

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ

В.А. Романова<sup>1</sup>, Г.Н. Оськина<sup>2</sup>,  
Жиль-улбе Матъе<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра прочности материалов и конструкций

<sup>2</sup>Кафедра начертательной геометрии

Инженерный факультет

Российский университет дружбы народов

ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Рассмотрен алгоритм создания мини-фильма «Визуализация образования поверхностей вращения», по методическому назначению являющегося электронным дидактическим материалом по курсам «Компьютерная графика» и «Начертательная геометрия».

**Ключевые слова:** алгоритм, поверхность, образующая прямая, направляющая прямая, AutoCAD, AutoLisp, визуализация.

В статье рассматривается возможность визуализации процесса образования поверхностей вращения в среде AutoCAD с использованием программ, составленных на языке AutoLisp. Алгоритм программ опирается на материал учебников по дисциплине «Начертательная геометрия» для российских вузов. Реализация программ в AutoCAD является, по существу, мини-фильмом, содержащим совокупность текстового и иллюстративного материала. Изображение графических построений в трехмерном пространстве с использованием цветной палитры AutoCAD усиливает выразительность изображения поверхностей и их элементов. В связи с этим использование мини-фильмов в учебном процессе способствует лучшему усвоению учащимися учебного материала. Мини-фильмы могут демонстрироваться на лекциях и практических занятиях, а использование их учащимися в самостоятельной работе способствует развитию у них навыков творческой деятельности.

Образование поверхностей вращения происходит при вращательном движении образующей кривой  $q$  вокруг неподвижной прямой  $j$ , расстояние от которой до оси  $x$  равно  $a$ . Прямая линия  $j$  называется осью вращения (рис. 1). Точки, принадлежащие кривой  $q$ , описывают при вращении окружности, которые называют параллелями. Центры всех параллелей находятся на оси  $j$ . Кривые в сечениях поверхности плоскостями, содержащими ось  $j$ , называют меридианами [1].

Формирование поверхностей вращения выполняется кинематическим способом — вращением образующей кривой вокруг неподвижной оси. В языке AutoLisp для построения таких поверхностей в AutoCAD имеется функция Revolve, которая требует выполнения следующего условия: *образующая линия должна располагаться с одной стороны относительно оси (The object should be on one side of the axis.), при этом образующая линия и ось вращения не должны пересекаться.*

Рассмотрим образование поверхности вращением вокруг оси  $j$  кривой, заданной уравнением

$$y = k \sin cf,$$

где  $k$  и  $c$  — параметры, с помощью которых можно изменять форму образующей линии.

Форма поверхности определяется как параметрами  $k$  и  $c$ , так и расстоянием от оси вращения  $j$  до оси  $x$ . В первом варианте принято:

$$a = 35, k = 28, c = 1, 0.$$

С целью обеспечения плавности образования поверхности решение задачи выполняется в два этапа [4]:

1) формирование блока из массива отсеков поверхности, в котором каждый отсек расположен в созданном для него слое. Слои перед визуализацией «замораживаются»;

2) демонстрация процесса образования поверхности путем разрушения блока и «размораживания» слоев с отсеками.

Приведем **алгоритм первого этапа образования поверхности**:

- 1) загрузка в AutoCAD необходимого числа слоев;
- 2) установка в чертеже юго-восточного изометрического вида;
- 3) вычерчивание образующей линии и оси вращения в начальном положении (рис. 1);
- 4) формирование отсеков поверхности и создание блока.

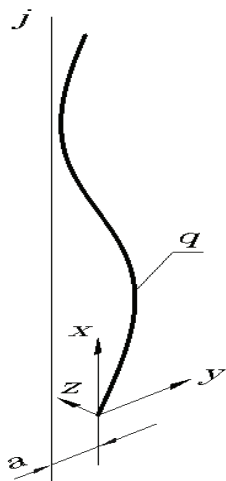


Рис. 1. Элементы поверхности вращения



Рис. 2. Образование поверхности вращения

Первые три пункта алгоритма в особых пояснениях не нуждаются.

До формирования отсеков для них создается визуальный стиль — «реалистический», в котором толщина линий силуэта принимается равной 2, каркасные линии не показывать, цвет поверхности — номер 40.

Формирование отсеков выполняется в цикле с параметрами  $i$  и  $f$ . Параметр  $i$  используется для образования имени слоя для каждого отсека. При заданной ве-

личине  $i$  устанавливается соответствующий ей слой, в котором формируется один отсек. Параметр  $f$  необходим для выполнения команды *Revolve*, выполняющей образование отсеков. Величина отсека зависит от угла  $\varphi$ . Фрагмент программы для образования отсеков приведен ниже:

```
(command "vscurrent" "r" )
(setvar "vssilhwidth" 2)
(setvar "vsedges" 0)
(command "_color" "40")
(setq fig 10 dfi 10 fimax 360 i 1)
(while (<= fig fimax)
(setq nsloy (strcat "vent" (itoa i)) )
(command "layer" "s" nsloy "")
(command "delay" 100)
(command "_revolve" e1 "" '(0 -35) '(405 -35) fig)
(setq fig (+ fig dfi))
(setq i (1+ i))
(command "delay" 100)
)
```

; Создание блока с отсеками поверхности и запись его в определенную директорию

```
(command "block" "vaza" '(0 0 0) "all" "")
(command "wblock" "D:/acad-2013-work/vaza-2013/VAZA" "VAZA")
```

Рассмотрим **алгоритм второго этапа образования поверхности**.

Формирование поверхности вращения выполняется вслед за движением образующей. В связи с этим сначала выполняется вычерчивание образующей и оси вращения, «замораживаются» слои, содержащие отсеки поверхности и вставляется в чертеж, созданный заранее, блок VAZA. «Размораживается» слой *Vent1*, выполняется расчленение блоке на составляющие его отсеки. Далее организуется цикл для «размораживания» остальных слоев. При появлении отсеков на экране начиная со второго предыдущий отсек удаляется. В результате по завершении работы цикла на экране остается только последний отсек — полная поверхность. Запись цикла представлена ниже:

```
(setq nsloyi (strcat "vent" (itoa i)))
(command "rotate3d" e1 "" "x" '(0 0 0) dfig)
(command "_insert" (strcat adr-vaz1"/bl-surf-kuvshin-2") '(0 0 0) 1 1 0)
(command "_layer" "_thaw" nsloyi "")
(command "_explode" '(84.09 53.62 0.0))
(setq s1 (ssget "x" (list (cons 8 (substr nsloyi 1 6)) )))
(setq i (+ i 1))
  (repeat n
(setq nsloyi (strcat "vent" (itoa i)) )
(command "rotate3d" e1 "" "x" '(0 0 0) dfig)
(command "_layer" "_thaw" nsloyi "")
(setq s2 (ssget "x" (list ( cons 8 (substr nsloyi 1 6)) )))
```

```
(command "_erase" s1 "")
(setq s1 s2)
(command "_delay" 200)
(setq i (+ i 1))
); end repeat
```

Учащийся, работающий с программой самостоятельно, может задавать параметры, регулирующие форму поверхности. На рис. 3 приведены три варианта поверхности с различными значениями параметра  $c$ .

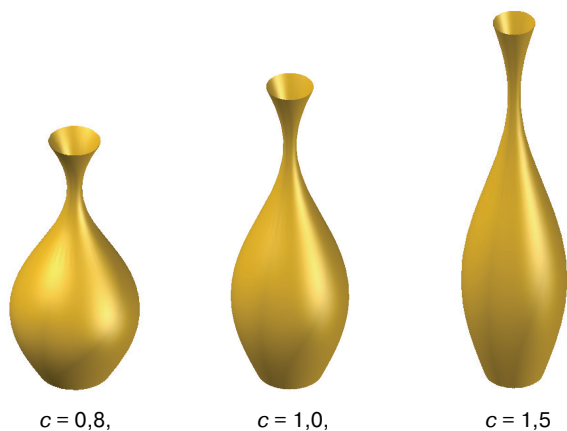


Рис. 3. Варианты поверхности  $a = 35, k = 28$ :

**Формирование сферической поверхности.** В соответствии с условием Автокада вращением окружности сферическая поверхность не может быть образована. Однако цель визуализации образования сферы может быть достигнута с точностью 0,0001 мм при использовании в качестве окружности набора из двух дуг, расположенных на расстоянии 0,0001 мм от оси вращения. Набор из двух дуг, расположенных в слое *Vent4*, создается следующим образом:

```
(setq ss1 (ssget "x" '((8. "vent40")))).
```

Набор имеет идентификатор SS1 и может быть использован для образования поверхности по приведенному выше алгоритму. На рис. 4 показан кадр из мини-фильма по образованию сферы по классическому алгоритму.

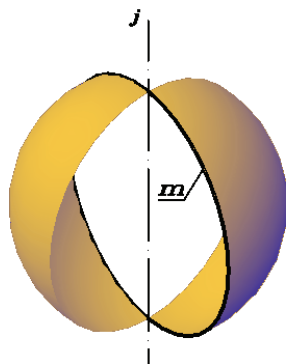


Рис. 4. Образование сферической поверхности

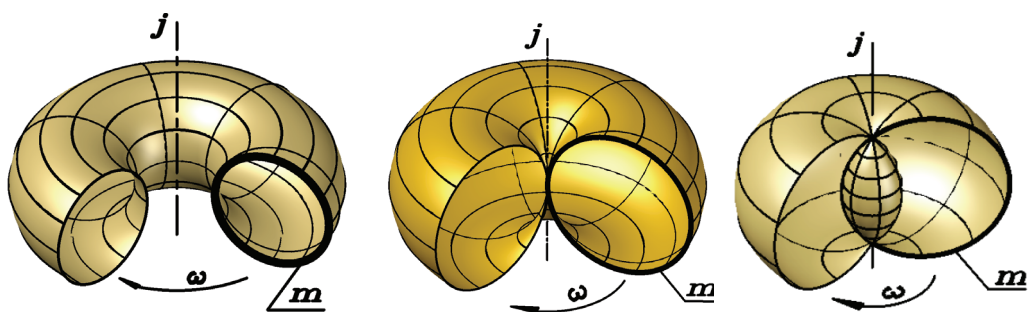


Рис. 5. Образование тора:  
разновидности  $a > r$ ,  $a = r$  и  $a < r$

**Формирование торов.** Даже если образующая окружность  $m$  не пересекает оси  $j$ , в среде AutoCAD образуется твердое тело, а не поверхность. Однако если для образования поверхности создается набор из двух дуг, конечные точки которых расположены относительно оси симметрии на расстоянии 0,0001 мм, алгоритм образования тора выполняется по тому же алгоритму, что и сфера. На экране дуги воспринимаются как окружность, и образование поверхности тора идет вслед за образующей окружностью  $m$ , вращающейся вокруг оси  $j$ . На рис. 5 представлено образование трех разновидностей тора:

- 1) расстояние  $a$  от центра окружности до оси вращения  $j$  больше радиуса окружности;
- 2) расстояние  $a$  от центра окружности до оси вращения  $j$  равно радиусу окружности;
- 3) расстояние  $a$  от центра окружности до оси вращения  $j$  меньше радиуса окружности.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Кривошапко С.Н., Иванов В.Н.* Энциклопедия аналитических поверхностей. — М.: ЛИБРОКОМ, 2010. [*Krivoshapko S.N., Ivanov V.N.* Jenciklopedija analiticheskikh poverhnostej. — М.: LIBROКОМ, 2010.]
- [2] *Романова В.А.* Особенности изображения процесса образования поверхностей в системе AutoCAD // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2012. — № 4. — С. 3—5. [*Romanova V.A.* Osobennosti izobrazhenija processa obrazovanija poverhnostej v sisteme AutoCAD // Stroitel'naja mehanika inzhenernyh konstrukcij i sooruzhenij. — 2012. — № 4. — S. 3—5.]
- [3] *Романова В.А., Оськина Г.Н.* Электронный дидактический материал по теме «Образование канонических поверхностей» // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2013. — № 2. — С. 19—24. [*Romanova V.A., Os'kina G.N.* Jelektronnyj didakticheskij material po teme «Obrazovanie kanonicheskikh poverhnostej» // Vestnik RUDN. Serija «Inzhenernye issledovanija». — 2013. — № 2. — S. 19—24.]

## **VISUALIZATION OF REVOLVING SURFACES FORMATION**

**V.A. Romanova<sup>1</sup>, G.N. Oskina<sup>2</sup>,  
Gil-oulbe Mathieu<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department Strength of Materials and Designs

<sup>2</sup>Department of Descriptive Geometry

Engineering Faculty

Peoples' Friendship University of Russia

*Ordzhonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419*

In the paper algorithm software of creation mini-film "Formation of revolving surfaces formation" is considered. This film is essentially a didactic material to the subjects «Computer Graphics» and «Descriptive Geometry».

**Key words:** a surface, a forming line, a directing line, AutoCAD system, visualization.