There is a need to ensure that the gas turbine unit natural gas is not used the energy potential of the exhaust gas after drying and granulation, and the efficiency of the gas turbine does not exceed 30%.

In the proposed method is implemented trigenerative thermodynamically perfect, energy-efficient, high-tech, environmentally friendly high efficiency method of drying and granulation of mineral fertilizers with the use of the technological process of renewable energy (wind and solar).

Completely eliminates the use of natural gas and other fuels with full energy. Implemented regenerating principle with the generation of electricity, heat and cold. Completely no harmful emissions into the atmosphere.

***Key words**: mineral fertilizers, drying and granulation, renewable energy, energy conservation.*

Стаття надійшла в редакцію 01.10.2016р.
Рецензент: д.ф-м.н., професор Кузема О.С.

УДК 514.18

УЗАГАЛЬНЕНЕ НАТУРАЛЬНЕ ТА ПАРАМЕТРИЧНІ РІВНЯННЯ КЛАСУ СПІРАЛЕЙ, ДО ЯКИХ ВХОДЯТЬ ВІДОМІ КРИВІ

С. Ф. Пилипака, д.т.н., проф.,
Т. С. Кремець, к.т.н., доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України;
Т. М. Захарова, к.т.н., Сумський національний аграрний університет.

Сформульовано підхід до конструювання плоских кривих, описаних параметричними рівняннями у функції натурального параметра, на основі задання кривої в полярній системі координат. За допомогою розробленого підходу отримано узагальнене натуральне та параметричні рівняння, які описують широкий спектр спіралей, до якого входять деякі відомі криві. Візуалізовано криві, отримані за допомогою запропонованого підходу. Наведено узагальнене натуральне рівняння отриманих кривих. Наведені у статті криві не вичерпують формотворчі можливості запропонованого підходу.

***Ключові слова:** крива, спіраль, натуральний параметр, параметричні рівняння, натуральне рівняння, довжина дуги.*

Постановка проблеми. Серед різноманіття формоутворення плоских кривих особливе місце займають криві, описані натуральними або параметричними рівняннями у функції натурального параметра (довжини власної дуги). Зокрема, диференціальна геометрія потребує опису кривих їх натуральними рівняннями. Формули Серре-Френе, які є базовими для дослідження і конструювання кривих, можуть застосовуватися до кривих, заданих саме у такій формі. Криві лінії в певних умовах мають механічні властивості, а тому широко застосовуються в техніці. Наприклад, циклоїда є брахістохроною при русі частинки по поверхні під дією сили власної ваги при відсутності опору руху [1]. Підвішена в двох точках гучка важка нитка приймає форму ланцюгової лінії [2]. Перехідні лінії на заокругленнях залізничних колій проектують у формі дуг клотоїди [3] або лемніскати Бернуллі [4]. В зубчатих зачепленнях профіль зуба викреслюється по евольвенті кола [5]. Профілем вертикального перерізу антифрикційної п'яти карусельного токарного верстата є трактриса [6]. При пружному згинанні тонких консольно закріплених стержнів на значну величину під дією прикладеної сили їх вісь приймає форму клотоїди [7]. Окрему групу кривих представляють траєкторії руху матеріальної частинки по шорсткій поверхні або площині [8, 9]. Деякі спеціальні лінії поверхні мають механічні властивості, як, наприклад, геодезичні, які можуть бути граничними траєкторіями руху частинки по поверхні при великих її швидкостях [10], або лінії укосу, як вірогідні траєкторії руху водних потоків [11]. Не зважаючи на те, що в техніці широко застосовуються криві лінії, описані параметричними рівняннями у функції натурального параметра, у науковій літературі плоскі криві, описані у такому вигляді, обмежені незначним переліком.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Параметричні рівняння кривої не завжди можна знайти при наявності її натурального рівняння. В такому випадку слід застосовувати чисельні методи інтегрування. Також можна наближено будувати криві графоаналітичними методами [12] або ж застосовувати кінематичний підхід [12]. Для відшукання параметричних рівнянь спіралей у функції натурального параметра у праці [14] було запропоновано використовувати плоскі ізометричні сітки, а у праці [15] – супровідний тригранник Френе. Проте досліджень кривих ліній на основі натуральних параметрів в прикладній геометрії обмаль, що не відповідає проблемам прикладного застосування.

Мета та завдання дослідження. Поповнити клас плоских спіралей у функції натурального параметра новими кривими із розробкою підходу до їх конструювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Візьмемо плоску криву, задану в полярній системі координат залежностями радіус-вектора ρ від кута його повороту φ: ρ=ρ(φ). Будемо вважати, що обидва ці параметри є функціями довжини дуги s кривої, тобто ρ=ρ(s) і φ=φ(s). Параметричні рівняння кривої запишуться:

$$x = \rho\cos\varphi; \quad y = \rho\sin\varphi. \qquad (1)$$

У випадку, коли незалежною змінною в рівняннях (1) є довжина дуги *s*, повинна виконуватися рівність:

$$x'^2 + y'^2 = 1. \qquad (2)$$

Знаходимо перші похідні рівнянь (1) по параметру *s*:

$$x' = \rho'\cos\varphi - \rho\varphi'\sin\varphi; \quad y = \rho'\sin\varphi + \rho\varphi'\cos\varphi. \qquad (3)$$

Після підстановки (3) в (2) отримаємо:

$$\rho'^2 + \rho^2\varphi'^2 = 1. \qquad (4)$$

Розв'яжемо (4) відносно *φ=φ(s)*:

$$\varphi = \int \frac{\sqrt{1-\rho'^2}}{\rho} ds. \qquad (5)$$

Отже, при належному виборі залежності *ρ=ρ(s)*, яка дозволить проінтегрувати вираз (5), ми отримаємо плоску криву у функції натурального параметра.

Розглянемо приклад. Нехай залежністю *ρ=ρ(s)* буде наступна:

$$\rho = as^n, \qquad (5)$$

де *a, n*– постійні величини.

За формулою (5) знаходимо:

$$\varphi = \int \frac{\sqrt{1-(a*n*s^{n-1})^2}}{a*s^n} ds =$$

$$\frac{s^{1-n}\sqrt{1-a^2n^2s^{-2+2n}} + an\mathrm{ArcSin}[ans^{-1+n}]}{a(1-n)} \qquad (6)$$

Підставивши (5) і (6) в (1) ми отримаємо плоску криву, в якої незалежною змінною є довжина власної дуги. В загальному випадку, за цими рівняннями можна отримати як відомі, так і невідомі криві. Для їх аналізу знайдемо кривину отриманої кривої за відомою формулою:

$$k = \sqrt{x''^2 + y''^2} = \frac{a^2n(2n-1)s^{2n} - s^2}{a*s^{1+n}*\sqrt{s^2 - a^2n^2s^{2n}}}. \qquad (7)$$

Вираз кривини (7) спрощується при певних значеннях *n*. Наприклад, при *n=0* ми отримаємо *k=1/a – const*. В цьому випадку буде коло. При *n=1* із (7) отримаємо: $k = \frac{\sqrt{(1-a^2)}}{as}$, тобто логарифмічну спіраль, оскільки її натуральне рівняння має вигляд *k=c/s*, де *c* – стала. Щоправда, вираз (6) після інтегрування не може бути використаний, оскільки знаменник перетворюється в нуль. Тому ми спрощуємо підкореневий вираз при *n=1* і після цього інтегруємо:

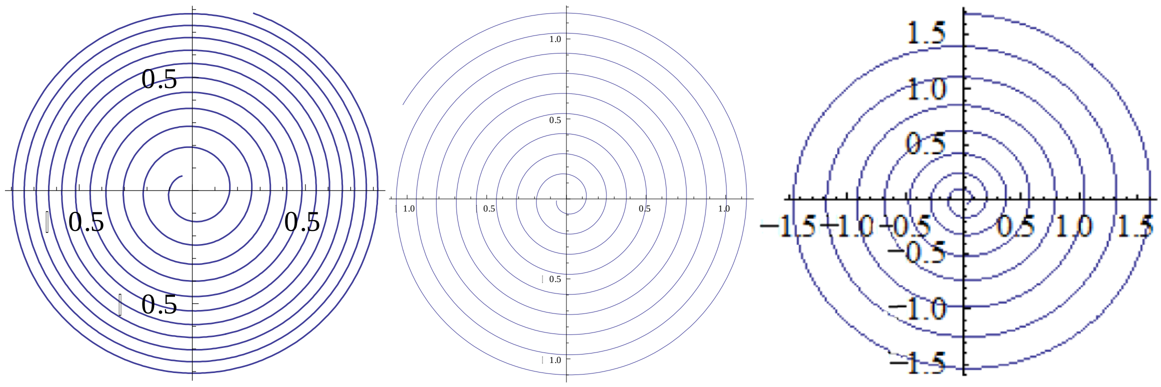
$$\varphi = \int \frac{\sqrt{1-a^2}}{as} ds = \frac{\sqrt{1-a^2}\mathrm{Log}[s]}{a}. \qquad (7)$$

Отже логарифмічну спіраль отримуємо при лінійній залежності радіус-вектора *ρ=as* і наведеній в (7) залежності кута *φ.*

Вираз кривини (натурального рівняння) (7) суттєво спроститься при *n=1/2.* В цьому випадку матимемо:

$$k = \frac{-2}{a\sqrt{4*s - a^2}}. \qquad (8)$$

Знак «мінус» в (8) не має суттєвого значення, оскільки при його заміні на «плюс» форма кривої не змінюється, а тільки змінюється напрям закручування (в нашому випадку це спіраль). Цікаво, як таке спрощення натурального рівняння відобразиться на формі кривої. На рис. 1 наведені криві при *n=1/2*, а також при значенні *n*, незначно відмінному від 0,5 в сторону збільшення або зменшення.



а б в

Рис. 1. Спіралі, побудовані при різних значеннях сталої *n* в залежностях (5) і (6) і *a=0,5*:
а) *n=0,4*; б) *n=0,5;* в) *n=0,6*

Візуально видно, що при *n=0,5* щільність закручування витків приблизно однакова; при *n<0,5* щільність намотування до периферії зростає; при *n>0,5,* щільність намотування до периферії зменшується. Крім того, крива при *n=0,5* по формі нагадує евольвенту кола. Якщо в рівнянні (8) сталій *a* надати значення $a = \sqrt{2r}$ через іншу сталу *r*, то натуральне рівняння (8) набуде вигляду:

$$k = \frac{1}{\sqrt{2rs - r^2}} . \qquad (9)$$

Рівняння (9) відрізняється від натурального рівняння евольвенти кола сталою r^2, а це означає, що воно є рівнянням евольвенти кола радіуса *r*, якщо сталій *a* надати значення $a = \sqrt{2r}$, лише відлік дуги почнеться не із нуля, а із початкового значення $s_0=r/2$. Таким чином, натуральне рівняння (7) описує широкий спектр спіралей, до якого входять відомі криві, а саме: при $n=0$ – коло, при $n=0,5$ – евольвента кола, при $n=1$ – логарифмічна спіраль.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблений підхід та отримані за його допомогою спіралі у натуральній параметризації дозволяють розширити клас кривих, описаних у такому вигляді. До того ж наведені у статті криві не вичерпують формотворчі можливості запропонованого підходу.

Список використаної літератури:

1. *Василенко П.М.* Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – Киев: Изд-во Укр. акад. сельск. наук, 1960. – 283 с.
2. *Шмидт М.П., Шмидт А.М.* Равновесие гибкой нерастяжимой подвешенной нити // Фізика: проблеми викладання, 2005. – № 1. – С. 23 – 25.
3. *Босов А.А., Лагута В.В.* Рациональные переходные кривые железнодорожного транспорта // Математическое моделирование в задачах железнодорожного транспорта: Межвуз. сб. научн. тр. ДИИТ. – Днепропетровск, 1988. – С. 4 – 11.
4. *Шикин Е.В.* Кривые на плоскости и в пространстве. Справочник с приложением дискеты «Плоские кривые» / Е.В. Шикин, М.М. Франк-Каменецкий. – М.: ФАЗИС, 1997. – 336 с.
5. *Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К., Тимофеев Г.А., Никоноров В.А.* Теория механизмов и механика машин / Колесников К. С. – Издание четвёртое, исправленное и дополненное. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – Т. 5. – 664 с.
6. *Савелов А.А.* Плоские кривые. Систематика, свойства, применения / А.А. Савелов. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 1960. – 292 с.
7. *Пилипака С.Ф.* Пружне згинання стержнів при значних їх прогинах / С.Ф. Пилипака, В.М. Несвідомін, Т.С. Пилипака // Електротехніка і механіка. – К., 2007. – № 1. – С. 43 – 51.
8. *Адамчук В.В.* Теоретичне дослідження розгону мінеральних добрив розсіювальним органом / В.А. Адамчук // Механізація і енергетика сільського господарства. IV Міжнародна науково-технічна конференція MOTROL–2003. – К.: НАУ, 2003. – Том 6. – С. 113 – 126.
9. *Булгаков В.М.* Теория движения частицы в центробежном высевающем аппарате / В.М. Булгаков, С.Ф. Пилипака, В. Приступа // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Tom 12. Lublin, 2010. – Р. 122 – 131.
10. *Войтюк Д.Г.* Побудова геодезичних ліній, як граничних траєкторій руху матеріальних частинок по поверхні / Д.Г. Войтюк, С.Ф. Пилипака // Науковий вісник Національного аграрного університету. – К.: НАУ, 2003. – Вип. 60. – С. 138 – 141.
11. *Пилипака С.Ф.* Моделювання ліній найбільшого нахилу поверхні поля для системи точного землеробства / С.Ф. Пилипака, М.С. Волянський, І.Ю. Хименко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 4. Прикл. геометрія та інж. графіка. – Том 23. – Мелітополь: ТДАТА, 2004. – С. 23 – 28.
12. *Пилипака С.Ф.* Графо-аналитический метод приближенного построения кривой по заданному натуральному уравнению / С.Ф. Пилипака // Прикл. геометрия и инж. графика. – К.: Будівельник, 1989. – Вып.48. – С. 44 – 45.
13. *Пилипака С.Ф.* Кинематический способ построения плоской кривой по ее натуральному уравнению / С.Ф. Пилипака // Прикл. геометрия и инж. графика. – К.: КГТУСА, 1995. – Вып. 58. – С. 100.
14. *Пилипака С.Ф.* Конструювання кривих у функції натурального параметра на основі плоских ізометричних сіток / С.Ф. Пилипака, Т.М. Захарова // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 4. Прикл. геометрія та інж. графіка. – Т. 50. – С. 29 – 35.
15. Захарова Т. М. Конструювання плоских кривих, що описуються рівняннями у функції довжини дуги, за допомогою супровідного тригранника вихідної кривої. Частина 2 / Т. М. Захарова // Прикладна геометрія та інженерна графіка: міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 90. – К.: КНУБА, 2012 р. – С. 126 – 131.

Пилипака С.Ф., Кремец Т.С., Захарова Т.Н. ОБОБЩЕННОЕ НАТУРАЛЬНОЕ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ КЛАССА СПИРАЛЕЙ, В КОТОРЫЙ ВХОДЯТ ИЗВЕСТНЫЕ КРИВЫЕ.

Сформулировано подход к конструированию плоских кривых, описанных параметрическими уравнениями в функции натурального параметра, на основе задания кривой в полярной системе координат. С помощью разработанного подхода получено обобщенное натуральное и параметриче-

ские уравнения, которые описывают широкий спектр спиралей, в который входят некоторые известные кривые. Визуализировано кривые, полученные с помощью предложенного подхода. Приведено обобщенное натуральное уравнение полученных кривых. Приведенные в статье кривые не исчерпывают формообразующие возможности предложенного подхода.

Ключевые слова: *кривая, спираль, натуральный параметр, параметрические уравнения, натуральное уравнение, длина дуги.*

Pylypaka S., Kremetz T.S. Zakharova T. GENERALIZED NATURAL AND PARAMETRIC EQUATIONS OF THE CLASS OF SPIRALS, WHICH INCLUDES FAMOUS CURVES.

Differential geometry requires a description of curves by their natural equations. Formulas Frenet-Serret which is the basis for the research and construction of curves can be applied only to the curves defined in this form. Despite the fact that the technology is widely used spiral curves, in the scientific literature, flat spirals described in the function the natural parameter are limited to only two, namely the involute range and logarithmic spiral.

A lot of practical technical problems require the curves, which can be described by the parametrical equations in the function of natural parameter. These problems include the problem of bending of the sheet material, constructing of agricultural tools by the predetermined requirements, tasks of kinematics and dynamics of complex motion of a point, theoretical mechanics problems that operates of natural way of setting of point motion and so on. In this case, you can always find the natural equation of curves, which has a wide practical application in particular in differential geometry. Scientists developed methods of constructing curves in the function of the natural parameter by using the flat isometric grids, with accompanying Frenet-Serret formulas, on the surfaces of rotation and so on. These methods can extend the class of curves, which can be described by the parametric equations in the function of the length of own arc.

In the article the approach of designing of flat curves in a natural parameter is developed. Also generalized natural and parametric equations that describe a wide range of spirals, which includes some famous curves, are received. Natural equation which is received describes a wide range of spirals, which includes the famous curves, especially circle, involute of the circle, logarithmic spiral. The got in the article results are visualized.

The developed approach and obtained by it a spirals in natural parameterization can expand the class of curves described in this form. Also curves which are found in this article do not exhaust the possibilities of shaping of the proposed approach.

Keywords: *curve, spiral, natural parameter, parametrical equations, natural equation, length of arc.*

Стаття надійшла в редакцію: 16.09.2016
Рецензент: д.т.н., проф. Павлюченко А.М.

УДК 631.613:631.53.04:620.952

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ СІВБИ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР НА СХИЛОВИХ ЗЕМЛЯХ МАЛОЇ КРУТИЗНИ

В. М. Пришляк, к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

На основі методів аналізу та синтезу обґрунтовано пріоритетні напрямки наукових досліджень підвищення якісних показників сівби біоенергетичних культур на схилових землях малої крутизни. До таких напрямків віднесено: рельєф поля та його мінливість, меліоративні роботи і технічні засоби для забезпечення їх виконання; агрохімічні характеристики та технологічні властивості ґрунту, методи й способи їх визначення; біоенергетичні культури, як сировина для виробництва біопалив; сівозміни біоенергетичних культур; ерозійні процеси у технологіях сівби на схилах та розробка агротехнічних заходів їх запобігання − пунктирне наколювання ґрунту поперек схилу, мульчування; особливості функціонування сівалок та виконання ними технологічних процесів на полях зі змінним рельєфом місцевості залежно від конструктивних схем і типу робочих органів; вчення акад. П.М. Василенка, як методологічна основа дослідження функціонування посівних машин і агрегатів у технологіях сівби біоенергетичних культур у складних рельєфних умовах.

Ключові слова: *біоенергетичні культури, схилові землі, сівба, сівалка, передпосівний обробіток ґрунту, висівний апарат, насіння.*

Постановка проблеми. Сівба біоенергетичних культур (БК) на схилах малої крутизни (до 3 – 4 град.) – необхідна та надзвичайно відповідальна операція технологій землеробства. Від розвитку науки з розв’язання проблемних питань, що виникають у цій галузі, рівня технічного забезпечення сільсько-господарського виробництва, своєчасності та якості проведення сівби, значною мірою залежить урожайність культур, собівартість вирощеної продукції та рентабельність агробізнесу загалом. Раціональне економічно обґрунтоване поєднання глибокого, основного, поверхневого обробітків ґрунту на схилових землях у технологіях підготовки ґрунту до сівби БК і,