

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Лешихина И. Е.

Пирогова М.А.

Сборник лабораторных работ

по курсу

ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА, часть 2

Лабораторная работа №5. Способы построения поверхностных моделей на основе кривых. Поверхностные модели, построенные по кинематическому принципу. Поверхность Кунса. Редактирование поверхностных моделей

Москва

2014

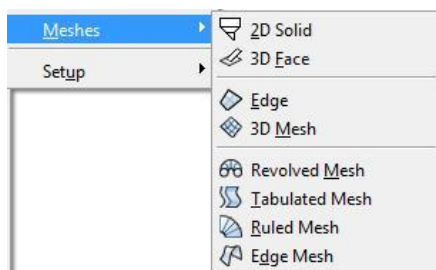
Цель лабораторной работы

Целью лабораторной работы является освоение команд AutoCAD, которые используются при создании трехмерных поверхностных моделей, построенных на основе кривых; изучению команд редактирования поверхностных моделей, построенных на основе полигональных сеток.

Пояснение к заданию

Поверхности, построенные на основе кривых, в AutoCAD могут быть созданы с помощью полигональных сеток (группа команд Mesh) или с помощью команд твердотельного моделирования, в случае использования незамкнутых контуров. В данной лабораторной работе рассматриваются только поверхностные модели, построенные на основе полигональных сеток.

Эти команды можно вызвать из падающего меню *Draw/Modeling/Meshes*.



С помощью этих команд могут быть построены поверхности по кинематическому принципу: поверхность вращения – команда *Revolved Mesh*, поверхность перемещения – *Tabulated Mesh*, поверхность соединения – *Ruled Mesh*, поверхность *Купца* – *Edge Mesh*.

Для формирования таких поверхностей необходимо сначала задать некоторые примитивы, которые будут определять поверхность. Это может быть профиль (сечение) поверхности, таких профилей может быть не один, а несколько; отрезок прямой или кривая, определяющие направление перемещения поверхности или ось вращения.

Поверхность вращения

Команда позволяющая построить такую поверхность - *Revolved Mesh*. Построение поверхности вращения происходит в результате поворота определяющей (образующей) кривой вокруг выбранной оси вращения. Образующая кривая – отрезок, дуга, круг, полилиния или 3D полилиния. Ось вращения – отрезок или незамкнутая полилиния.

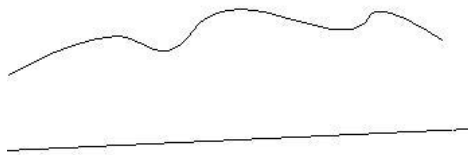
При формировании поверхности вращения необходимо правильно задать начальный и центральный углы. Начальный угол - отступ начала поверхности вращения от определяющей кривой. Если он не равен 0, то генерация поверхности начинается после поворота на этот угол, а не с образующей кривой. Центральный угол задает угол поворота кривой вокруг оси вращения. Угол равен 0 – полный круг, угол меньше 360 гр. – поверхность разомкнута.

Диалог данной команды происходит через командную строку и выглядит следующим образом:

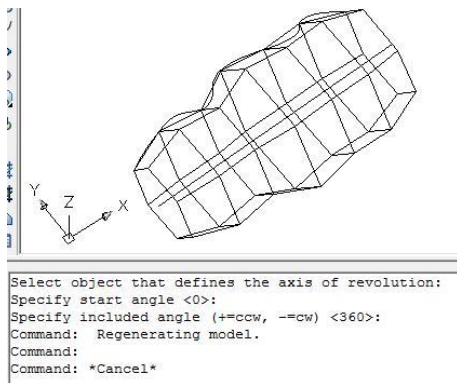
```
Select object that defines the axis of revolution:  
Specify start angle <0>:  
Specify included angle (+=ccw, -=cw) <360>:  
Command: Regenerating model.
```

Плотность полигональной сетки, аппроксимирующей поверхность вращения, определяется переменными **Surftab1** и **Surftab2**.

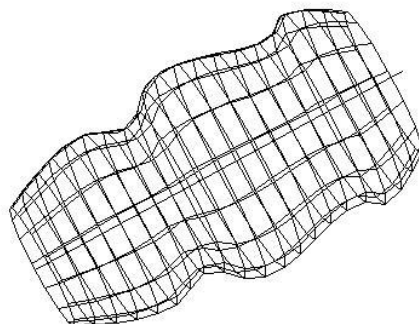
Пусть необходимо построить поверхность вращения полилинии относительно отрезка прямой, показанных ниже.



Если переменная **Surftab1=6** и **Surftab2=6**, то поверхность вращения будет выглядеть следующим образом:



Если **Surftab1=15** и **Surftab2=20**, то результирующая поверхность будет выглядеть более сглаженной.



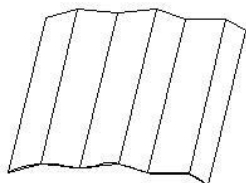
Поверхность перемещения

Поверхность перемещения может быть построена с помощью команды *Tabulated Mesh*. Данная команда позволяет построить полигональную сетку, определяющую поверхность, полученную в результате сдвига заданного трехмерного примитива (сечения поверхности) в направлении, определенном вектором, который может быть задан отрезком прямой.

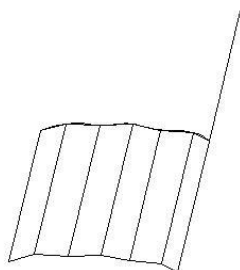
Диалог команды выглядит следующим образом:

```
Current wire frame density: SURFTAB1=6  
Select object for path curve:  
Select object for direction vector:
```

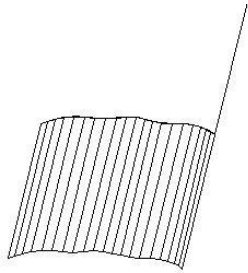
Направление перемещение может быть изменено, если при выборе точки на векторе, определяющем направление перемещения. Если эта точка находится ближе к началу вектора, то перемещение будет происходить по направлению вектора. Поверхность, полученная в этом случае, показана на рисунке ниже.



Если точка находится ближе к концу вектора, то перемещение будет происходить в направлении, противоположном направлению вектора. Такая поверхность показана на рисунке ниже



Плотность полигональной сетки, задающей поверхность перемещения, определяется только одной переменной - **Surftab1**. Предыдущая поверхность построена при значении переменной **Surftab1=6**. Ниже показана та же поверхность при значении переменной **Surftab1=20**.



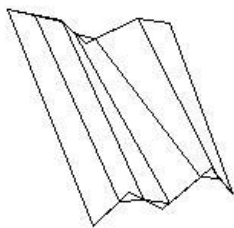
Важное замечание: Для того чтобы при построении поверхности перемещения получилась действительно поверхность, а не плоскость, необходимо, чтобы сечение поверхности, заданное трехмерным примитивом, и вектор направления перемещения находились в разных плоскостях. Этого можно добиться при использовании *UCS*.

Поверхность соединения

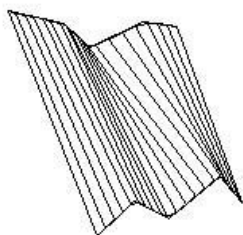
Поверхность соединения может быть построена с помощью команды *Ruled Mesh*. Данная команда позволяет построить полигональную сетку, аппроксимирующую поверхность, натянутую на две заданные линии. Требуется указать два примитива, определяющие края поверхности соединения (образующие поверхности соединения). Ими могут быть: отрезки, точки, дуги, окружности, 3D полилинии. Если одна граница поверхности замкнута, то и другая тоже должна быть замкнута. Диалог команды выглядит следующим образом:

```
Current wire frame density: SURFTAB1=6  
Select first defining curve:  
Select second defining curve:
```

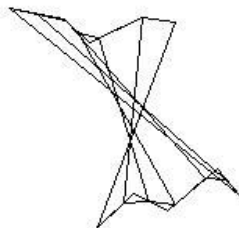
Число сегментов результирующей полигональной сетки определяется системной переменной **Surftab1**. Если переменная **Surftab1=6**, то поверхность соединения будет выглядеть следующим образом:



Поверхность соединения, построенная на основе тех же кривых, но при другом значении переменной **Surftab1=20**, показана на следующем рисунке.



Вид результирующей поверхности может быть изменен, если при выборе кривых в диалоге команды изменить положение определяющих точек.



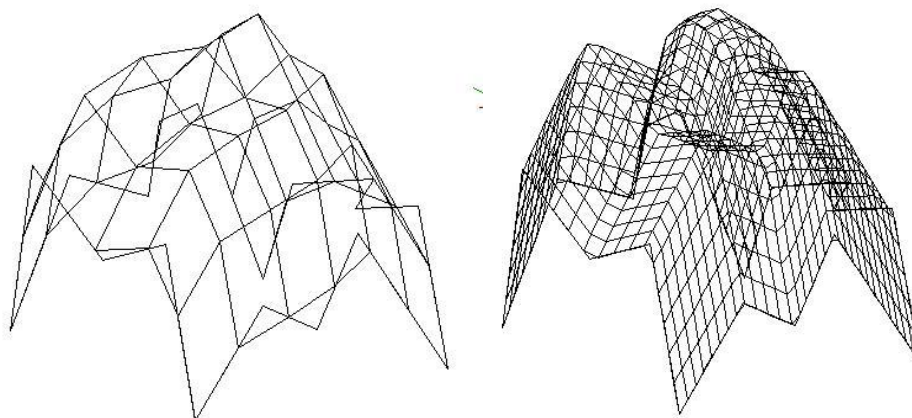
Важное замечание: Также как и в случае построения поверхности перемещения для того, чтобы поверхность соединения была действительно поверхностью, а не плоскостью, необходимо, чтобы образующие кривые находились в разных плоскостях.

Поверхность Кунса

Поверхность Кунса может быть построена с помощью команды **Edge Mesh**. Данная команда позволяет построить поверхность по четырем смыкающимся кривым (необходимо, чтобы последняя точка первой кривой совпадала с началом второй кривой, последняя точка второй кривой совпадала с началом третьей кривой, последняя точка третьей кривой совпадала с первой точкой четвертой кривой и последняя точка четвертой кривой совпадала с первой точкой первой кривой). Диалог команды выглядит следующим образом:

```
Current wire frame density: SURFTAB1=6 SURFTAB2=6
Select object 1 for surface edge:
Select object 2 for surface edge:
Select object 3 for surface edge:
Select object 4 for surface edge:
```

Поверхность Кунса при обращении к данной команде представляет собой аппроксимирующую полигональную сетку. В этом случае число сегментов в сетке определяется переменными **Surftab1**, **Surftab2**. Для построения такой поверхностной модели необходимо, чтобы все кривых не располагались в одной плоскости. Ниже показаны две поверхности Кунса, построенные на основе одних и тех же кривых. Первая поверхность построена при значении переменных **Surftab1=6**, **Surftab2=6**, а вторая = при значении переменных **Surftab1=20**, **Surftab2=30**.



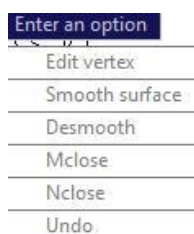
Во втором случае поверхность выглядит более сглаженной.

Редактирование поверхностных моделей

Плоские ячейки полигональных сеток, созданных с помощью выше рассмотренных команд, могут быть аппроксимированы кусками поверхностей, если образующие кривые полигональных сеток заменить В-сплайн кривыми второй или третьей степени или кривыми Безье. Тогда каждый плоский кусок полигональной сетки будет заменен куском соответствующей поверхности.

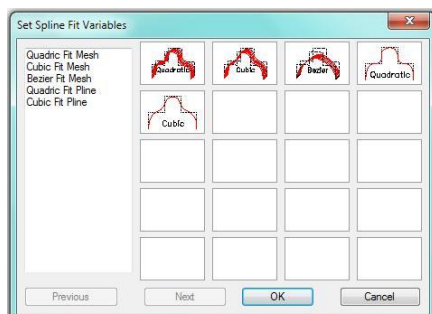
Аппроксимировать полигональные сетки можно двумя способами:

1. В случае первоначальной аппроксимации полигональной сетки необходимо использовать команду редактирования полилиний – *Modify/Object/Polyline*, предварительно изменив значения системных переменных *Surfu* и *Surfv*.
Опции команды редактирования полигональной сетки в случае включенного динамического режима выглядят следующим образом:



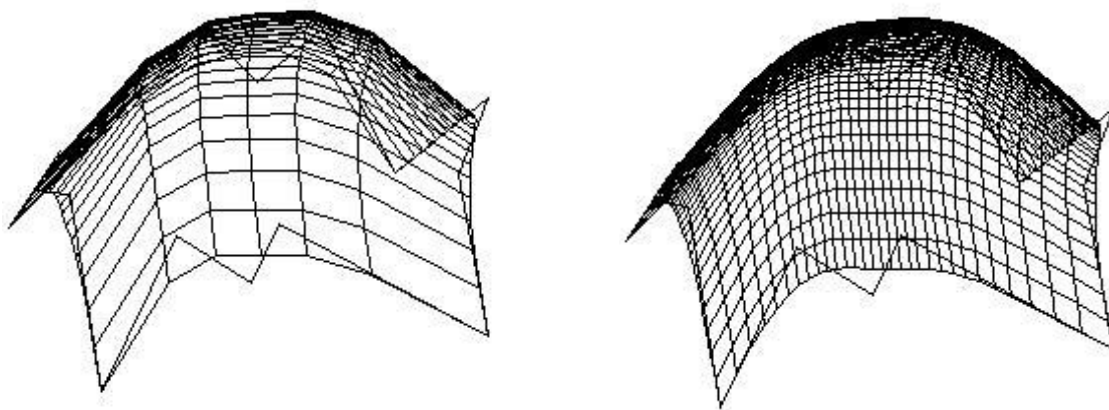
Для сглаживания поверхности используется опция *Smooth surface* в диалоге команды редактирования полигональной сетки. Если сглаживающая поверхность уже построена и требуется убрать сглаживание, то следует задать опцию *Desmooth*.

Опция *Edit vertex* позволяет редактировать вершины аппроксимирующих кривых. Опции *Mclose* и *Nclose* позволяют замкнуть поверхность в двух различных направлениях. Выбором класса сглаживающей поверхности можно управлять с помощью системной переменной *Surftype* (=5 –В-сплайн 2-ого порядка, =6-В-сплайн 3-его порядка, =8 –поверхность Безье). Управлять выбором типа аппроксимирующей поверхности удобнее через экранное меню, используя опцию *PolyVars*, выбор которой позволяет вызвать диалоговое графическое окно, в котором и выбирается тип аппроксимации.



Точность аппроксимации полигональной сетки поверхностью управляется с помощью системных переменных *Surfu* и *Surfv* (определяют количество сглаживающих кривых в двух направлениях). Ниже показано влияние этих системных переменных на вид

результатирующей поверхности. В первом случае значение обеих системных переменных – 6, во втором случае – $Surfu=30$, $Surfv=50$.



2. В случае если полигональная сетка была уже аппроксимирована, но необходимо изменить значения системных переменных и тип аппроксимации, то это можно сделать через окно *Properties*

Properties window showing the Mesh section:

Property	Value
M closed	No
N closed	No
M densi...	31
N densi...	51
M verte...	7
N verte...	7

Fit/Smo...: Cubic

Specifies the polygonmes: Cubic

Bezier

Surfu, Surfv - можно изменить

Surftab1, Surftab2 - константы

Выбор типа аппроксимации

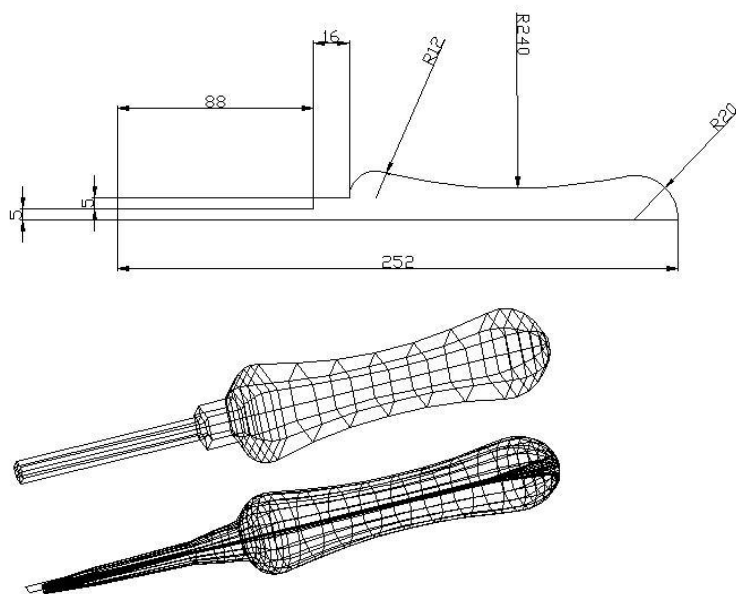
Замечание. Для аппроксимации поверхности вращения и поверхности Кунса могут быть выбраны любые из трех поверхностей; для аппроксимации поверхности соединения и поверхности перемещения могут использоваться только поверхности Безье. Аппроксимация полигональных сеток может происходить только в случае, если значение системных переменных *Surftab1* и *Surftab2* не изменялись, т.е. равны 6.

Если необходимо построить несколько различных поверхностей на основе одних и тех же примитивов удобно использовать разные слои для каждой из поверхностей.

Лабораторное задание

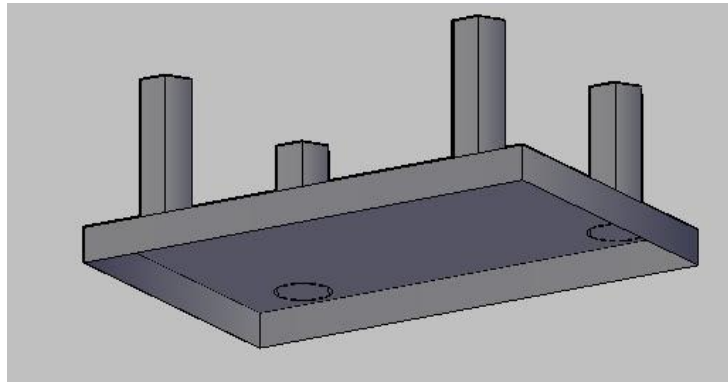
1. Освоить работу команды построения поверхности вращения - ***Revolved Mesh***. Построить поверхность вращения, используя сечение, заданное преподавателем. Аппроксимировать полученную полигональную сетку одной из поверхностей. Убедиться в том, что поверхность вращения может быть аппроксимирована любым типом поверхностей (B-сплайн поверхность 2-ой и 3-ей степени, поверхность Безье).

Ниже показан пример сечения, используемого для построения поверхности вращения, и результаты выполнения команды ***Revolved Mesh*** и результат аппроксимации полигональной сетки.



2. Освоить команду построения поверхности соединения - ***Ruled Mesh*** и поверхности перемещения - ***Tabulated Mesh***. Используя команды построения поверхности перемещения и соединения, создать трехмерную поверхностьную модель, заданную преподавателем. Убедиться в том, что поверхности данного типа могут быть аппроксимированы только с помощью поверхности Безье.

Пример трехмерной модели, показан ниже.



3. Изучить принцип работы команды **Edge Mesh**. Построить с помощью этой команды поверхность Кунса на основе четырех смыкающихся по крайним точкам кривых. Предварительно, используя различные **UCS**, разместить эти кривые в разных плоскостях. Убедиться в том, что поверхность Кунса может быть аппроксимирована с помощью любых из трех доступных в **AutoCAD** способов аппроксимации.
4. Выполнить построение поверхностных моделей различных типов на основе одних и тех же примитивов.

Контрольные вопросы

1. Какие способы построения поверхностных моделей по кинематическому принципу вы знаете?
2. Какие основные этапы необходимо выполнить при построении поверхности вращения?
3. Какие особенности построения поверхности соединения и перемещения?
4. Дайте определение поверхности Кунса? Какая команда **AutoCAD** используется для построения этой поверхности?
5. Что такое аппроксимация полигональной сетки?
6. Какие системные переменные влияют на тип аппроксимации, какие типы аппроксимации вам известны?
7. Какие системные переменные влияют на степень сглаженности полигональной сетки?
8. Как можно повлиять на вид аппроксимирующей поверхности через окно **Properties**?