envelope of a continuous set of conic curves of double touching. V-curve geometrically exactly approximates conic curves. Approximation methods by geometric Bezier spline or by b-spline curve can keep the high quality of v-curve, and the high accuracy of approximation of conic curves.

В web-приложении алгоритмическая часть представляет процедуру генерации точек v-кривой на локально выпуклых участках опорной или касательной ломаной и изогеометрической аппроксимации v-кривой посредством геометрического сплайна Безье или b-сплайновой кривой высокой степени (6 / 8 / 10). V-кривая представляет собой виртуальную кривую 5-го порядка непрерывности с плавным изменением кривизны, огибающую непрерывное множество конических кривых двойного соприкосновения. V-кривая точно приближает конические кривые. Методы аппроксимации v-кривой геометрическим сплайном Безье и b-сплайновой кривой позволяют сохранить высокое качество v-кривой и точность приближения конических кривых.

Web-application gives the designer 5 types of geometric determinants for modeling curve.

Web-приложение предоставляет дизайнеру 5 видов геометрических определителей для моделирования кривой.

Basic techniques in web-application are modeling the curve by using two types of dual geometric determinant of order 0 fixation (classified prof. V.A.Osipov) type as base polyline and as tangent polyline. Duality properties of geometric determinants of the form base polyline and tangent polyline defining the v-curve, is inherited from the property of the duality of geometric determinants of the form 5-point and 5-tangent, defining a conical curve. In modeling curve can take advantage of a tangent polyline to define the shape of the curve, as well as base polyline for positioning curve. In essence, these two methods are one way: a way to model the curve with the generalized dual determinant of order 0 fixation.

Базовыми методами в web-приложении являются методы моделирования кривой с применением двух дуальных видов геометрического определителя 0-го порядка фиксации (по классификации проф. В.А.Осипова) вида опорной ломаной и касательной ломаной. Свойство дуальности геометрических определителей вида опорной ломаной и касательной ломаной, определяющих v-кривую, наследуется из свойства дуальности геометрических определителей вида 5-ти точек и 5-ти касательных, определяющих коническую кривую. При моделировании кривой можно использовать преимущества как касательной ломаной для определения формы кривой, так и опорной ломаной для позиционирования кривой. По существу эти два метода представляют один способ: способ моделирования кривой с помощью обобщенного дуального определителя 0-го порядка фиксации.

The third type of geometric determinant is the base polygon of order 2 fixation (classified prof. V.A.Osipov), structuring modeled curve by specifying tangents, values of curvature and curvature vectors at each point of base polygon. By analogy with the type of data used to construct the Hermite polynomial, this type of data is called a geometric determinant of Hermite. In the algorithmic part of the determinant used schemes of the approximation by geometric rational Bezier spline.

Третьим видом геометрического определителя является опорная ломаная 2-го порядка фиксации (по классификации проф. В.А.Осипова), структурирующая моделируемую кривую заданием касательной, значения кривизны и вектора кривизны в каждой точке опорной ломаной. По аналогии с видом данных, используемых для построения полинома Эрмита, такой вид данных назовем геометрическим определителем Эрмита. В

алгоритмической части определителя используются схемы аппроксимации посредством геометрического рационального сплайна Безье, применяемые для аппроксимации  $v$ -кривой.

The fourth type of geometric determinant - generalized b-polygon (gb-polygon) of geometric Bezier spline. You can increase the degree (up to 10th) spline. To subdivide gb-polygon. To edit control vertices of gb-polygon. If geometric spline accurately approximates a conical curve (circle or ellipse), the geometric spline can be converted to the real spline curve the sixth degree (continuous with partial derivatives of order 5), and then increase the degree (up to 10th) and convert geometrically precise to a rational b-spline curve.

Четвертый вид геометрического определителя - обобщенный  $b$ -полигон ( $gb$ -полигон) геометрического сплайна Безье. Можно повышать степень (до 10-ой) сплайна. Уплотнять спецификацию (to subdivide gb-polygon) геометрического определителя. Редактировать управляющие точки  $gb$ -полигона. Если геометрический сплайн точно приближает коническую кривую (окружность или эллипс), то геометрический сплайн можно преобразовать в действительно сплайновую кривую 6-ой степени (непрерывную до частных производных 5-го порядка), а затем повысить степень (до 10-ой) и конвертировать геометрически точно в рациональную  $b$ -сплайновую кривую.

The fifth type of geometric determinant - s-polygon of b-spline curve. You can edit the control vertices of s-polygon. To subdivide s-polygon. Locally subdivide by adding nodes.

Пятый вид геометрического определителя -  $s$ -полигон  $b$ -сплайновой кривой. Можно редактировать управляющие точки  $s$ -полигона. Уплотнять спецификацию (to subdivide s-polygon) геометрического определителя. Локально уплотнять добавлением узловых точек.

(For details, theory of modeling curves of high quality presented in the author's publications online Spliner.ru -> library of articles.)

(Подробно теория моделирования кривых линий высокого качества представлена в публикациях авторов на сайте Spliner.ru -> библиотека статей).

## Data preparing

### Подготовка исходных данных

Original geometric determinants can be

- 1) prepared in CAD-systems and read in the format DXF;
- 2) were obtained from other pages building and editing curves;
- 3) read a sample of the lists of samples on the current page;
- 4) base polygon or tangent polygon can be prepared directly on the graphic screen by location of the control points.

Исходные геометрические определители могут быть

- 1) подготовлены в CAD-системах и считаны в формате DXF;
- 2) получены с других страниц построения и редактирования кривых;
- 3) считаны как образцы из списков образцов на текущей странице;
- 4) опорная ломаная или касательная ломаная могут быть подготовлены непосредственно на графическом экране размещением контрольных точек.

Curves of high quality are constructed in the format of geometrically rational Bezier spline or rational b-spline curve can be exported to CAD-system in the format DXF.

Построенные кривые высокого качества в формате геометрического рационального сплайна Безье или рациональной b-сплайновой кривой могут быть экспортированы в CAD-системы в формате DXF.

Original geometric determinants can be prepared in CAD-systems, and read them in the web-application. Built in web-application NURBS-curves of high quality can then be transmitted in CAD-systems. Standard mode of exchange with CAD-systems is carried through DXF-file pages NURBS3D, NURBzS3D. For the rapid exchange of data between the web-application and CAD systems AutoCAD 3D and KOMPAS special methods of exchange.

Исходные геометрические определители можно готовить в CAD-системах и считывать их в web-приложение. Построенные в web-приложении NURBS-кривые высокого качества

можно затем передавать в CAD-системы. Стандартный режим обмена с CAD-системами осуществляется посредством DXF-файлов на страницах NURBS3D, NURBzS3D. Для быстрого обмена данными между web-приложением и CAD системами AutoCAD и КОМПАС 3D разработаны специальные методы обмена.

### **Recommendations on technology of construction high-quality of curves**

#### **Рекомендации по технологии построения кривых высокого качества**

Prepare the initial data is in the CAD-systems, analysis of the quality and construction of NURBS curves of the high quality in web-application. Also combine the editing session NURBS curves in web-application and in a graphical environment CAD-systems. Use when editing in CAD-systems opportunities of osnaps, views and transformations.

Подготовку исходных данных выполняйте в CAD-системах, анализ качества и построение NURBS кривых высокого качества выполняйте в web-приложении. Также комбинируйте сеансы редактирования NURBS кривых в web-приложении и в графической среде CAD-систем. Используйте при редактировании в CAD-системах широкие возможности привязки, установки видов, преобразований.

### **Analysis of the quality of curves**

#### **Анализ качества кривых**

The most important quality parameters of the curve are the order of smoothness of the curve and the smoothness of the change of curvature (the number of extrema of curvature, the difference between the maximum and minimum curvature). These parameters in the web-application is evaluated by the curvature graph: 1) the curvature graph, built directly on the curve, or 2) the graph of the form  $F(x)$ .

Самыми важными параметрами качества кривой являются порядок гладкости кривой и плавность изменения кривизны (число экстремумов кривизны, разность между максимальным и минимальным значениями кривизны). Эти параметры в web-приложении оценивается по графикам кривизны: 1) по графику кривизны, построенной непосредственно на кривой или 2) по графику вида  $F(x)$ .

The next most important quality parameter is the value of the potential energy. It is believed that the two curves of the same order of smoothness, built on the same geometric determinant of the best curve has less potential energy. The potential energy is calculated for the elastic rods, deformed contour curve effortlessly stretch the physical parameters and constants given to one. Value numerically equal to the integral of the square of the curvature along the curve.

Следующим по важности параметром качества является значение потенциальной энергии. Считается, что из двух кривых одинакового порядка гладкости, построенных на одном и том же геометрическом определителе, лучшая кривая обладает меньшей потенциальной энергией. Потенциальная энергия вычисляется для упругой рейки, деформированной по контуру кривой без усилий растяжения с физическими параметрами и константами, приведенными к единице. Значение численно равно интегралу квадрата кривизны по длине кривой.

To assess the quality of curves except graphs curvature in web-application displays also the integral curve parameters: the length of of the curve the minimum and maximum values of the curvature, the value of the potential energy

Для оценки качества кривых кроме графиков кривизны в web-приложении выводятся также интегральные параметры кривой: длина кривой, минимальная и максимальная значения кривизны, значение потенциальной энергии.

To analyze the quality of curves in a graphical environment AutoCAD offers utilities `v_test.fas`. You can analyze any curves - circles, ellipses, splines. Spline polyline pre convert to real Spline. The utility generates two types of the curvature graph

- The curvature graph of the curve;
- graph of geometric centers of the circles of curvature.

The protocol in text window the AutoCAD displays the values of the integral characteristics curve (length, maximum curvature, minimum curvature, the potential energy curve).

Для анализа качества кривых в графической среде AutoCAD предлагается утилита `v_test.fas`. Можно анализировать любые кривые - окружности, эллипсы, сплайны. Сплайновые полилинии предварительно конвертируйте в реальный Сплайн. Утилита



формирует два вида графиков кривизны

- график кривизны над кривой;
- график геометрических центров окружностей кривизны.

В протокол в текстовом окне AutoCAD выводятся значения интегральных характеристик кривой (длина, максимальная кривизна, минимальная кривизна, потенциальная энергия кривой).

Comparative testing the quality of curves constructed in CAD-systems and improvements to web-application, shows a significant improvement of the quality of curves for the above parameters of quality.

Сравнительное тестирование качества кривых , построенных в CAD-системах и улучшенных в web-приложении, показывает существенное повышение качества кривых по приведенным выше параметрам качества.

### **1.1. The construction and editing a curve on a base polyline on page Polyline3D**

#### **1.1. Построение и редактирование кривой на опорной ломаной на странице Polyline3D**

Curve is constructed and edited on the base polygon. The modeled curve is exactly passes through vertices of base polygon. Form of base polyline Isogeometric determines the shape of the modeled curve. Base polygon can be equipped with a tangent vectors at the end points and the points of inflection, values and vectors of the curvature at the end points.

Кривая строится и редактируется на опорной ломаной. Моделируемая кривая точно проходит через точки опорной ломаной. Форма опорной ломаной изогеометрически определяет форму моделируемой кривой. Можно оснащать опорную ломаную касательными векторами в концевых точках и в точках перегиба, значениями и векторами кривизны в концевых точках.

In the process of building and editing the curve is approximated by the geometrical shape preserving cubic spline Bezier. You can approximate the shape preserving b-spline curve of high degree. Transition to a b-spline curve appropriate to carry on the plane and on the space curve

with lots of inflection and a space curve with severe torsion. In this case, improving the quality of curves on sites of inflection and ensures smooth torsion a spatial curve.

В процессе построения и редактирования кривая изогеометрически аппроксимируется геометрическим кубическим сплайном Безье. Можно изогеометрически аппроксимировать b-сплайновой кривой высокой степени. Переход к b-сплайновой кривой целесообразно выполнять на плоской и на пространственной кривой с участками перегиба и на пространственной кривой с выраженным кручением. В этом случае улучшается качество кривых на участках перегиба и обеспечивается плавность кручения пространственной кривой.

The method allows to accurately approximate the conic curves. Ensure a smooth change of curvature on base polyline of arbitrary shape. For closed curves ensures the continuity and smoothness of the change of curvature of the curve as a whole, including the point of closure of the curve. After creating the curve graphs of the curvature and the integral parameters of the curve displayed.

Метод позволяет точно приближать конические кривые. Обеспечивается плавность изменения кривизны на конфигурациях опорной ломаной произвольной формы. Для замкнутых кривых обеспечивается непрерывность и плавность изменения кривизны кривой в целом, включая точку замыкания кривой. После построения кривой выводятся график кривизны и интегральные параметры кривой.

## **1.2. The construction and editing a curve to a tangent polyline page Tangent3D**

### **1.2. Построение и редактирование кривой на касательной ломаной на странице Tangent3D**

Curve is constructed and edited on a tangent polyline. The modeled curve precisely matches the links of tangent polyline. Form a tangent polyline Isogeometric determines the shape of the modeled curve. You can equip the tangent polyline with fixed points on the links of inflection and values and curvature vectors at the endpoints.

Кривая строится и редактируется на касательной ломаной. Моделируемая кривая точно касается звеньев касательной ломаной. Форма касательной ломаной изогометрически определяет форму моделируемой кривой. Можно оснащать касательную ломаную фиксированными точками на звеньях участков перегиба и значениями и векторами кривизны в концевых точках.

In the process of constructing and editing the curve is approximated by the geometrical shape preserving cubic spline Bezier. You can approximate the shape preserving b-spline curve of high degree. Transition to a b-spline curve appropriate to carry on the plane and on the space curve with lots of inflection and a space curve with severe torsion. In this case, improving the quality of curves on sites of inflection and ensures smooth torsion a spatial curve.

В процессе построения и редактирования кривая аппроксимируется геометрическим рациональным кубическим сплайном Безье. Можно изогометрически аппроксимировать b-сплайновой кривой высокой степени. Переход к b-сплайновой кривой целесообразно выполнять на плоской и на пространственной кривой с участками перегиба и на пространственной кривой с выраженным кручением. В этом случае улучшается качество кривых на участках перегиба и обеспечивается плавность кручения пространственной кривой.

The method allows to accurately approximate the conic curves. Ensure a smooth change of curvature on tangent polyline of arbitrary shape. For closed curves ensures the continuity and smoothness of the change of curvature of the curve as a whole, including the point of closure of the curve. After creating the curve graphs of the curvature and the integral parameters of the curve displayed.

Точно приближаются конические кривые. Обеспечивается плавность изменения кривизны на конфигурациях касательной ломаной произвольной формы. Для замкнутых кривых обеспечивается непрерывность и плавность изменения кривизны кривой в целом, включая точку замыкания кривой. После построения кривой выводятся график кривизны и

интегральные параметры кривой.

### 1.3. The construction and editing curve in the geometric Hermite determinant page Hermite3D

### 1.3. Построение и редактирование кривой на геометрическом определителе Эрмита на странице Hermite3D

Curve is constructed and edited on a base polygon, structured the modeled curve of Hermite scheme by specifying the tangents, values of curvature and the curvature vector at each point of base polygon.

Кривая строится и редактируется на опорной ломаной, структурирующей моделируемую кривую по схеме Эрмита заданием касательной, значения кривизны и вектора кривизны в каждой точке опорной ломаной.

This method is recommended, especially for the approximation of analytic curves.

Данный метод рекомендуется использовать, прежде всего, для приближения аналитических кривых.

Geometric determinant of Hermite in web-application Isogeometric approximated by two kinds of NURBS-curves, geometrical rational Bezier spline of second order smoothness and b-spline curve of high degree  $m$  ( $m = 6/8/10$ ). Uses the same approximation schemes as the approximation of  $v$ -curve on the base and tangent polyline.

Геометрический определитель Эрмита в web-приложении изогеометрически аппроксимируется двумя видами NURBS-кривых: геометрическим рациональным сплайном Безье второго порядка гладкости и b-сплайновой кривой высокой степени  $m$  ( $m = 6 / 8 / 10$ ). Используются те же схемы аппроксимации, что и при аппроксимации  $v$ -кривой на опорной и касательной ломаной.

These approximation schemes are realize approximation of analytic curves of high accuracy.

Эти схемы аппроксимации реализуют приближение аналитических кривых высокой точности.

For the approximation of an arbitrary analytic curve to enter on page Hermite3D table of parameters of structuring analytic curve of Hermite scheme as a sequence of rows in a text format.

Для аппроксимации произвольной аналитической кривой необходимо ввести на странице Hermite3D таблицу параметров, структурирующих аналитическую кривую по схеме Эрмита, в виде последовательности строк в текстовом формате.

Row of the table contains the coordinates of the base point, the coordinates of the tangent vector of arbitrary length, the exact value of the curvature and the vector of the principal normal curve of arbitrary length (curvature vector). For planar curves can be given zero coordinates of principal normal. If set the zero vectors of the principal normal to the curve of space, the program will set the default value.

Строка таблицы включает координаты опорной точки, координаты касательного вектора произвольной длины, точное значение кривизны и вектора главной нормали кривой произвольной длины (вектора кривизны). Для плоских кривых можно задавать нулевые значения координат главной нормали. Если заданы нулевые значения координат векторов главной нормали для пространственных кривой, то программа установит значения по умолчанию.

An important resource for modeling of curves of high quality - analytic curves of the gold reserve of wonderful mathematical curves:

conic curves,

clothoid (Cornu spiral)

catenary and other wonderful mathematical curves.

Важный ресурс моделирования кривых высокого качества - аналитические кривые из золотого фонда замечательных математических кривых:

конические кривые,

клотоида (спираль Корню),

цепная линия и другие замечательные кривые.

These curves have already found applications in engineering, architecture and construction of contours ships, road alignment, profile dome.

Эти кривые уже нашли применение в технике, архитектуре и строительстве при моделировании обводов судов, трасс дорог, профилей куполов храмов.

Preparation of parameters of geometric determinant of Hermite for approximation can be performed in MathCAD. The description in the "[Analytic Curves to Excel.html](#)" sample preparation table to approximate the initial section of a spiral with a document Clothoid.xmcd. If you have installed on your computer MathCAD 14, use a "living" document "Analytic Curves to Excel.xmcd". Load the document on Main Page > button [Download].

Подготовку параметров геометрического определителя Эрмита для аппроксимации можно выполнять в MathCAD. Приводится описание в "[Analytic Curves to Excel.html](#)" примера подготовки таблицы для аппроксимации начального участка клотоиды с использованием документа Clothoid.xmcd. Если у Вас на компьютере установлен MathCAD 14, используйте "живой" документ "Analytic Curves to Excel.xmcd". Загрузите документ на Главной Странице > кнопка [Download].

Document "Analytic Curves to Excel.html" is html-document copy of MathCAD document. With the document is available to study the scheme of preparation of geometric parameters determinant of the Hermite for the approximation of analytic curves in MathCAD. Edit the document to prepare the parameters of approximation of an arbitrary analytic curve.

Документ "Analytic Curves to Excel.html" является html-копией документа MathCAD. С помощью документа можно ознакомиться со схемой подготовки параметров геометрического определителя Эрмита для аппроксимации аналитических кривых в MathCAD.

Отредактируйте документ для подготовки параметров аппроксимации произвольной аналитической кривой.

Some examples, samples of analytical curves (plane and space), you can use the page Hermite3D.

Некоторые примеры-образцы аналитических кривых (плоских и пространственных) вы можете использовать на странице [Hermite3D](#).

Transferring to editing curve on Hermite scheme should also be used for the final local editing of the curves constructed on the base and tangent polyline.

Переход на редактирование кривой по схеме Эрмита рекомендуется также использовать для окончательного локального редактирования кривых, построенных на опорной и касательной ломаной.

#### **1.4. Editing NURBS curves on pages NURBS3D and NURBzS3D**

#### **1.4. Редактирование NURBS-кривых на страницах NURBS3D и NURBzS3D**

##### **Formats of models of NURBS curves**

##### **Форматы представления NURBS кривых**

In the web-application spline curve can have two date formats or two types of geometric determinant. In the form of s-polygon of b-spline curve (NURBS curve) or in the form of a generalized b-polygon (gb-polygon) of spline curve Bezier (NURBzS curve). You can switch from one kind of geometric determinant of spline curve to another using the so-called SB-algorithm and the BS-algorithm.

В web-приложении сплайновая кривая может иметь два формата представления или два вида геометрических определителя. В виде s-полигона b-сплайновой кривой (NURBS кривой) или в виде обобщенного b-полигона сплайновой кривой Безье (NURBzS кривой). Можно переходить от одного вида геометрического определителя сплайновой кривой к другому с помощью т.н. SB-алгоритма и BS-алгоритма.

On the page NURBS3D can be converted b-spline curve into Bezier spline curve (in fact, change the geometric determinant s-type polygon of spline curve on geometric determinant generalized b-polygon). Next, you need to edit the NURBzS curve on page NURBzS3D.

На странице NURBS3D можно конвертировать b-сплайновую кривую в представление сплайновой кривой Безье (по сути, изменить геометрический определитель сплайновой кривой вида s-полигона на геометрический определитель вида обобщенного b-полигона). После этого необходимо перейти к редактированию NURBzS кривой на странице NURBzS3D.

Conversely, on page NURBzS3D of editing Bezier spline curve using the generalized b-polygon can go to b-spline curve, ie change the geometric determinant as generalized polygon on geometric determinant as s-polygon. Next, you need to edit NURBS curve on page NURBS3D. This procedure BS-conversion can not be realized to a geometric Bezier spline curve (GNURBzS curve).

И, наоборот, на странице NURBzS3D редактирования сплайновой кривой Безье с помощью обобщенного b-полигона можно перейти к b-сплайновой кривой, т.е. изменить геометрический определитель сплайновой кривой вида обобщенного b-полигона на геометрический определитель вида s-полигона. После этого необходимо перейти к редактированию NURBS кривой на странице NURBS3D.

Данная процедура BS-конвертирования не может быть реализована к геометрической сплайновой кривой Безье (GNURBzS кривой).

In the case that the geometric Bezier spline curve is a conical curve (curve of degree 2) geometric spline can be transformed to a real spline curve in the format Bezier sixth degree, continuous up to 5-th derivatives, using the original algorithm. Then you can raise the degree of the curve to NURBzS  $m = 6/7/8/9/10$  and convert using BS-algorithm in the b-spline representation.

В случае совпадения геометрической сплайновой кривой Безье с конической кривой (кривой 2-го порядка) можно перейти к реальной сплайновой кривой в формате Безье 6-ой степени, непрерывной до 5-х производных, с помощью оригинального алгоритма. Затем можно поднять степень NURBzS кривой до  $m = 6/7/8/9/10$  и преобразовать с помощью BS-алгоритма в b-сплайновое представление.



#### **1.4.1. Editing geometric Bezier spline curve on gb-polygon on page NURBzS3D**

#### **1.4.1. Редактирование геометрической сплайновой кривой Безье на gb-полигоне на странице NURBzS3D**

In the web-application provides the following functions for editing Bezier spline curve:

You can increase the power (up to 10th) spline. Subdivide gb-polygon. Edit control vertices of gb-polygon. If geometric spline accurately approximates a conical curve (circle or ellipse), the geometric spline can be converted to the real spline curve of sixth degree (with continuous partial derivatives of order 5), and then increase the degree (up to 10th) and convert geometrically precise to a rational b-spline curve.

В web-приложении реализованы следующие функции редактирования сплайновой кривой Безье:

Можно повышать степень (до 10-ой) сплайна. Уплотнять спецификацию (to subdivide gb-polygon) геометрического определителя. Редактировать управляющие точки gb-полигона. Если геометрический сплайн точно приближает коническую кривую (окружность или эллипс), то геометрический сплайн можно преобразовать в действительно сплайновую кривую 6-ой степени, непрерывную до частных производных 5-го порядка, а затем повысить степень (до 10-ой) и конвертировать геометрически точно в рациональную b-сплайновую кривую.

#### **1.4.2. Editing b-spline curve on s-polygon on the page NURBS3D**

#### **1.4.2. Редактирование b-сплайновой кривой на s-полигоне на странице NURBS3D**

In the web-application provides the following editing features b-spline curve:

You can edit the control vertices of s-polygon. Subdivide s-polygon. Locally subdivide by adding nodes.

В web-приложении реализованы следующие функции редактирования b-сплайновой кривой:

Можно редактировать управляющие точки s-полигона. Уплотнять спецификацию (to subdivide s-polygon) геометрического определителя. Локально уплотнять добавлением узловых точек.

## **Formats of s-polygon**

### **Форматы s-полигона**

The application can be used in two formats of forming of "endings" of s-polygon of NURBS curve - open floating (float) and closed (clamped). When editing a closed b-spline curves on a uniform grid is recommended to set the floating point format of spline curve. In this format when editing any node will maintain a high order of smoothness ( $m-1$ ) of spline curve of degree  $m$  as a whole at the junction of the first and the last segment.

В приложении может использоваться два формата оформления "законцовок" s-полигона NURBS кривой: открытый, плавающий (float) и закрытый (clamped). При редактировании замкнутых b-сплайновых кривых на равномерной сетке рекомендуется установить плавающий формат сплайновой кривой. В этом формате при редактировании любой вершины будет сохраняться высокий порядок гладкости ( $m-1$ ) сплайновой кривой в целом в точке стыка первого и последнего сегмента.

For high-quality editing of end sections of open curve is also recommended to install the floating format of "endings" of s-polygon. Or, at least, to use the floating format for the quality control of the curve at the ends of the curve. In a closed format the influence of control vertices near the ends of the curve, the shape of the curve is extremely unstable, especially at high degrees of spline. This is easily verified as follows. Change the position of the second or third vertex of s-polygon in the clamped format, so that, in your opinion, the quality of the curve does not get worse. Go to the floating format. Form s-polygon will change and probably the worse.

Differential characteristics of spline curve defined of divided differences of s-polygon in an open format. So harmonious, regular, regular form s-polygon in an open format is a necessary condition for high-quality spline curve.

Для качественного редактирования концевых участков незамкнутой кривой рекомендуется также устанавливать плавающий формат "законцовок" s-полигона. Или,

хотя бы, использовать плавающий формат для контроля качества кривой на концевых участках кривой. В закрытом формате влияние управляющих точек, близких к концам кривой, на форму кривой крайне неустойчиво, особенно, при высоких степенях сплайна. Это легко проверяется следующим образом. Измените позиции 2-ой или 3-ей точки s-полигона в зажатом формате, так, что, по вашему мнению, качество кривой не ухудшится. Перейдите к плавающему формату. Форма s-полигона изменится и, скорее всего, в худшую сторону. Дифференциальные характеристики сплайновой кривой определяются разделенными разностями s-полигона в открытом формате. Поэтому гармоничная, правильная, регулярная форма s-полигона в открытом формате является необходимым условием высокого качества сплайновой кривой.

## 2. Construction and editing of surfaces on the page Surface3d

### 2. Построение и редактирование поверхностей на странице Surface3d

Page is intended to construct and edit the surface on the 3D Mesh of base points / on tangent polyhedron, built on the 3D Mesh of points / 3D Mesh, composed of set of s-polygons of b-spline curves / 3D Mesh of vertices of s-polyhedron of b-spline surface.

Страница предназначена для построения и редактирования поверхности на опорной сети точек / касательном многограннике, построенном на сети точек / сети точек, составленной из s-полигонов b-сплайновых кривых / сети точек s-многогранника-сплайновой поверхности.

Model of the surface is called the determinant. Determinant consists of geometric part or of geometric determinant (GD) and the algorithmic part.

Модель поверхности называется определителем. Определитель состоит из геометрической части или геометрического определителя (ГО) и алгоритмической части.

The construction and editing surface is made by setting and changing its parameters of geometric determinant (GD).

Построение и редактирование поверхности производится посредством задания и изменения параметров ее геометрического определителя (ГО).

To model the surface, you can use 9 types of geometric determinants:

- base 3D Mesh – base mesh, two-dimensional array of base points, the points of which belong to the surface, but, in general, base points do not coincide with the nodal points of the spline surface;
- extended U base 3D Mesh. Rows of extended 3DMesh define extended polylines, the boundary points of which do not belong to the curve and define the ends of the tangent vectors of the curve;

- extended V base 3D Mesh. . Columns of extended 3DMesh define extended polylines, the boundary points of which do not belong to the curve and define the ends of the tangent vectors of the curve.
- extended UV base 3D Mesh. 3D Mesh is extended in the direction of U and in the direction of V. Corner points of the expanded network define network cells in which the vectors of the mixed derivatives at the corner points of spline surface lie.
- tangent U 3D Mesh, those rows are the tangent polylines;
- tangent V 3D Mesh, those columns are tangent polylines;
- tangent UV 3D Mesh, those sells are tangent to surface;
- V 3D Mesh, those rows are s-polygons of b-spline curves;
- S 3D Mesh – s-polyhedron of b-spline surface.

Для моделирования поверхности можно использовать 9 видов геометрических определителей:

- base 3D Mesh - опорная сеть, двумерный массив опорных точек, точки которой принадлежат поверхности, но в общем случае опорные точки не совпадают с узловыми точками сплайновой поверхности;
- extended U 3D Mesh - расширенная опорная сеть, граничные столбцы которой определяют концы касательных векторов в точках 2-го и предпоследнего столбцов расширенной сети. Строки расширенной сети определяют расширенные строки-ломаные, граничные точки которых не принадлежат кривой, а определяют концы касательных векторов кривой
- extended V 3D Mesh - расширенная опорная сеть, граничные строки которой определяют концы касательных векторов в точках 2-го и предпоследнего строк расширенной сети. Столбцы расширенной сети определяют расширенные столбцы-ломаные, граничные точки которых не принадлежат кривой, а определяют концы касательных векторов кривой;
- extended UV 3D Mesh - сеть расширена в направлении U и в направлении V, угловые точки расширенной сети определяют ячейки сети, в которых лежат векторы смешанных производных в угловых точках отсека сплайновой поверхности;
- tangent U 3D Mesh - сеть, строки которой касательные ломаные;
- tangent UV 3D Mesh - сеть, ячейки которой касаются поверхности;
- tangent V 3D Mesh - сеть, столбцы которой касательные ломаные;
  
- V 3D Mesh - сеть, строки которой s-полигоны b-сплайновых кривых;
- S 3D Mesh - сеть – s-многогранник b-сплайновой поверхности.

There are two kinds of determinant of NURBS surfaces:

1) NURBzS surface. The surface consists of analytic patches of rational Bezier surface.

Algorithmic part of the determinant is the procedures

a) of constructing on base 3D Mesh the network of virtual of curves of high quality (v-curves) by the shape preserving approximation of virtual curves by NURBzS cubic curves (rational Bezier spline curves);

b) the procedure of constructing bicubic NURBzS surface on a network of NURBzS cubic curves (rational Bezier spline curves) by the shape preserving approximation.

Используются два вида определителя NURBS поверхности:

1) NURBzS поверхность. Поверхность состоит из аналитических участков рациональных поверхностей Безье. Алгоритмическая часть определителя состоит из процедур

a) построения на 3D сети точек сети виртуальных кривых высокого качества (v-кривых), изогеометрической аппроксимации сети виртуальных кривых кубическими NURBzS кривыми (рациональными сплайновыми кривыми Безье),

b) изогеометрической аппроксимации сети кубических NURBS кривых кубической NURBS поверхностью.

2) NURBS surface. Algorithmic part of the determinant consists of two procedures:

- The procedure for constructing on the rows of 3D Mesh the frame of forming  $v$ -curves and the approximation by frame b-spline curves of high degree  $m$  ( $m = 6/8/10$ );
- The procedure for constructing the frame of direct  $v$ -of curves on the columns of the network ( $v$ -polyhedron), composed of  $s$ -polygons of form b-spline curves, the approximation of  $v$ -curves by b-spline curves of high degree  $n$  ( $n = 6/8/10$ ). Network of vertices of  $s$ -polygons of direct b-spline curve is  $s$ -polyhedron b-spline surface of high degrees  $(m, n)$ , ( $n, m = 6/8/10$ ).

2) NURBS поверхность. Алгоритмическая часть определителя состоит из двух процедур:

- процедуры построения каркаса образующих  $v$ -кривых и изогеометрической аппроксимации каркаса  $b$ -сплайновыми кривыми высокой степени  $m$  ( $m = 6 / 8 / 10$ );
- процедуры построения направляющих  $v$ -кривых на столбцах сети ( $v$ -многогранника), составленной из  $s$ -полигонов образующих  $b$ -сплайновых кривых, изогеометрической аппроксимации  $v$ -кривых  $b$ -сплайновыми кривыми высокой степени  $n$  ( $n = 6 / 8 / 10$ ). Сеть вершин  $s$ -полигонов направляющих  $b$ -сплайновых кривых представляет  $s$ -многогранник  $b$ -сплайновой поверхности высоких степеней  $(m, n)$ , ( $m, n = 6 / 8 / 10$ ).

### 3. Examples and exercises

### 3. Примеры и упражнения

[>details>](#)

[>подробнее>](#)