

ГЕОМЕТРИЯ СРЕДИННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБОЛОЧЕК

УДК 004.925.83

DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-2-106-116

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Образование поверхностей Монжа кинематическим способом в среде AutoCAD

В.А. Романова*Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6**Поступила в редакцию: 26 января 2019 г.**Доработана: 07 марта 2019 г.**Принята к публикации: 15 марта 2019 г.***Ключевые слова:**поверхность Монжа;
отсек поверхности;
AutoCAD;
AutoLISP;
образующая линия;
нормаль;
касательная плоскость;
развертывающаяся направляющая
поверхность;
мини-фильм**Аннотация**

Цели. Изучение возможности формирования резных поверхностей Монжа, заданных способом их образования, создание алгоритма и программы на языке AutoLISP для демонстрации образования поверхностей в среде AutoCAD в динамическом режиме.

Методы. Резные поверхности Монжа образуются плоской кривой, расположенной в касательной плоскости к неподвижной направляющей развертывающейся поверхности, при перекатывании плоскости и кривой по направляющей поверхности без скольжения. Описанный способ образования указанных поверхностей позволяет выполнить их формирование кинематическим методом в среде AutoCAD с применением программного обеспечения на языке AutoLISP. В статье рассмотрено построение поверхностей Монжа с использованием в качестве направляющих цилиндрической и конической поверхностей. В качестве образующих линий применяются прямая линия и синусоида.

Результаты. Создан алгоритм и программа на языке AutoLISP для образования наборов отсеков нескольких поверхностей Монжа и визуализации формирования этих поверхностей в динамическом режиме посредством последовательного изображения отсеков на экране монитора. Снят мини-фильм об образовании поверхности Монжа при качении плоскости с прямой линией по круговому конусу. В мини-фильме используются рисунки, полученные преобразованием чертежей среды AutoCAD.

Введение

В настоящее время в строительстве широко используются классические типы оболочек, для которых имеются методы расчета на прочность. В целях достижения архитектурной выразительности и увеличения функциональности сооружений появляется необходимость в разработке и использовании оболочек более сложных геометрических форм.

Поверхности, все нормали которых являются касательными к развертывающейся поверхности,

впервые описал Г. Монж [1; 2]. Эти поверхности называют резными поверхностями Монжа. Они образуются плоской кривой, расположенной в касательной плоскости к неподвижной направляющей развертывающейся поверхности, при перекатывании плоскости и кривой по неподвижной поверхности без скольжения [3].

Резные поверхности Монжа – это большой класс поверхностей, поскольку в качестве образующей может быть использована любая плоская кривая. Архитекторы все чаще обращаются к поверхностям Монжа для создания новых форм, продолжают изучать их геометрию [4; 5]. Для поверхностей Монжа разработаны способы расчета по безмоментной теории, вариационно-разностным методом и методом конечных элементов [6; 7].

© Романова В.А., 2019



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Известна графическая иллюстрация научных данных (архитектурных, метеорологических, медицинских, биологических, геологических и др.) посредством визуализации в трехмерном пространстве, при этом изображение объемных тех возможно не только в статике, но и в динамике. Высококачественные изображения получают, используя различные виды программного обеспечения [8–13].

Формирование резных поверхностей Монжа выполняется кинематическим способом [14]. Для решения этой задачи в системе AutoCAD разрабатываются пользовательские функции на языке AutoLISP. Этот язык позволяет обращаться с помощью пользовательских функций к командам системы AutoCAD в автоматическом режиме [15; 16] и решать различные практические задачи [17; 18].

Функциональный язык AutoLISP встроен в систему AutoCAD. Программы, созданные на этом языке, используются для визуализации формирования аналитических поверхностей [19–22], если исходными данными является способ образования поверхности.

Рассмотрим образование резных поверхностей Монжа, используя в качестве направляющих неподвижных поверхностей круговой цилиндр и круговой конус, а в качестве образующих – прямую линию и синусоиду.

1. Поверхность Монжа с круговой цилиндрической направляющей поверхностью и образующей прямой линией

Начальное положение элементов поверхности показано на рис. 1, где $xOyz$ – основная система координат; uAv – система координат в плоскости Π_1 ; Π_1 – плоскость, касательная к цилиндру в начальном положении; q – образующая прямая, принадлежащая касательной плоскости; h – высота плоскости и цилиндра; r – радиус цилиндра; β – угол прямой q с осью v ; u_{max} – максимальная величина координаты u .

На участке, где поверхность образуется касательными к поверхности цилиндра, получается торсовая поверхность (рис. 2). Она касается цилиндра по кривой m . В этом случае кривая m является направляющей линией, а прямая q – образующей.

Кривая m строится исходя из того факта, что все точки прямой q перемещаются по эвольвентам окружностей цилиндра.

Уравнение прямой в системе uAv : $v(u) = u \cdot \tan \beta$.

Угол переката определяется из соотношения $\vartheta = v/r$.

Эвольвенты находятся на разных уровнях в плоскостях, определяемых значением функции $v(u)$. Поскольку $v(u) = z$, координаты точек линии m в системе $xOyz$ вычисляются по уравнениям:

$$x(z) = r \cos \vartheta, \quad y(z) = r \sin \vartheta.$$

Для построения линии m составлена пользовательская функция *Stlin*, представленная ниже:

```
(defun stlin ()
; Линия m на цилиндре
(setq z 0.0 betag 40.0)
(setq beta (/ (* betag pi) 180))
(command "spline")
(while (<= z h)
(setq vz (/ (* z (sin beta)) (cos beta))); величина функции v(u)
(setq pt (list x y z)) (setq teta (/ vz r)); угол переката
(setq x (* r (cos teta)) y (* r (sin teta))); точки линии m
(command pt)
(setq z (+ z dz))
(command "" "" ""))
```

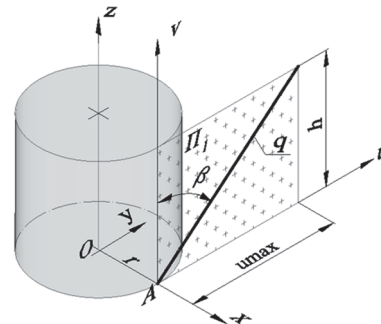


Рис. 1. Начальное положение элементов поверхности [Figure 1. The initial position of the surface elements]

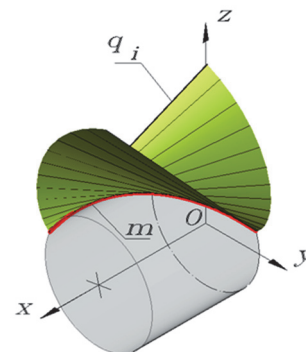


Рис. 2. Торс [Figure 2. Thors]

Процесс качения плоскости с прямой по цилиндру состоит из двух движений: вращения этой

пары вокруг оси z на угол φ и поступательного перемещения на величину s , равную дуге поворота $larc$ (рис. 3).

$$s = larc = r \cdot \frac{\varphi \cdot \pi}{180}$$

Угол переката всей прямой q равен

$$\tau_{\max} = \frac{u_{\max}}{r} \cdot \frac{180}{\pi}$$

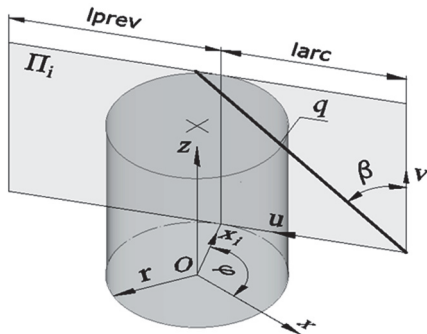


Рис. 3. Перекат поверхности и прямой по цилиндру
[Figure 3. Roll surface and straight on the cylinder]

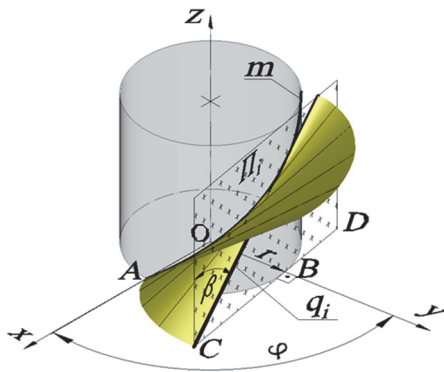


Рис. 4. Образование отсеков торса
[Figure 4. Education torso compartments]

Образование торсовой поверхности (рис. 4) происходит, если $0 \leq \varphi \leq \tau_{\max}$.

При $\varphi > \tau_{\max}$, и если обкат цилиндра выполняется против часовой стрелки, прямая q не касается цилиндра. Образуется первая ветвь поверхности (рис. 5).

Алгоритм выполнения качения включает поворот плоскости с прямой и системы координат uAv на угол φ вокруг оси z , удлинение поверхности на величину $larc$, перенос системы координат uAv и прямой q по оси u на расстояние $larc$ в сторону, противоположную качению (рис. 3).

Алгоритм включает два цикла: внешний и внутренний.

Внутренний цикл содержит следующие операции:

- создание идентификатора слоя при каждом значении i ($i = 1, \dots, n$), слой с этим именем устанавливается в качестве текущего, и выполняются указанные выше операции;

- формирование набора образующих линий.

Во внешнем цикле выполняется образование отсеков поверхности, для чего проводятся следующие операции:

- загрузка в чертеж необходимого числа слоев;
- вычерчивание элементов поверхности в начальном положении (рис. 1);
- выполнение операций внутреннего цикла;
- образование отсеков поверхности.

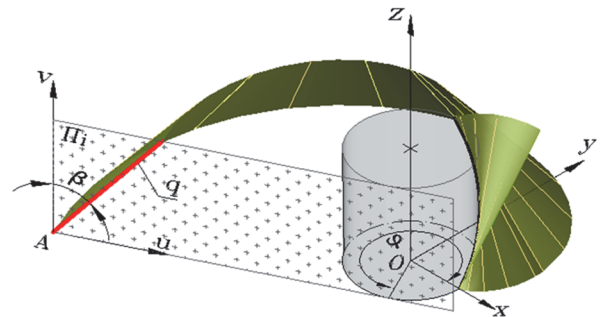


Рис. 5. Образование первой ветви поверхности:

$$r = 20, h = 20, \beta = 40^\circ$$

[Figure 5. Formation of the first branch of the surface:

$$r = 20, h = 20, \beta = 40^\circ]$$

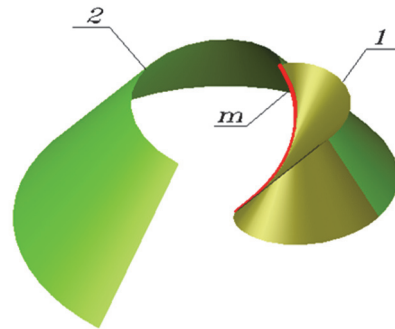


Рис. 6. Торс и первая ветвь поверхности:

$$r = 10, h = 40, \beta = 40^\circ$$

[Figure 6. Thors and first branch of surface:

$$r = 10, h = 40, \beta = 40^\circ]$$

По окончании работы циклов создается блок из отсеков поверхности и образующих линий. Формируется поверхность «размораживанием» слоев [23] (рис. 5). Образование поверхности показано на рис. 5.

Торс и первая ветвь поверхности изображены на рис. 6, где 1 – торс, 2 – первая ветвь поверхности.

При $\varphi < 0$ (обход цилиндра по часовой стрелке) от тора отходит вторая ветвь поверхности.

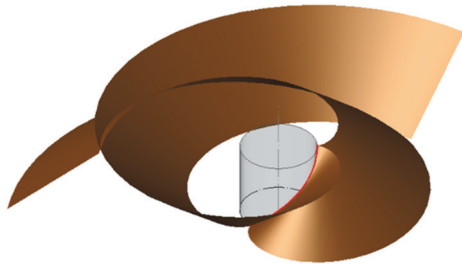


Рис. 7. Поверхность Монжа: $r = 20$, $h = 40$, $\beta = 50^\circ$
[Figure 7. The Monge surface: $r = 20$, $h = 40$, $\beta = 50^\circ$]

Полная поверхность показана на рис. 7.

2. Поверхность Монжа с круговой цилиндрической направляющей поверхностью и синусоидой в качестве меридиана

Алгоритм образования этой поверхности включает те же операции, что и предыдущий, при этом в качестве образующей линии используется синусоида (рис. 8).

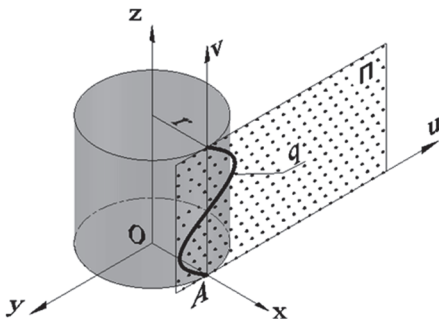


Рис. 8. Начальное положение элементов поверхности
[Figure 8. The initial position of the surface elements]

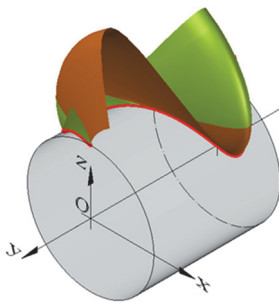


Рис. 9. Поверхность перехода
[Figure 9. The transition surface]

Поверхности также имеют две ветви и поверхность перехода, которая образуется при $-\frac{\tau_{\max}}{2} \leq \varphi \leq \frac{\tau_{\max}}{2}$. Поверхность перехода представлена на рис. 9. Образование поверхности показано на рис. 10.

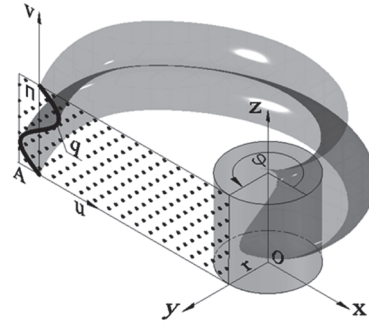


Рис. 10. Образование поверхности
[Figure 10. Surface formation]



Рис. 11. Резная поверхность Монжа с цилиндрической направляющей поверхностью и меридианом в виде синусоиды
[Figure 11. Monge carved surface with cylindrical guide surface and sinusoidal meridian]

Приведенный алгоритм образования поверхности с круговой цилиндрической направляющей может быть использован и для образования поверхности с любой другой плоской кривой в качестве образующей: цепной линией, циклоидой гиперболой, параболой и др.

3. Резная поверхность Монжа с конической направляющей поверхностью и образующей прямой

3.1. Образующая линия совпадает с направляющей конуса

На рис. 12 показан перекал плоскости Ψ и прямой AB по конусу. Плоскость во всех положениях касается конуса, а точка B перемещается по кривой s .

Начальное положение элементов поверхности изображено на рис. 13.

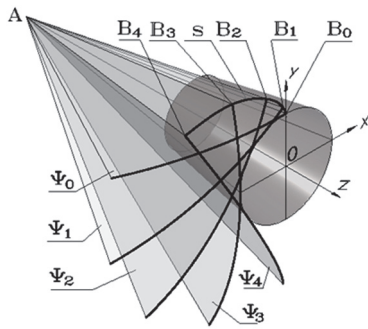


Рис. 12. Качение плоскости с кривой по конусу
[Figure 13. Rolling a plane with a curve along a cone]

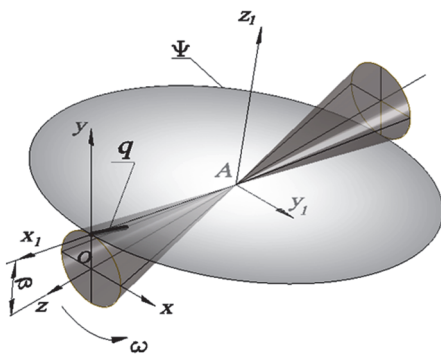


Рис. 13. Начальное положение элементов поверхности
[Figure 12. The initial position of the surface elements]

На рис. 14 показано положение плоскости Ψ и расположенной на ней прямой AB при качении плоскости без скольжения по конусу.

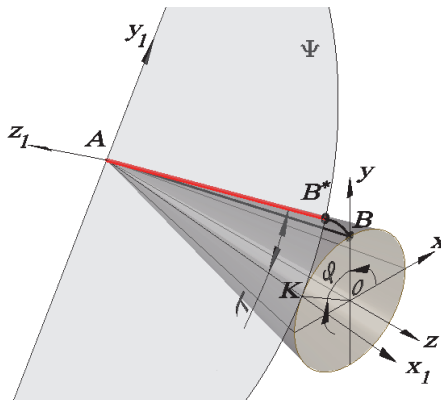


Рис. 14. Перекат плоскости и прямой AB по конусу
[Figure 14. Roll the plane and line AB on the cone]

Новая линия контакта конуса и плоскости – прямая AK . Ось x_1 подвижной системы координат совмещена с прямой AK . Произошел поворот образующей конуса и оси x_1 на угол φ вокруг оси z .

Положение точки B на плоскости осталось прежним, теперь она обозначена B^* . Угол прямой

AB^* с осью x_1 является углом качения плоскости. Из условия качения без скольжения длины дуг контакта конуса и плоскости равны, т.е. $\vec{BK} = \vec{B^*K}$, следовательно, $l_{OB} \cdot \varphi = l_{AB} \cdot \tau$, где l_{OB} – величина радиуса основания конуса; l_{AB} – длина образующей конуса.

Для определения координат точки B^* удобно задавать угол φ поворота плоскости вокруг оси z . Тогда угол τ определяется из соотношения

$$\tau = \varphi \cdot l_{OB} / l_{AB}. \quad (1)$$

Координаты точки B^* в подвижной системе координат вычисляются по формулам

$$\begin{aligned} x_1 &= l_{AB} \cdot \cos \tau, \\ y_1 &= l_{AB} \cdot \sin \tau. \end{aligned} \quad (2)$$

Координаты точки $B^*(x_B, y_B, z_B)$ в неподвижной системе $xOyz$ определяются из выражений, полученных преобразованием координат и имеющих вид

$$\begin{aligned} x_B &= (* l_{AB} (- (* (\sin \tau) (\cos \varphi)) (* (\cos \tau) (\sin \beta) (\sin \varphi))), \\ y_B &= (* l_{AB} (+ (* (\cos \tau) (\sin \beta) (\cos \varphi)) ((\sin \tau) (\sin \varphi))), \\ z_B &= (- (* l_{AB} (\cos \tau) (\cos \beta)) h_{\text{con}}), \end{aligned} \quad (3)$$

где β – угол между осью конуса и его образующей; h_{con} – высота конуса.

Поскольку точка B движется по эвольвенте, ее нормальная плоскость совпадает с касательной плоскостью Ψ , которая во всех положениях проходит через вершину конуса A [5].

В этом случае кривая, по которой движется точка B , является сферической эвольвентой. Ее точки находятся на сфере радиуса AB , а сама поверхность находится внутри сферы (рис. 15).

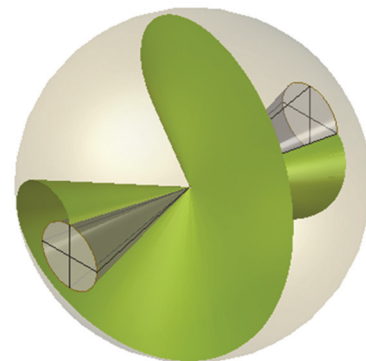


Рис. 15. Поверхность Монжа находится внутри сферы
[Figure 15. The Monge surface is located inside the sphere]

Координаты точки C вычисляются по формулам аналогичным (3) путем замены параметра l_{AB} на параметр l_{AC} .

Полученные формулы дают возможность вычертить образующую при любом положении поверхности Ψ . Это позволяет организовать цикл, в котором на каждом шаге вычерчивается образующая и формируется отсек поверхности.

Сама поверхность образуется описанным выше способом.

3.2. Образующая линия расположена под углом к направляющей конуса

Начальное положение образующей BC , конуса и плоскости Ψ в случае, когда образующая прямая BC расположена под углом τ_0 к радиусу AB , показано на рис. 16.

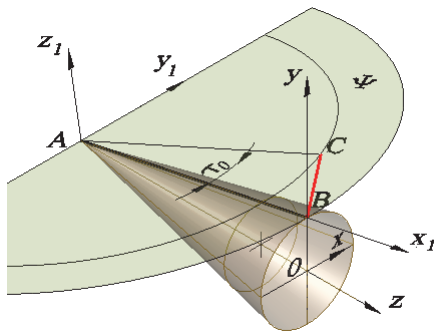


Рис. 16. Начальное положение элементов поверхности [Figure 16. Initial position of surface features]

Угол переката τ_0 для точки B определяется по формуле (1), а для точки C – из соотношения

$$\tau_C = \tau_0 + \tau_B. \quad (4)$$

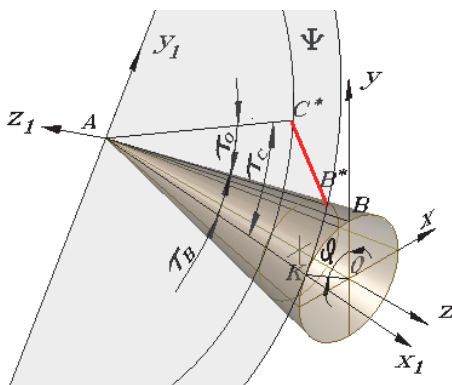


Рис. 17. Положение точек B и C в системе координат $x_1Ay_1z_1$. [Figure 17. The position of points B and C in the $x_1Ay_1z_1$ -coordinate system]

Координаты точки B определяются по формулам (3), а для определения координат точки C формулы (3) преобразуются с учетом выражения (4). Положение точек B и C в системе координат показано на рис. 17.

Алгоритм образования отсеков поверхности повторяет предыдущий.

4. Образование резной поверхности Монжа с применением двух вращений

Поверхность Монжа можно также построить, если представить перекал плоскости Ψ и расположенной на ней прямой AB как вращение этой пары вокруг оси z на угол φ в неподвижной системе координат $xOyz$ и поворот прямой AB в подвижной системе координат $x_1Ay_1z_1$ плоскости Ψ на угол τ вокруг оси z_1 .

В результате этих двух вращений точка B_0 , расположенная в плоскости Ψ , при $\varphi = 0$ перемещается в точку B^* , расположенную на конусе, а затем в точку B , расположенную в повернутой на угол φ плоскости Ψ (рис. 18). Точка C_0 перемещается сначала в точку C^* , а затем в точку C . Между радиусами точек C^* и C угол равен τ .

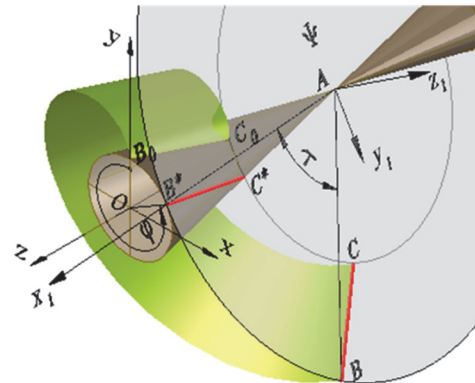


Рис. 18. Качение плоскости Ψ и прямой AB по конусу [Figure 18. Rolling the plane Ψ and the straight line AB with a cone]

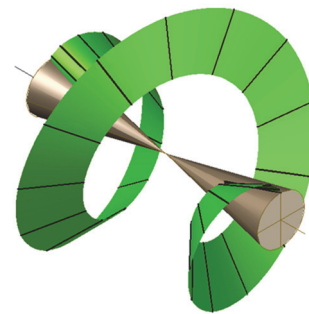


Рис. 19. Отсеки поверхности разделены копиями образующих [Figure 19. Surface compartments are separated by generators]

В этом случае алгоритм образования отсеков поверхности может быть представлен следующим образом.

Предварительно вычерчиваются элементы поверхности в начальном положении. В цикле выполняются следующие операции:

- вращение поверхности Ψ и прямой AB на угол $\Delta\varphi$ в системе координат $xOyz$;
- установка системы координат $x_1Ay_1z_1$ в плоскости Ψ ;
- копирование образующей AB ;
- вращение копии A^*B^* на угол τ ;
- возврат к системе координат $xOyz$.

Результат – набор отсеков поверхности (рис. 19).

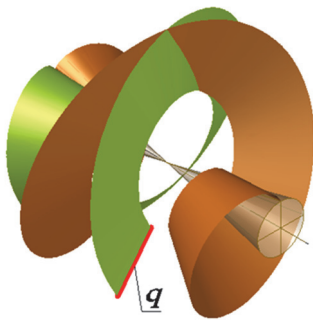


Рис. 20. Образование поверхности Монжа (q – образующая линия)
[Figure 20. Formation of the Monge surface (q – the generatrix)]

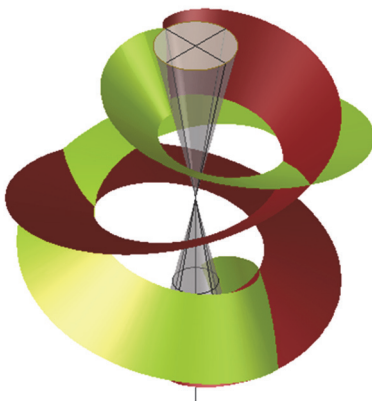


Рис. 21. Поверхность Монжа (повернуто на 90°)
[Figure 21. The surface of Monge (rotated by 90°)]

Образование поверхности выполняется методом «размораживания». На рис. 20 представлено формирование образующей q второй ветви поверхности. На рис. 21 изображена резная поверхность Монжа.

5. Резная поверхность Монжа с конической направляющей поверхностью и образующей синусоидой

Начальное положение элементов поверхности представлено на рис. 22.

Образующей является синусоида:

$$y = A \sin \varphi,$$

где A – задаваемая амплитуда синусоиды; φ – угол, вычисляемый из выражения:

$$\varphi = \frac{\pi x}{BC} \text{ при } AC \leq x \leq BC.$$

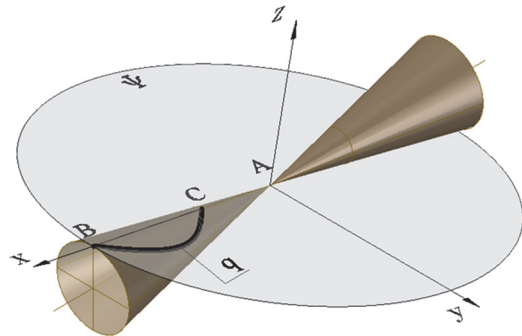


Рис. 22. Начальное положение элементов поверхности
[Figure 22. The initial position of the surface elements]

Алгоритм формирования поверхности предусматривает, как и в предыдущем примере, выполнение в цикле операций по созданию набора отсеков поверхности (рис. 23):

- вращение поверхности Ψ и синусоиды на угол $\Delta\varphi$ в системе координат $xOyz$;
- вращение синусоиды на угол τ .

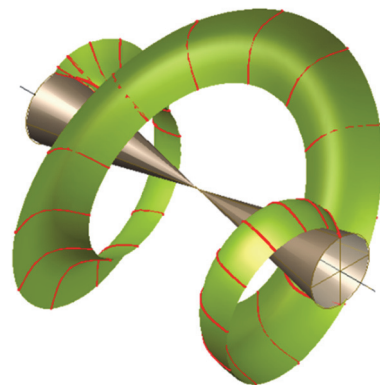


Рис. 23. Набор отсеков поверхности
[Figure 23. A set of surface compartments]

Отсеки поверхности разделены образующими линиями. Образующие линии подчеркивают форму поверхности, ее выпуклые и вогнутые участки.

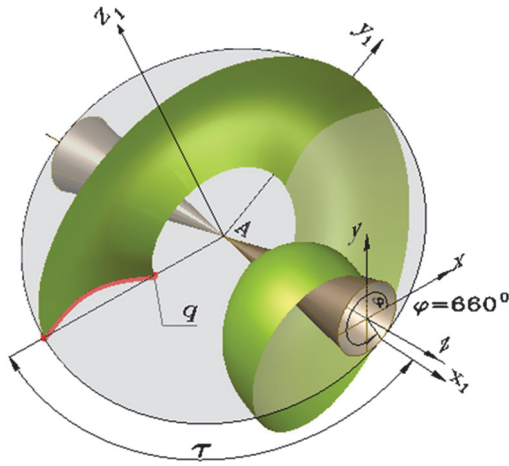


Рис. 24. Образование поверхности
[Figure 24. Surface formation]

Если отношение длины образующей конуса к его радиусу $k = \frac{l_{AB}}{r}$ является целым числом, поверхность имеет две сходящиеся ветви (рис. 26).

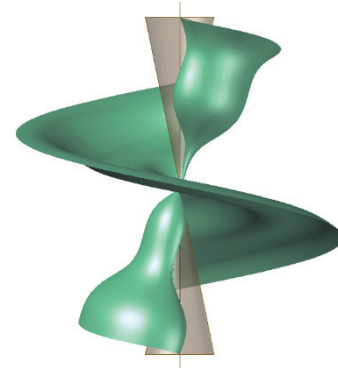


Рис. 27. Резная поверхность Монжа: $n = 3, A = 4$
[Figure 27. Carved surface of Monge: $n = 3, A = 4$]

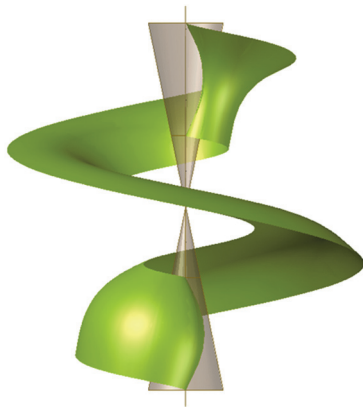


Рис. 25. Ветвь поверхности (вид сверху: $n = 1, A = 10$)
[Figure 25. A branch of the surface (top view: $n = 1, A = 10$)]

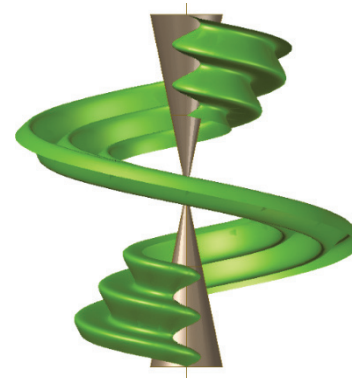


Рис. 28. Поверхность образована при $n = 5, A = 8$
[Figure 28. The surface is formed when $n = 5, A = 8$]

На рис. 27 и рис. 28 показаны разновидности поверхности $n = 3, A = 4$ и $n = 5, A = 8$. На рис. 29 изображена поверхность Монжа, состоящая из двух ветвей.

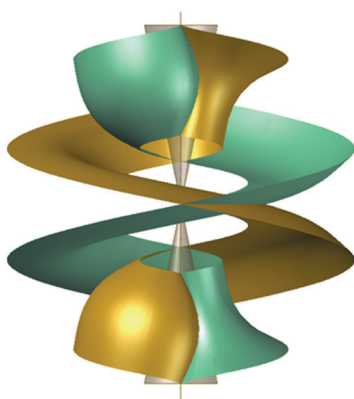


Рис. 26. Две ветви поверхности (вид сверху)
[Figure 26. Two branches of the surface (top view)]

Во втором цикле выполняется поэтапное формирование поверхности (рис. 24) описанным выше способом. На рис. 25 представлена одна ветвь поверхности (вид сверху).

Заключение

Результатом проведенной работы является создание алгоритмов и программ на языке AutoLISP для образования наборов отсеков следующих резных поверхностей Монжа:

- с круговой цилиндрической направляющей поверхностью и образующей прямой линией;
- с круговой цилиндрической направляющей поверхностью и синусоидой в качестве меридиана;
- с конической направляющей поверхностью и образующей прямой;
- с конической направляющей поверхностью и образующей синусоидой.

Создана программа для визуализации формирования указанных поверхностей посредством последовательного изображения отсеков на экране монитора. Представлены рисунки резной поверхности Монжа. Создан мини-фильм об образовании поверхности Монжа при качении плоскости с прямой линией по круговому конусу.

Список литературы

1. *Монж. Г.* Приложение анализа к геометрии. М.: ОНТИ, 1936. 699 с.
2. *Монж Г.* Начертательная геометрия. М.: АН СССР, 1947. 291 с.
3. *Кривошапко С.Н., Иванов В.Н.* Энциклопедия аналитических поверхностей. М.: Либроком, 2010. 556 с.
4. *Ризван Мухаммад.* Геометрия, конструирование и исследование напряженно-деформированного состояния оболочек в форме резных поверхностей Монжа общего вида: дис. ... канд. техн. наук. М., 2004. 218 с.
5. *Филлипова Е.Р.* К вопросу о геометрии резных оболочек Монжа. // Прочность, ползучесть и разрушение строительных и машиностроительных материалов и конструкций: сб. трудов. М.: РУДН, 2014. С. 132–135.
6. *Иванов В.Н., Ризван Мухаммад.* Резные поверхности Монжа и конструирование оболочек // Теория и практика инженерных исследований: материалы научной конференции аспирантов, преподавателей и молодых ученых, 22–25 апреля 2002 г. М.: Изд-во РУДН, 2003. С. 233–234.
7. *Филлипова Е.Р.* Сравнительный анализ результатов расчета тонкой оболочки в форме резной поверхности Монжа по безмоментной теории и методом конечных элементов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2016. № 3. С. 8–13.
8. *Филлипова Е.Р.* Об актуальности применения резных поверхностей Монжа в архитектуре // Строительство и реконструкция. 2015. № 6. С. 91–95.
9. *Schroeder W., Martin K., Lorensen B.* The Visualization Toolkit. Kitware, Inc., 2003.
10. *Haber R.B.* Visualization Techniques for Engineering Mechanics // Computing Systems in Engineering. Jan. 1990. Vol. 1. No. 1. Pp. 37–50.
11. *Durac M., Popirlan C.-I.* Web Technologies for Modelling and Visualization in Mechanical Engineering. April 1st 2010. DOI: 10.5772/9037
12. *Gallagher R.S., Press S.* Computer Visualization: Graphics Techniques for Engineering and Scientific Analysis. CRC Press, 1994, 336 p.
13. *Saha J., Vondrakova A.* Fuzzy surface visualization using HSL colour model // Electronic Journal. 2017. Vol. 2. No. 2. Pp. 26–42.
14. Курс начертательной геометрии / Н.Ф. Четверухин и др. М.: Государственное издательство технической и научной литературы, 1936. 435 с.
15. *Иванов О.Н., Чайкин А.А., Шевченко В.Н.* Язык программирования AutoLISP Release 10, 11. TRINIKA Ltd, 1992.
16. *Кудрявцев Е.М.* AutoLISP. Программирование в AutoCAD-14. М.: ДМК, 1999.
17. *Романова В.А., Матвеев В.М.* Визуализация движения точки контакта зубьев в цилиндрической зубчатой передаче // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2016. № 1. С. 26–29.
18. Инженерная 3D-компьютерная графика / Хейфец А.Л. и др. М.: Юрайт, 2013. 464 с.
19. *Иванов В.Н., Романова В.А.* Конструкционные формы пространственных конструкций. Визуализация поверхностей в системах MathCAD, AutoCAD: монография. М.: АСВ, 2016. 412 с.
20. *Иванов В.Н., Кривошапко С.Н., Романова В.А.* Основы разработки и визуализации объектов аналитических поверхностей и перспективы их использования в архитектуре и строительстве // Геометрия и графика. 2017. Т. 5. № 4. С. 3–14.
21. *Романова В.А.* Визуализация образования поверхностей зонтичного типа // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2014. № 3. С. 19–22.
22. *Романова В.А.* Формирование циклических поверхностей с образующей окружностью переменного радиуса в АвтоКАДЕ // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2016. № 3. С. 20–24.
23. *Романова В.А.* Особенности изображения процесса образования поверхностей в системе AutoCAD // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2012. № 4. С. 3–5.

Об авторе

Романова Викторина Анатольевна – доцент, Российский университет дружбы народов. *Область научных интересов:* визуализация проектирования механизмов и образование аналитических поверхностей в среде AutoCAD с применением программ на языке AutoLISP. *Контактная информация:* e-mail – v.a.r-victoryna@mail.ru

Для цитирования

Романова В.А. Образование поверхностей Монжа кинематическим способом в среде AutoCAD // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2019. Т. 15. № 2. С. 106–116. DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-2-106-116

Formation surfaces of Monge by the kinematic method in AutoCAD environment

Viktoryna A. Romanova

People's Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

Received: January 26, 2019

Revised: March 07, 2019

Accepted: March 15; 2019

Keywords:

Monge's surface;
compartment of a surface;
AutoCAD;
AutoLISP;
a generatrix;
a normal;
a tangent plane;
a developed guide surface;
mini-film

Abstract

Aims of research. Studying the possibility of forming Monge carved surfaces, defined by the method of their formation, creating an algorithm and program in the AutoLISP language to demonstrate the formation of surfaces in the AutoCAD environment in a dynamic mode.

Methods. Monge carved surfaces are formed by a flat curve, located in the tangent plane to the fixed guide of the developable surface, when the plane and the curve roll along the guide surface without sliding. The described method of formation of these surfaces allows to perform their formation by the kinematic method in the AutoCAD environment using AutoLISP software. The article describes the construction of the Monge surfaces using cylindrical and conical surfaces as guides. A straight line and a sine wave are used as the forming lines.

Results. An algorithm and a program in the AutoLISP language were created to form sets of compartments of several Monge surfaces and to visualize the formation of these surfaces in a dynamic mode by sequentially displaying the compartments on the monitor screen. The mini-film about formation of Monge surface by rolling a plane with a straight line along a circular cone is created. In the mini-film the drawings received by transformation of drawings of the AutoCAD environment are used.

References

1. Monge G. (1936). *Annex of the analysis to geometry*. Moscow: ONTY Publ., 699.
2. Monge G. (1947). *Nachertatel'naya geometriya [Descriptive geometry]*. Moscow: AN SSSR Publ., 291.
3. Krivoshapko S.N., Ivanov V.N. (2010). *Enciklopediya analiticheskikh poverhnostej [Encyclopedia of analytical surfaces]*. Moscow: Librokom Publ., 560.
4. Rizvan Muhammad. (2004). *Geometriya, konstruirovaniye i issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya obolochek v forme reznykh poverhnostej Monzha obshchego vida [Geometry, design and study of stress-strain state of shells in the form of carved Monge surfaces of general form]* (Cand. Diss.). Moscow, 218. (In Russ.)
5. Fillipova J.R. (2014). K voprosu o geometrii reznykh obolochek Monzha [To a question of geometry of carved covers of Monge]. *Strength, creep and destruction of building and engineering materials and constructions*, 132–135. (In Russ.)
6. V.N. Ivanov, Rizvan Muhammad. (2003). Reznые poverhnosti Monzha i konstruirovaniye obolochek [Carved surfaces of Monge and designing of covers]. *Theory and practice of engineering researches: materials of a scientific conference of graduate students, teachers and young scientists, April 22–25, 2002*. Moscow: RUDN Publ., 233–234. (In Russ.)
7. Fillipova J.R. (2016). Sravnitel'nyy analiz rezul'tatov rascheta tonkoj obolochki v forme reznoy poverhnosti Monzha po bezmomentnoj teorii i metodom konechnykh elementov [The comparative analysis of results of calculation of a thin cover in the form of a carved surface of Monge according to the momentless theory and a finite element method]. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, (8), 8–13. (In Russ.)
8. Fillipova J.R. (2015). Ob aktual'nosti primeneniya reznykh poverhnostej Monzha v arhitekture [On the relevance of the use of carved surfaces of Monge in architecture]. *Construction and reconstruction*, (6), 91–95. (In Russ.)
9. Schroeder W., Martin K., Lorensen B. (2003). *The Visualization Toolkit*. Kitware, Inc.
10. Haber R.B. (Jan. 1990). Vizualization Techniques for Engineering Mechanics. *Computing Systems in Engineering*, 1(1), 37–50.
11. Dupac M., Popirlan C.-I. (April 1st 2010). *Web Technologies for Modelling and Visualization in Mechanical Engineering*. DOI: 10.5772/9037
12. Gallagher R.S., Press S. (1994). *Computer Visualization: Graphics Techniques for Engineering and Scientific Analysis*. CRC Press, 336.
13. Caha J., Vondrakova A. (2017). Fuzzy surface visualization using HSL colour model. *Electronic Journal*, 2(2), 26–42.
14. Chetverukhin N.F., Levitsky V.S., Pryanishnikov Z.I., Tevlin A.M., Fedotov G.I. (1936). Kurs nachertatel'noj geometrii [The course of descriptive geometry]. Moscow: State Publishing House of Technical and Theoretical Literature, 435. (In Russ.)
15. Ivanov O.N., Chaykin A.A., Shevchenko V.N. (1992). Yazyk programmirovaniya AutoLISP Release 10, 11

[AutoLISP Release 10, 11 programming language]. TRINIKA Ltd. (In Russ.)

16. Kudryavtsev E.M. (1999). *AutoLISP. Programirovanie v AutoCAD-14* [AutoLISP. Programming in AutoCAD-14]. Moscow: DM Publ. (In Russ.)

17. Romanova V.A., Matveev V.M. (2016). Vizualizatsiya dvizheniya tochki kontakta zub'ev v cilindricheskoy zubchatoj peredache [Visualization of the movement of a contact point in cylinder cog-transmission]. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, (1), 26–29. (In Russ.)

18. Heifetz A.L., Loginovsky A.N., Butorina I.V., Vasilyev V.N. (2013). *Inzhenernaya 3D-komp'yuternaya grafika* [Inzhenernaya 3D-computer graphics]. Moscow: Yurayt Publ., 464. (In Russ.)

19. Ivanov V.N., Romanova V.A. (2016). Konstrukcionnye formy prostranstvennykh konstrukcij. Vizualizatsiya poverhnostej v sistemah MathCad, AutoCad [Constructive forms of space constructions. Visualization of the surfaces at systems MathCAD, AutoCAD]. Moscow: ASV Publ., 410. (In Russ.)

20. Ivanov V.N., Krivoshapko S.N., Romanova V.A. (2017). Osnovy razrabotki i vizualizatsii ob"ektov analiticheskikh poverhnostej i perspektivy ih ispol'zovaniya v arhitekture i stroitel'stve [Bases of development and visualization of objects of analytical surfaces and the prospect of their use in architecture and construction]. *Geometry and graphics*, 5(4), 3–14. (In Russ.)

21. Romanova V.A. (2015). Vizualizatsiya obrazovaniya poverhnostej zontichnogo tipa [Visualization of formation of umbrella-type and umbrella surfaces with radial

damping waves in the central point]. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, (3), 4–8. (In Russ.)

22. Romanova V.A. (2016). Formirovanie ciklicheskih poverhnostej s obrazuyushchej okruzhnost'yu peremennogo radiusa v AVTOKADE [The formation of cyclic surfaces with variable radius of generatrix circles in AutoCAD]. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Building*, (3), 20–24. (In Russ.)

23. Romanova V.A. (2012). Osobennosti izobrazheniya processa obrazovaniya poverhnostej v sisteme AutoCAD [The features of the image formation surfaces in the CAD system AutoCAD]. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Building*, (4), 3–5. (In Russ.)

About the author

Viktoryna A. Romanova – Associate Professor, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Research interests:* visualization of the design of mechanisms and the formation of analytical surfaces in the AutoCAD environment using programs in the language AutoLISP. *Contacts:* e-mail – v.a.r-victoryna@mail.ru

For citation

Romanova V.A. (2019). Formation surfaces of Monge by the kinematic method in AutoCAD environment. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, 15(2), 106–116. DOI: 10.22363/1815-5235-2019-15-2-106-116