

ДОДАТКОВІ ЗАСОБИ УРІЗНОМАНІТНЕННЯ ЗАХИСТУ БЛАНКІВ ЦІННИХ ПАПЕРІВ

Челомбітько В.Ф.

к.т.н., доцент, кафедра Медіасистем та технологій,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Наведено деякі додаткові засоби урізноманітнення геометричних орнаментів захисту цінних паперів: керування формою кривої за допомогою зміни рівняння кривини засобами R -функцій; побудови кривої трикутноподібної форми; трикутноподібної кривої з петлями в кутах; побудови кривої квадратовподібної форми; квадратовподібної форми з петлями в кутах; побудови візерункових суперциклоїд та їх реалізації у середовищі математичного пакету Maple.*

***Ключові слова:** ЛІНІЇ З КЕРОВАНИМИ КРИВИНАМИ, КРИВА ТРИКУТНОПОДІБНОЇ ФОРМИ, КРИВА КВАДРАТОВОПОДІБНОЇ ФОРМИ, СУПЕРЦИКЛОЇДА, MAPLE.*

Вступ

Для підвищення степені поліграфічного захисту цінних паперів пропонується криві змінної кривини доповнити іншими варіантами кривих, описаних іншими способами. Ефективне урізноманітненням візерунків можна здійснити за допомогою сім'ї еквідистантних кривих, описаних параметричними рівняннями.

В нагоді стане спосіб опису та побудова візерункових кривих, які одержали умовну назву «суперциклоїди» з причини входження у форми параметрів, подібно циклоїди. Для редагування зображень в роботі пропонується використовувати можливості R -функцій.

Графічні зображення, одержані за допомогою комп'ютера, можна використовувати для поліграфічного оформлення книг і буклетів, емблем підприємств, візиток, шпалер, для реклами, як заставки в книгах і журналах, в декоративних малюнках, які наносяться на тканину, посуд, тощо.

Мета та задачі дослідження

Навести додаткові засоби урізноманітнення захисту бланків цінних паперів.

Розглянути способи керування формою кривої за допомогою зміни рівняння кривини засобами R -функцій.

Розробити способи складання та побудови орнаментів як результати розв'язання набагато складнішої оберненої задачі аналітичної геометрії – коли для заданого зображення необхідно скласти його рівняння.

Розробити спосіб опису кривої трикутноподібної форми.

Розробити спосіб опису трикутноподібної кривої з петлями в кутах.

Розробити спосіб опису кривої квадратовподібної форми.

Основна частина

1 Керування формою кривої за допомогою зміни рівняння кривини засобами R-функцій

З прикладів, наведених в минулих підрозділах монографії видно вплив на форму шуканої кривої зміщення графіка кривини $k(s)$ вздовж вертикальної осі k . Покажемо це на декількох прикладах.

Приклад 1.1. Нехай $k(s) = \sin(s) - h$:

На рис. 1.1 зображено відповідні криві залежно від параметра h .

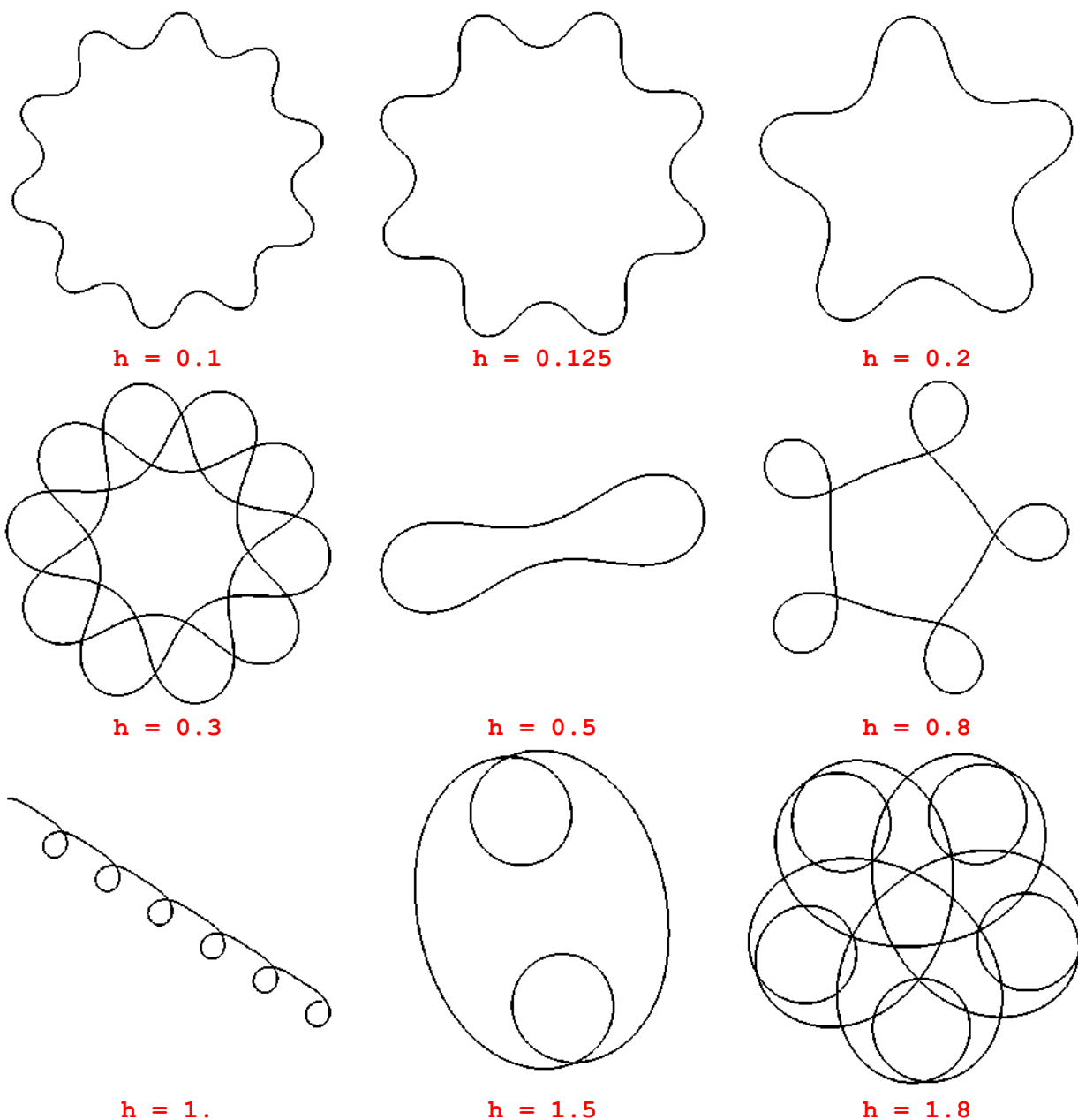


Рисунок 1.1 – Криві, залежно від параметра h для прикладу 1.1

Приклад 1.2. Нехай $k(s) = s^2/10 - h$:

На рис. 1.2 зображено відповідні криві залежно від параметра h .

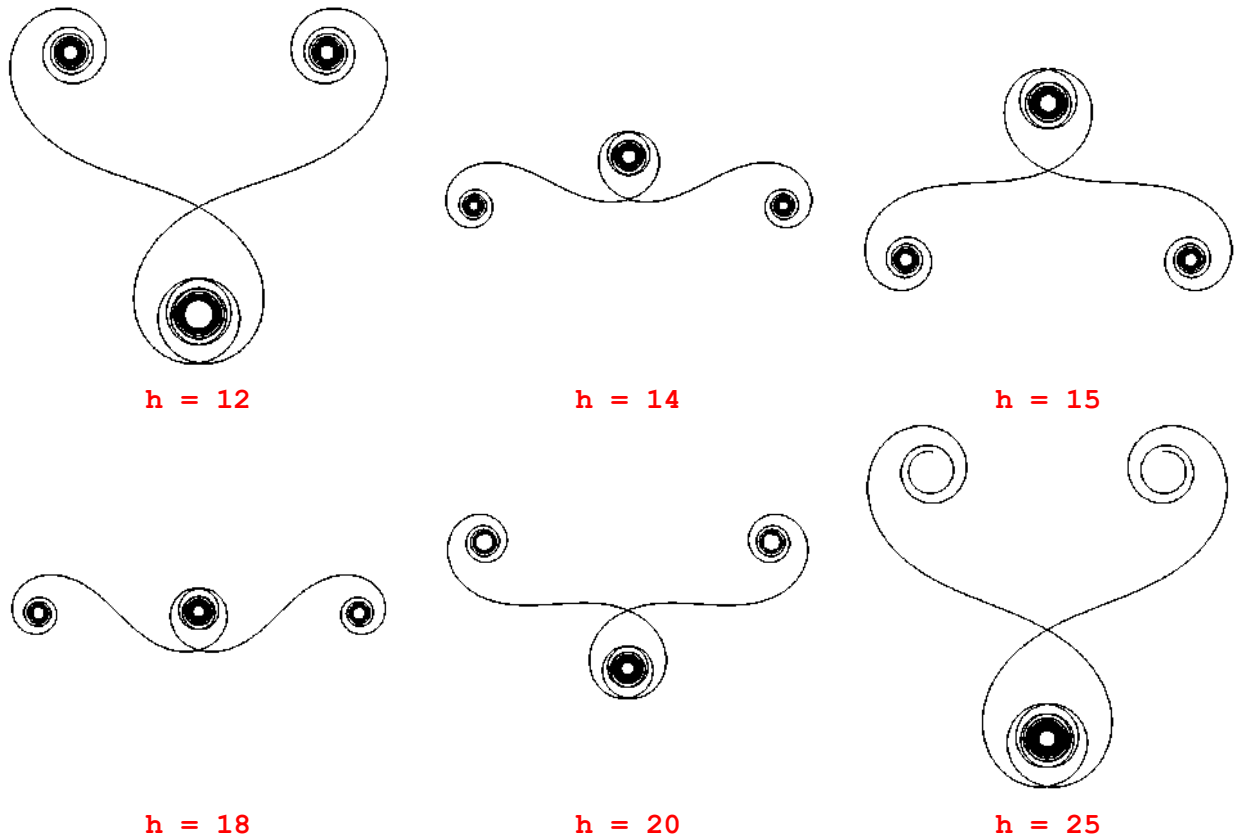


Рисунок 1.2 – Криві, залежно від параметра h для приклада 1.2

Цікавим виявляється застосування модуля для опису функцій. У тому числі і виразів для R -функцій:

– R -диз'юнкції

$$a \vee b = (a + b + |a - b|) / 2,$$

– R -кон'юнкції

$$a \wedge b = (a + b - |a - b|) / 2.$$

Або, за умови синтаксису мови Maple, маємо вирази

$o := (a, b) \rightarrow (a + b + \text{abs}(a - b)) / 2;$

$$o := (a, b) \rightarrow \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b + \frac{1}{2}|a - b|$$

$p := (a, b) \rightarrow (a + b - \text{abs}(a - b)) / 2;$

$$p := (a, b) \rightarrow \frac{1}{2}a + \frac{1}{2}b - \frac{1}{2}|a - b|$$

Приклад 1.3. Нехай $k(s) = p(\sin(s), \sin(s/2))$.

На рис. 1.3 зображено графік функції $k(s)$ та відповідну криву.

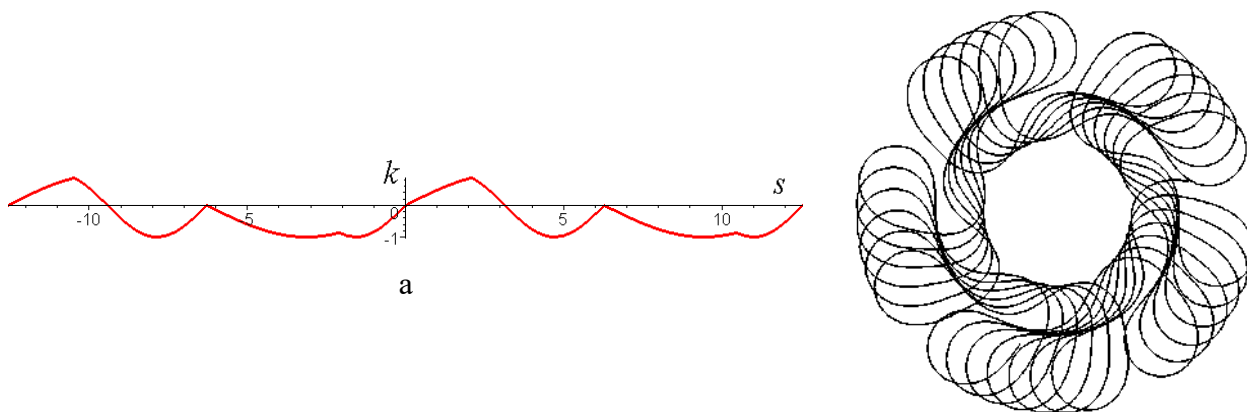


Рисунок 1.3 – Графік функції $k(s)$ (а) та відповідна крива натурального параметра (б) з прикладу 1.3

Приклад 1.4. Нехай $k(s) = p(2\sin(s), \sin(s/2))$.

На рис. 1.4 зображено графік функції $k(s)$ та відповідну криву.

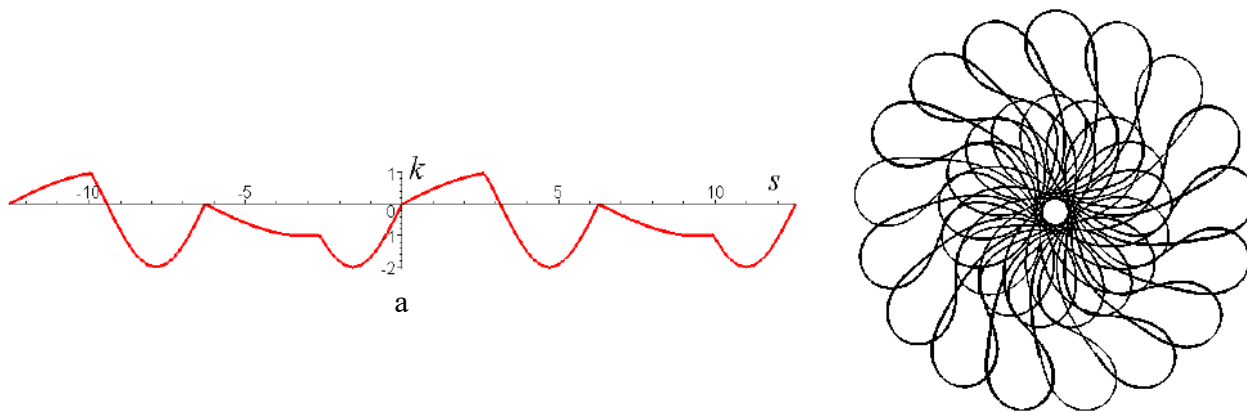


Рисунок 1.4 – Графік функції $k(s)$ (а) та відповідна крива натурального параметра (б) з прикладу 1.4

Приклад 1.5. Нехай $k(s) = p(2\sin(s), \sin(s/3))$.

На рис. 1.5 зображено графік функції $k(s)$ та відповідну криву.

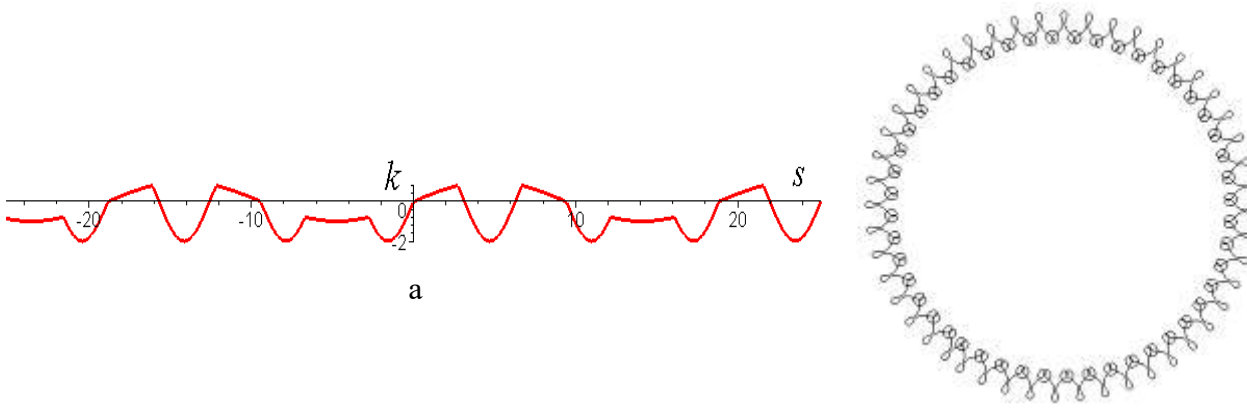


Рисунок 1.5 – Графік функції $k(s)$ (а) та відповідна крива натурального параметра (б) з прикладу 1.5

Приклад 1.6. Нехай $k(s) = p(3\sin(s), 2\sin(s/3))$.

На рис. 1.6 зображено графік функції $k(s)$ та відповідну криву.

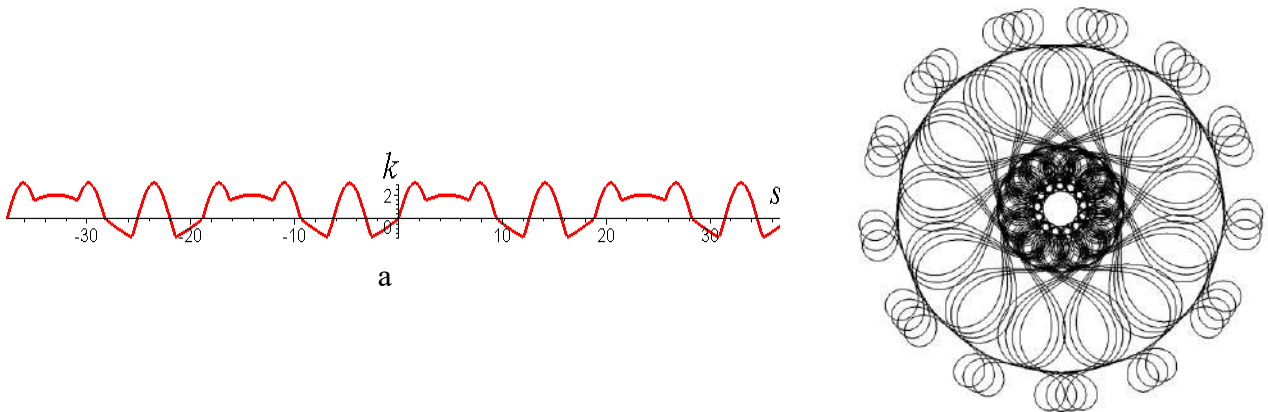


Рисунок 1.6 – Графік функції $k(s)$ (а) та відповідна крива натурального параметра (б) з прикладу 1.6

Приклад 1.7. Нехай $k(s) = o(p(\sin(s/2)/3, \cos(s/3)), \sin(s))$.

На рис. 1.7 зображено графік функції $k(s)$ та відповідну криву.

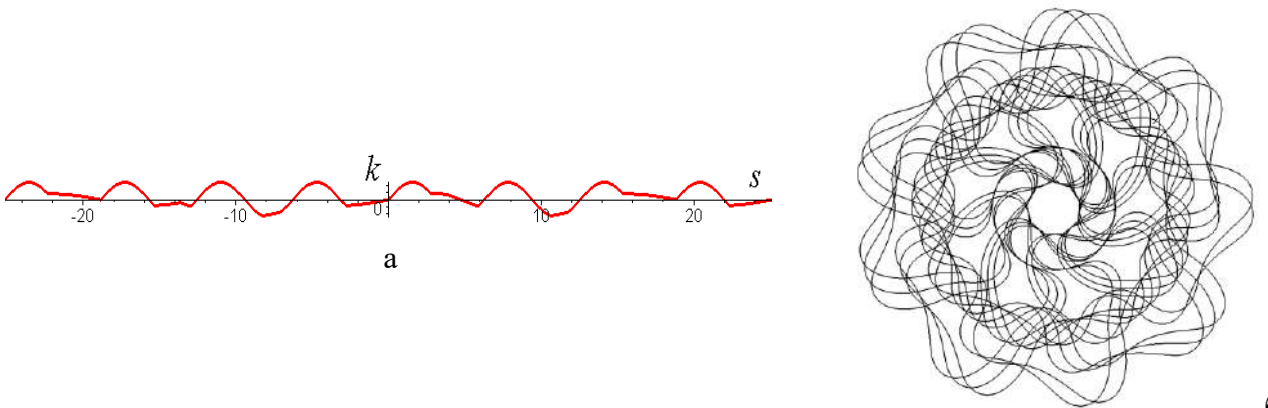


Рисунок 1.7 – Графік функції $k(s)$ (а) та відповідна крива натурального параметра (б) з прикладу 1.7

Приклад 1.8. Нехай $k(s) = >o(p(\sin(s/3)/5, \cos(s/3)), \sin(s/3))$.

На рис. 1.8 зображено графік функції $k(s)$ та відповідну криву.

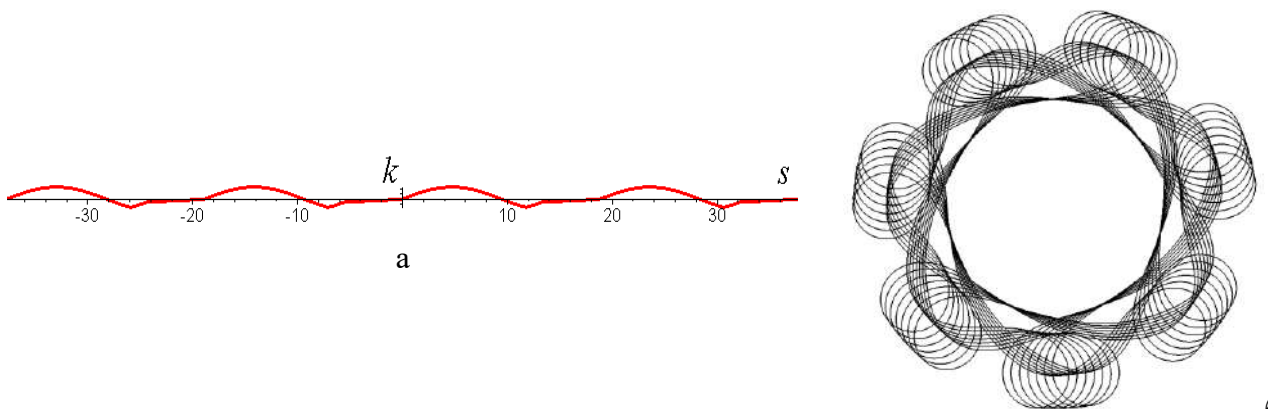


Рисунок 1.8 – Графік функції $k(s)$ (а) та відповідна крива натурального параметра (б) з прикладу 1.8

2 Побудова кривої трикутноподібної форми

В попередніх підрозділах наведено, по суті, розв'язання прямої задачі аналітичної геометрії (термін В.Л. Рвачова) – за заданим рівнянням необхідно побудувати зображення, що йому відповідає.

Для тематики поліграфічного захисту паперів цікавими будуть результати розв'язання набагато складнішої оберненої задачі аналітичної геометрії – коли для заданого зображення необхідно скласти його рівняння. Можливий варіант розв'язку наведемо далі.

Постановка задачі. Розробити спосіб опису кривої трикутноподібної форми.

Твердження 1. Для опису кривої трикутноподібної форми необхідно функцію кривини задати у вигляді

$$k(s) = 0 \wedge (\cos(s / m) + \pi / n), \quad (2.1)$$

де \wedge – знак R-кон'юнкції;

$$m = 11,08;$$

$$n = 4.$$

На рис. 2.1 наведено графік функції $k(s)$.

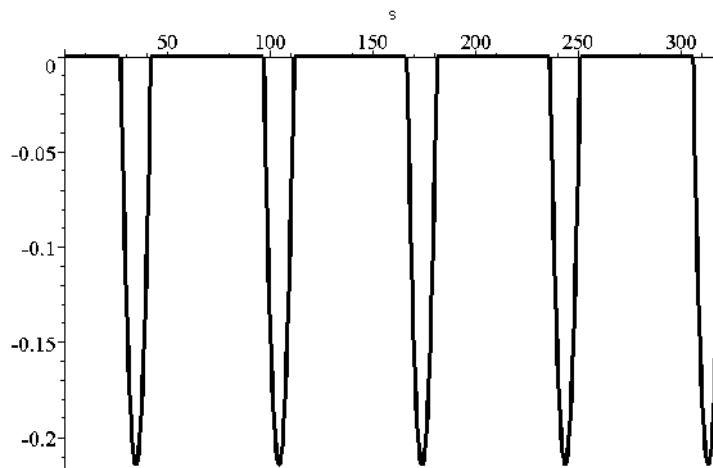


Рисунок 2.1 – Графік функції $k(s) = 0 \wedge (\cos(s / m) + \pi / n)$

На рис. 2.2 зображено криву, одержану за допомогою операторів

```
DEplot3d({sys}, {x(s), y(s), alpha(s)}, s = a..b,  
[[x(0)=0, y(0)=0.0, alpha(0)=0.02]], stepsize = 0.1,  
scene=[x(s), y(s), alpha(s)], orientation = [-90, 0]).
```

Але слід пам'ятати, що крива трикутноподібної форми побудована в результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь, де присутня ще одна змінна – $\alpha(s)$. Тому цей розв'язок слід розглядати у тривимірному просторі, де вісь 0α спрямована на читача. На рис. 2.3 зображено аксонометрію цього випадку.

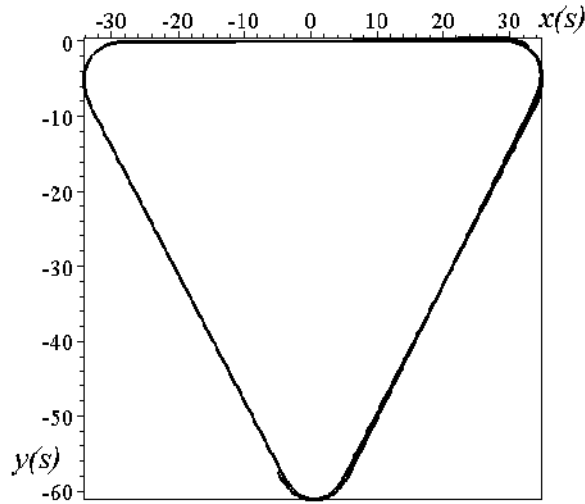


Рисунок 2.2 – Крива трикутноподібної форми

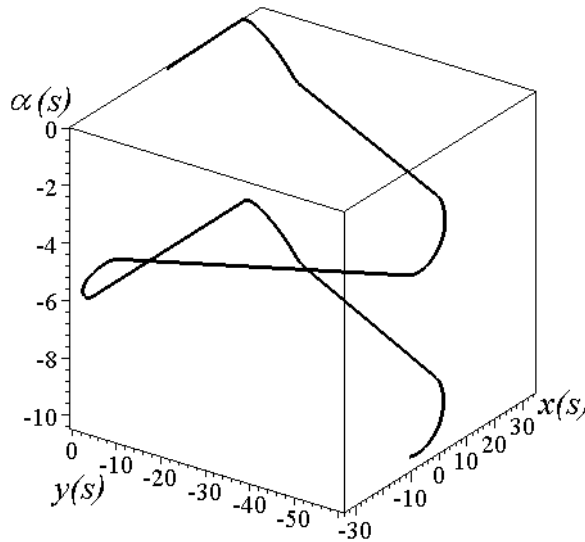


Рисунок 2.3 – Аксонометрія розв’язку системи рівнянь Френе

Для підкреслення ролі R-функцій розглянемо випадок, коли кривину задамо у вигляді частини виразу (2.1)

$$k(s) = \cos(s / m) + \pi / n,$$

де $m = 11,08$;

$n = 4$.

На рис. 2.4 наведено графік функції $k(s)$.

На рис. 2.5 зображено криву, що відповідає функції $k(s)$, а на рис. 2.6 наведено аксонометричне зображення цієї кривої. Бачимо, що при цьому для опису кривої трикутноподібної форми роль R-функцій є суттєвою.

Отже, криву трикутноподібної форми будемо сприймати в результаті проєкціювання просторової кривої на площину Oxy . Про це слід пам’ятати у всіх випадках побудови кривих за даною методикою, особливо, коли далі мова піде про колористику цих ліній.

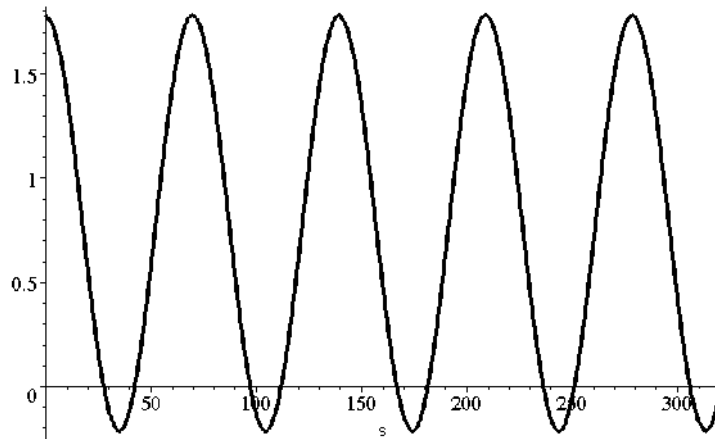


Рисунок 2.4 – Графік функції $k(s) = \cos(s / m) + \pi / n$

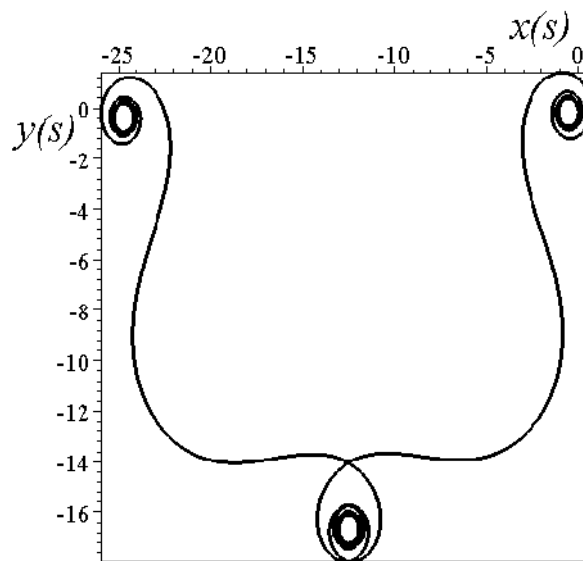


Рисунок 2.5 – Крива, яка відповідає функції $k(s) = \cos(s / m) + \pi / n$

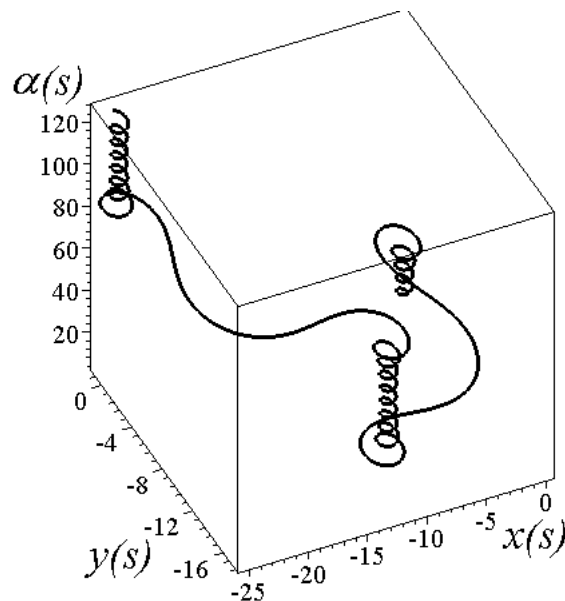


Рисунок 2.6 – Аксонометричне зображення кривої

Цікавим буде зображення трикутноподібної кривої з петлями в кутах, для якої необхідно функцію кривини задати у вигляді (2.1), але змінивши $m = 2 \times 11,08$. На рис. 2.7 зображено трикутноподібну криву із зовнішніми петлями.

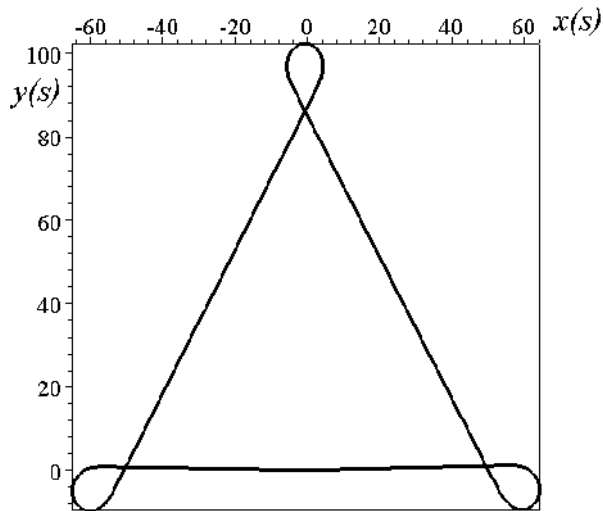


Рисунок 2.7 – Трикутноподібна крива з петлями

Якщо функцію кривини задати у вигляді (2.1), але змінивши $m = 2 \times 2 \times 11,05$, то одержимо трикутноподібну криву з внутрішніми петлями (рис. 2.8). Якщо функцію кривини задати у вигляді (2.1), але змінивши $m = 2 \times 2 \times 2 \times 11,05$, то одержимо трикутноподібну криву з подвійними петлями (рис. 2.9).

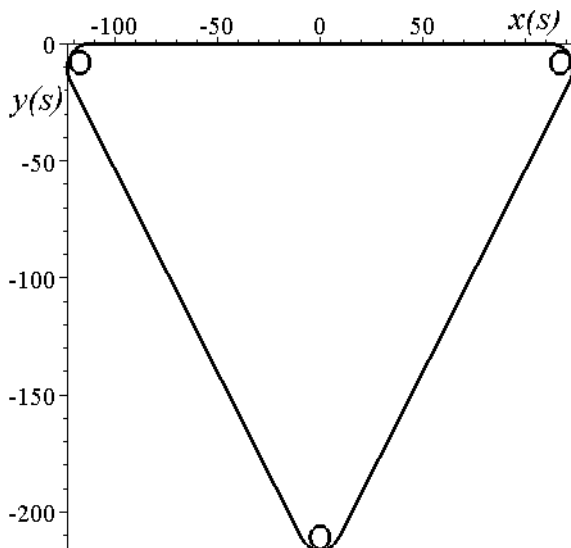


Рисунок 2.8 – Трикутноподібна крива з внутрішніми петлями

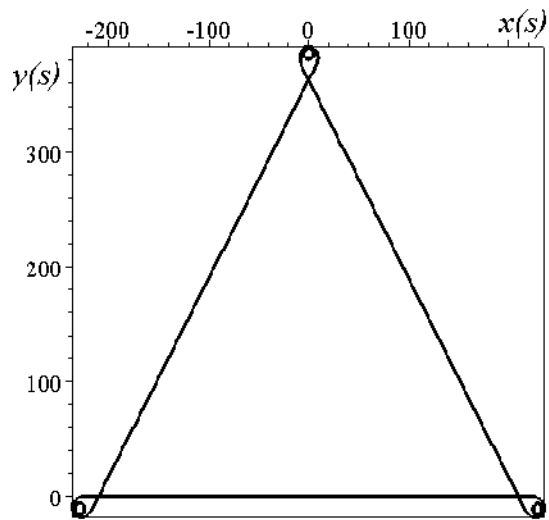


Рисунок 2.9 – Трикутноподібна крива з подвійними петлями

Якщо функцію кривини задати у вигляді (2.1), але змінивши $m = 11,08/2$, то одержимо шестикутноподібну криву (рис. 2.10).

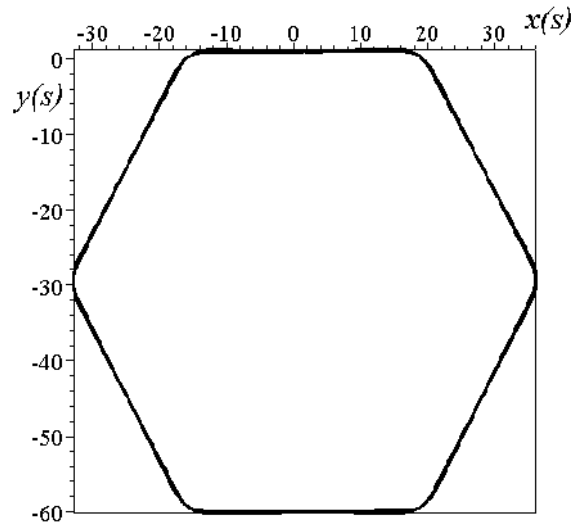


Рисунок 2.10 – Шестикутноподібна крива

Побудова кривої квадратоподібної форми.

Для тематики поліграфічного захисту паперів цікавими будуть результати розв’язання і такої оберненої задачі аналітичної геометрії, коли необхідно описати зображення квадратоподібної лінії.

Постановка задачі. Розробити спосіб опису кривої квадратоподібної форми.

Твердження 2. Для опису кривої квадратоподібної форми необхідно функцію кривини задати у вигляді

$$k(s) = 0 \wedge (\cos(s / m) + \pi / n), \quad (2.2)$$

де \wedge – знак R – кон’юнкції;

$$m = 2(1 + \pi);$$

$$n = 4.$$

На рис. 2.11 наведено графік функції $k(s)$.

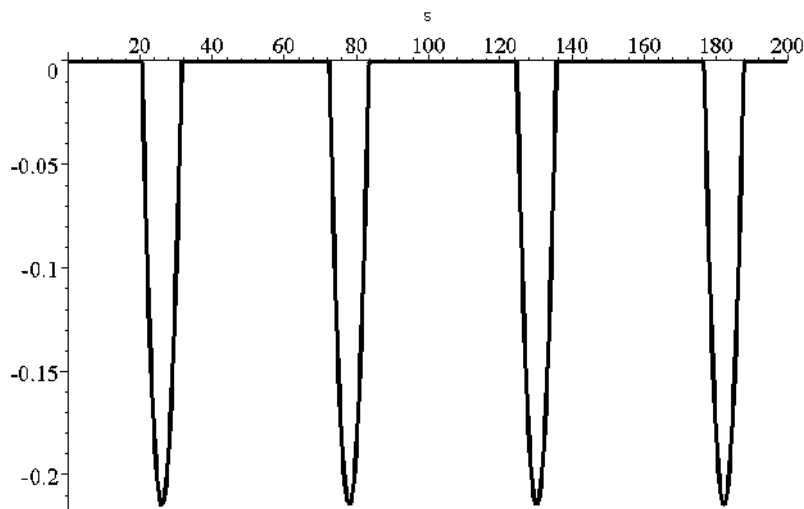


Рисунок 2.11 – Графік функції $k(s) = 0 \wedge (\cos(s / m) + \pi / n)$.

На рис. 2.12 зображено криву, яка відповідає функції (2.2).

Також слід пам'ятати, що крива квадратоподібної форми побудована в результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь Френе, де присутня третя змінна – $\alpha(s)$. Тому цей розв'язок слід розглядати у тривимірному просторі, де вісь 0α спрямована на читача. На рис. 2.13 зображено аксонометрію цього випадку.

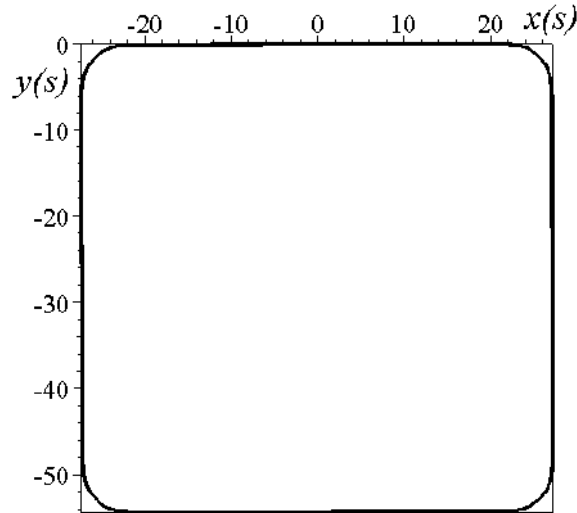


Рисунок 2.12 – Лінія, кривина якої визначається виразом (2.2)

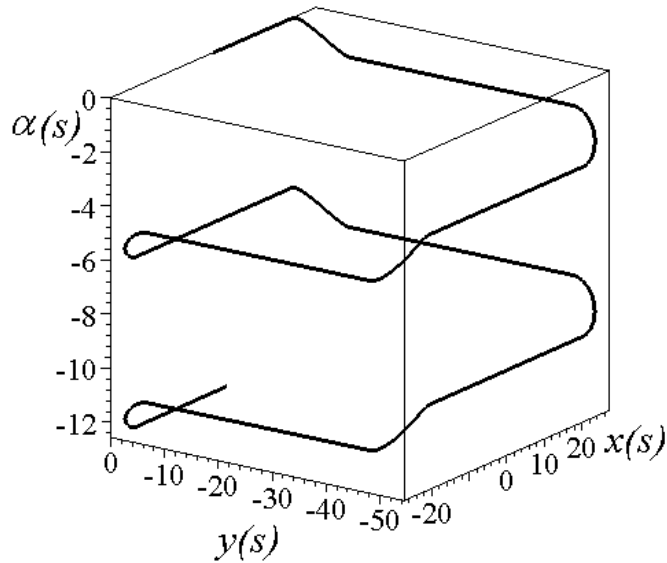


Рисунок 2.13 – Аксонометрія для випадку кривої квадратоподібної форми

Цікавим буде зображення кривої квадратоподібної форми з петлями в кутах, для якої необхідно функцію кривини задати у вигляді (2.2), але змінивши $m = 6(1+\pi)$. На рис. 2.14 зображено графік $k(s)$, а на рис. 2.15 – квадратоподібну криву із зовнішніми петлями. На рис. 2.16 зображено аксонометрію для кривої квадратоподібної форми із зовнішніми петлями.

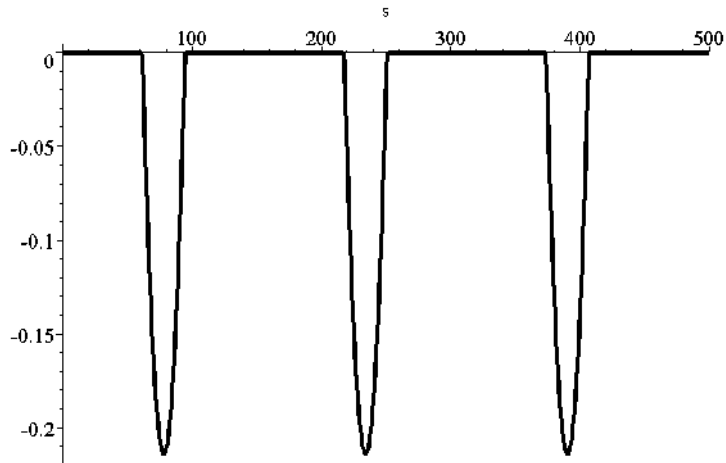


Рисунок 2.14 – Графік функції $k(s)$

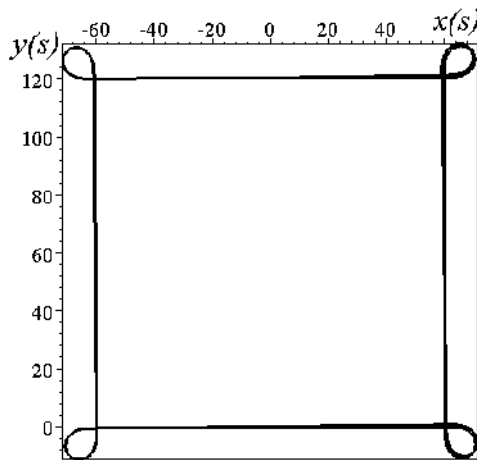


Рисунок 2.15 – Квадратоподібна крива із зовнішніми петлями

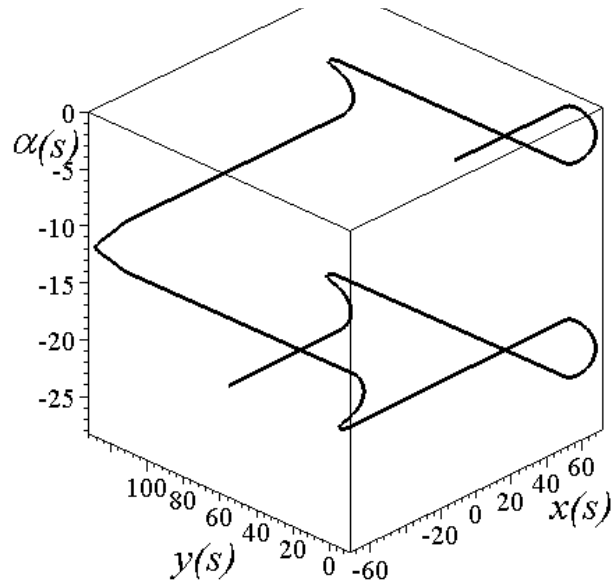


Рисунок 2.16 – Аксонометрія для кривої квадратоподібної форми із зовнішніми петлями

Для побудови зображення кривої квадратоподібної форми з внутрішніми петлями в кутах, необхідно функцію кривини задати у вигляді (2.2), але змінивши $m = 10(1+\pi)$. На рис. 2.17 зображено графік $k(s)$, а на рис. 2.18 – квадратоподібну криву із внутрішніми петлями.

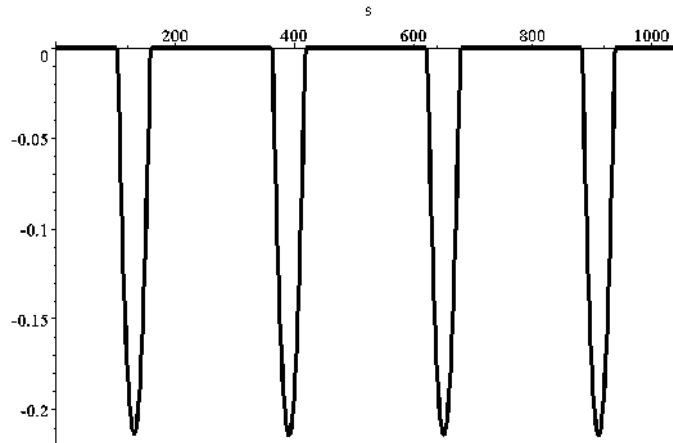


Рисунок 2.17 – Графік функції $k(s)$

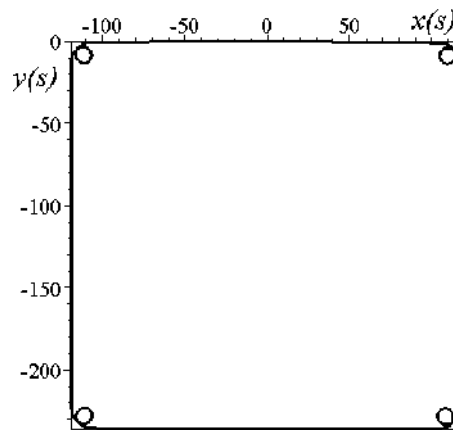


Рисунок 2.18 – Квадратоподібна крива із внутрішніми петлями

Далі наведено приклади виконання складених програм.

Програма побудови трикутноподібної кривої.

Задамо вхідні параметри:

```
a := 0: b := 420: m := 11.08: n := 4:
```

Задамо процедуру-функцію R-кон'юнкції :

```
p := (u,v) -> (u+v-abs(u-v))/2;
```

Для прикладу функцію кривини оберемо у вигляді:

```
kap := s -> p(0, cos(s/m) + Pi/n):
```

Побудуємо графік функції кривини (рис. 2.19):

```
plot(kap(s), s=0..b, thickness=4, color=black);
```

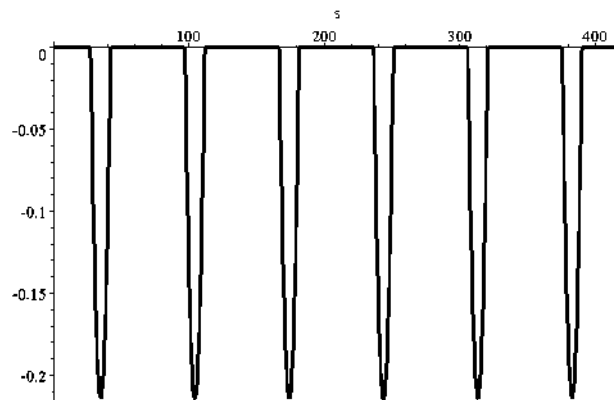


Рисунок 2.19 – Графік функції

Систему диференціальних рівнянь Френе задамо у вигляді:

```
sys := diff(alpha(s), s) = kap(s),
      diff(x(s), s) = cos(alpha(s)),
      diff(y(s), s) = sin(alpha(s));
```

Розв'язання системи рівнянь з одночасною побудовою розв'язка (рис. 2.20) здійснимо за допомогою оператора:

```
DEplot3d({sys}, {x(s), y(s), alpha(s)}, s = a..b,
  [[x(0)=1, y(0)=1, alpha(0)=0.02]],
  scene=[x(s), y(s), alpha(s)],
  stepsize = 0.1, linecolor=red, orientation = [-90,0],
  thickness=3, axesfont=[TIMES,ROMAN,12]);
```

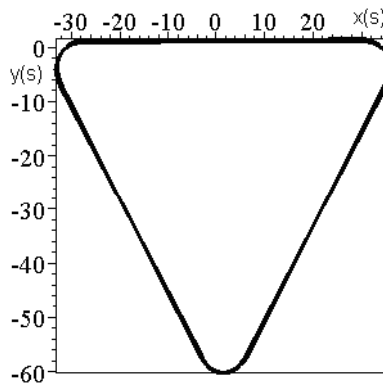


Рисунок 2.20 – Побудовою розв'язка

3 Опис та побудова візерункових суперциклоїд

Розглянуто спосіб побудови візерунків як кривих, описаних за допомогою складеного параметричного рівняння. Для автоматизованого підбору комбінації параметрів з метою пошуку прийняттого візерунка пропонується Maple-програма.

Далі наведемо спосіб побудови множини візерунків як кривих, описаних за допомогою спеціально складеного параметричного рівняння з декількома параметрами.

Нехай крива задана параметричними рівняннями

$$x = sw_1 \cos(t f_1 + \pi(p + p1)) + sw_2 \cos(t f_2 + \pi(p + p2)) + sw_3 \cos(t f_3 + \pi(p + p3));$$

$$y = sw_1 \sin(t f_1 + \pi(p + p1)) + sw_2 \sin(t f_2 + \pi(p + p2)) + sw_3 \sin(t f_3 + \pi(p + p3)),$$

де $s = \frac{R}{\max(w1, w2, w3)}$.

Задіяними параметрами можна варіювати для одержання різноманітних візерунків.

Для автоматизованого підбору комбінації параметрів з метою пошуку прийняттого візерунка пропонується скористатися програмою, головний фрагмент якої має вигляд:

```

for i from 0 to N do
for j from 0 to N do
for k from 0 to N do
w1 := evalf(0.5 + (2- 0.5)*i/N):
w2 := evalf(0.05 + (1- 0.05)*j/N):
w3 := evalf(0.1 + (1- 0.1)*k/N):
ww1 := convert(w1, string):
ww2 := convert(w2, string):
ww3 := convert(w3, string):
txt:= cat(`w1=`,ww1, ` w2=`,ww2, ` w3=`,ww3):
s := R/max(w1, w2, w3):
x := s*w1*cos(f1*t+(p+p1)*Pi)+
s*w2*cos(f2*t+(p+p2)*Pi)+
s*w3*cos(f3*t+(p+p3)*Pi);
y := s*w1*sin(f1*t+(p+p1)*Pi)+
s*w2*sin(f2*t+(p+p2)*Pi)+
s*w3*sin(f3*t+(p+p3)*Pi);
Gr[i,j,k] := plot([x, y, t=0..2*Pi], numpoints=200,
thickness=3, axes=NONE, title=txt);
end do: end do: end do:

```

В результаті виконання програми буде сформовано масив зображень, позначених ідентифікатором **Gr[i,j,k]**. Унаочнити ці зображення у вигляді послідовних слайдів анімаційного фільму можна за допомогою Maple-операторів

```

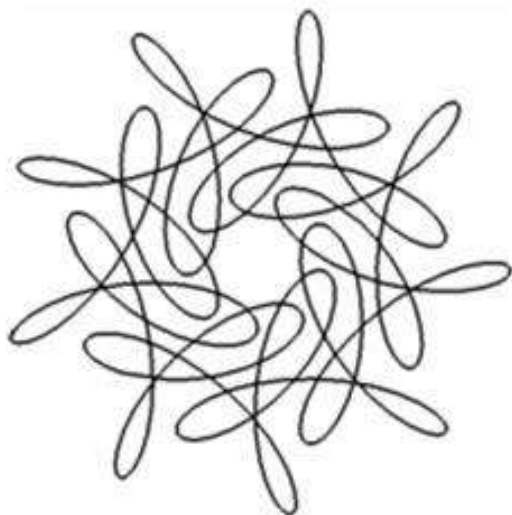
plotsetup(gif, plotoutput= `c:\uzor.gif`);
display(seq(seq(seq(Gr[i,j,k],i=0..N), j=0..N),
k=0..N), scaling=CONSTRAINED, insequence=true);

```

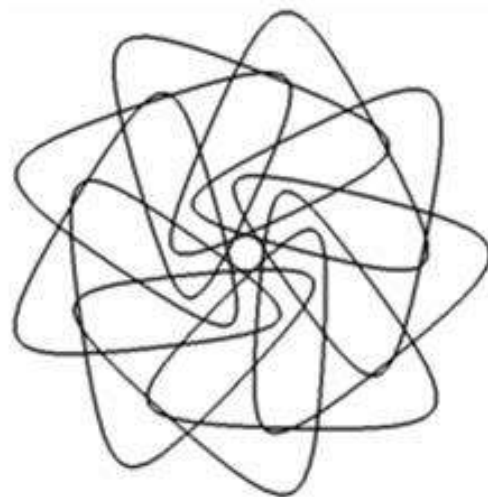
При цьому на диску **c:** буде сформовано графічний файл **uzor.gif**. Тут для прикладу обрано варіант варіювання трьома параметрами w_1 , w_2 і w_3 . При цьому значення їх величин будуть зображуватися на окремих відповідних кадрах слайдів.

Далі наведемо зображення (рис. 3.1), побудовані з параметрами постійних значень $f_1 = 1$; $f_2 = 10$; $f_3 = -17$; $R = 50$; $p = 0$; $p_1 = 0$; $p_2 = 1$; $p_3 = 0.5$, та параметрами змінними w_1 , w_2 і w_3 .

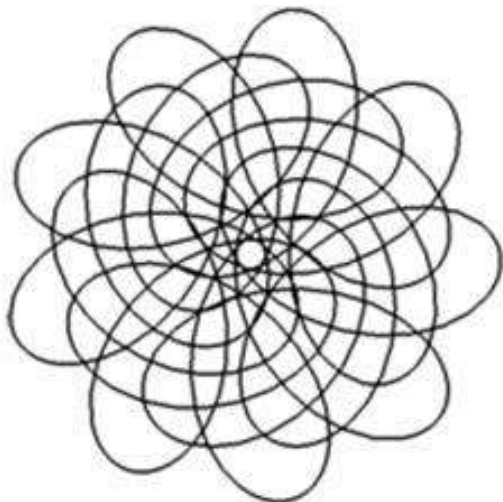
Розробленою програмою доцільно скористатися для автоматизованого підбору комбінації параметрів з метою пошуку візерунка, прийняттого для впроваджень.



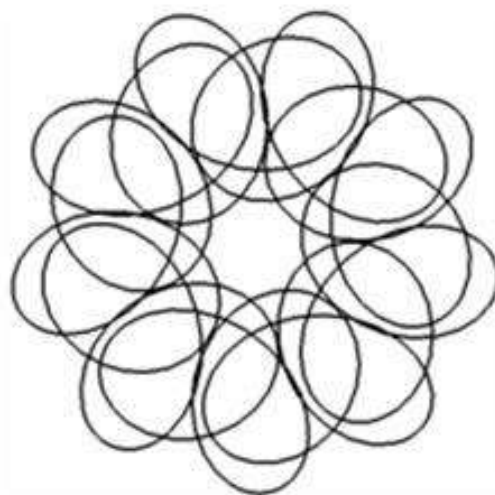
w1=2.0 w2=1.00 w3=1.0



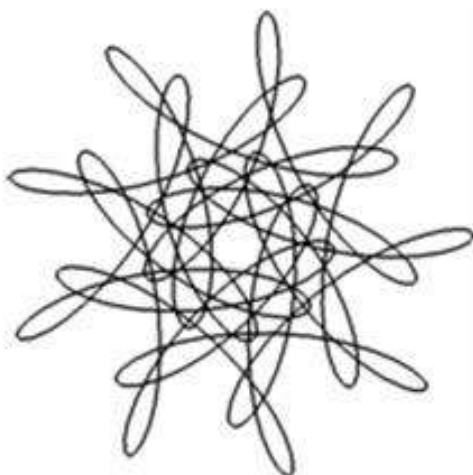
w1=5.0 w2=5.00 w3=15000



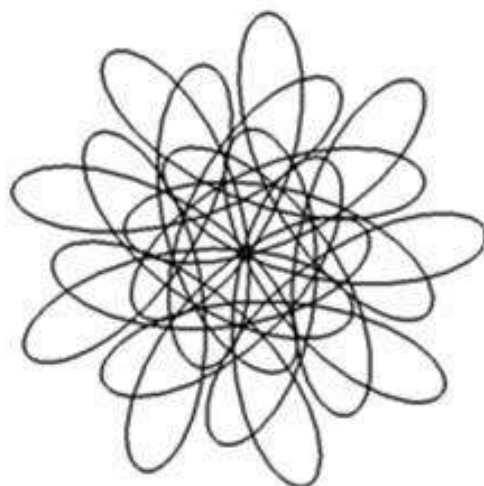
w1=5.0 w2=2.1714 w3=5.0



w1=5.0 w2=.75714 w3=29000



w1=2.0 w2=2.00 w3=1.7286



w1=1.4571 w2=1.7214 w3=2.0

Рисунок 3.1 – Приклади побудованих зображень

Висновки

Для підвищення степені поліграфічного захисту цінних паперів пропонується криві змінної кривини доповнити іншими варіантами кривих, описаних іншими способами.

В нагоді стане спосіб опису та побудова візерункових кривих, які одержали умовну назву «суперциклоїди» з причини входження у форми параметрів, подібно циклоїді.

Для редагування зображень в роботі пропонується використовувати можливості R-функцій.

Графічні зображення, одержані за допомогою комп'ютера, можна використовувати для поліграфічного оформлення книг і буклетів, емблем підприємств, візиток, шпалер, для реклами, як заставки в книгах і журналах, в декоративних малюнках, які наносяться на тканину, посуд, тощо.

Список літератури.

1. Яковлев М. І. Основи композиції (геометричні аспекти художнього формотворення) (2008): Навч. посіб. 2-е вид. / В. Є. Михайленко, М. І. Яковлев. – К.:Каравела, 106-134.
2. Kotov, Yu.V. (1988). *Kak risuet mashina*. Nauka.
3. Челомбiтько, В.Ф. (2012). Новий спосiб кодування дизайну поліграфічного захисту цінних паперів. *Прикладна геометрія та iнженерна графіка*, 4(55), 236-245.
4. Челомбiтько, В.Ф. (2011). Побудова візерунків за допомогою кривих з керованими кривинами. *Технічна естетика i дизайн*, (9), 247-254.
5. Liakhovych, O., & Riznyk, V. (2010). Guilloche as a special kind of printed documents protection. XII International PhD Workshop OWD, 57-60.
6. Liakhovych, O. & Riznyk, V. (2011). Investigation of information technologies for creating guilloches. XIII International PhD Workshop OWD, 97-100.
7. Syracuse Ornamental Co. (1997). *Ornamental Borders, Scrolls And Cartouches in Historic Decorative Styles*. New York: Dover Publications, Inc.
8. Rogers, D. (1989). *Algorithmic foundations of computer graphics*. M. World.
9. Челомбiтько, В.Ф., & Ткаченко, В.П. (2011). Спосiб опису та побудови симетричних орнаментів за допомогою R-функцій. *Технічна естетика i дизайн*, (8), 301-307.
10. Челомбiтько, В.Ф., & Ткаченко, В.П. (2011). Побудова орнаментів з елементами симетрії вiдносно точки з використанням R-функцій. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*, (28), 99-103.
11. Челомбiтько, В.Ф. (2012). Реалізація деяких принципів побудови візерунків засобами операторів мови Maple. *Теорія та практика дизайну*, (2), 127-132.