УДК 514.18
Сергій УСТЕНКО
ustenko.s.a@gmail.com
ORCID: 0000-0003-4968-1233
Олександр СИНЯВІН
alexander-sinyavin@yandex.ua
м. Миколаїв

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЛОСКИХ КРИВИХ ІЗ ЗАДАНИМ ПАРАБОЛІЧНИМ РОЗПОДІЛОМ КРИВИНИ НА ОБМЕЖЕНІЙ ПЛОЩИНІ

Робота присвячена розробці нового підходу до моделювання плоскої кривої лінії із параболічним розподілом кривини на обмеженій площині. Крива, що моделюється, починається та закінчується прямолінійними ділянками. Виконаний аналіз відомих літературних джерел підтвердив необхідність розробки такого підходу, оскільки досі, як правило, розглядалися методи побудови ділянки на обмеженій площині, що розпочиналися прямолінійно, а закінчувались круговою ділянкою. Запропонований в роботі підхід досліджувався програмними додатками створеними об'єктно-орієнтованою мовою програмування C#.
Ключові слова: крива лінія, параболічний розподіл кривини, обмежена площина, геометричне моделювання.

Постановка проблеми. Однією з важливих проблем, що постають перед економікою України, є зростання ефективності виробничих процесів, розробка та впровадження нових сучасних технологій, підвищення ефективності машин, апаратів, двигунів, зниження трудових та енергетичних витрат, економія сировини та природних мінеральних і паливних ресурсів, зниження та запобігання забрудненню довкілля. Розв'язання цієї проблеми неможлива без глибокого проникнення в фізичну сутність явищ, що досліджуються, розробки та вдосконалення відповідних теоретичних положень, впровадження досягнутих наукових результатів у виробництво [5].

Геометричне моделювання плоских кривих ліній є невід'ємним етапом проектування криволінійних обводів технічно складних об'єктів таких галузей економічної діяльності, як: архітектурно-будівельної, металообробної, сільгоспмашинобудівної, літакобудівної, турбо- та компресоробудівної тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують багато різних підходів до геометричного моделювання плоских кривих ліній за заданими граничними умовами. Один із них оснований на понятті інтегральної моделі кривої і запропонований в роботі [4], отримав подальший розвиток у роботах вчених та їх учнів Миколаївського осередку Української асоціації з прикладної геометрії, які займаються, зокрема, питаннями геометричного моделювання кривих ліній і поверхонь складних об'єктів різних галузей технологічно складних галузей промисловості. Ці об'єкти мають особливості, обумовлені специфічними умовами роботи, і тому потребують розробки спеціальних підходів до утворення плоских кривих і на їх основі поверхонь. Важливими характеристиками, що подаються до обводів, є неперервність кривини і скруту

В узагальненому вигляді питання геометричного моделювання просторових і плоских криволінійних обводів висвітлене в роботі [11]. Плоским криволінійним обводам, а також питанням їх моделювання із застосуванням графіків розподілу кривини присвячені також публікації [1, 2, 4, 7, 8, 10, 12].

Постановка завдання. Робота присвячена розробці нового підходу до побудови плоскої кривої лінії із параболічним розподілом кривини на обмеженій площині. Така задача виникає у випадках коли потрібно криволінійний обвід розмістити на площині, що обмежена якимось об'єктом, наприклад криволінійну ділянку залізничної колії в гірській місцевості.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо ділянку плоскої кривої лінії, показану на рис. 1 [5], на якому застосовані такі позначення: S – довжина дуги ділянки; ds – диференціал дуги; $\varphi(0)$ – кут нахилу дотичної в початковій точці; $\varphi(S)$ – кут нахилу дотичної в кінцевій точці кривої.

Цій кривій відповідає деякий графік розподілу її кривини $K(s)$, побудований в залежності від довжини дуги обводу (рис. 2).

Якщо графік розподілу кривини відомий, то побудувати криву, що йому відповідає, можна без особливих проблем. Дійсно, диференціал дуги ds за відомим значенням кута нахилу дотичної до осі x дорівнює:

$$ds = d\varphi / K(s).$$

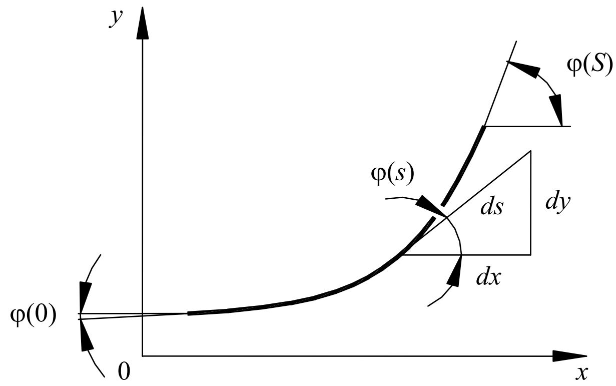

Рис. 1. Ділянка плоскої кривої

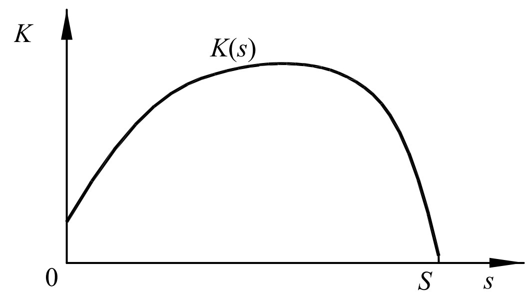

Рис. 2. Графік розподілу кривини

Інтегруванням з цього виразу можна знайти кут нахилу дотичної до кривої в довільній її точці:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + \int_0^s K(s)\,ds .$$

Знайдемо рівняння кривої, яка утворюється на базі заданого розподілу кривини. З рис. 1 випливає, що

$$dx = ds \cos\varphi(s);$$

$$dy = ds \sin\varphi(s).$$

Інтегруванням цих виразів отримаємо параметричне рівняння кривої, в якому за параметр прийнято довжину дуги:

$$x(s) = x(0) + \int_0^s \cos\varphi(s)\,ds;$$

$$y(s) = y(0) + \int_0^s \sin\varphi(s)\,ds,$$

де $x(0)$, $y(0)$ – координати початкової точки кривої.

Ці рівняння є рівняннями клотоїди.

При геометричному моделюванні плоских кривих ліній існують певні обмеження на їх форму. Наприклад:

- крива повинна починатися і/або закінчуватися у заданих точках;
- крива повинна проходити через одну або декілька проміжних точок;
- в початковій і/або кінцевій точках потрібно забезпечити задані кути нахилу дотичних;
- потрібно забезпечити задані кути нахилу дотичних до кривої в проміжних точках;
- в початковій і/або кінцевій точках потрібно забезпечити задані кривини;
- потрібно забезпечити задані кути кривини в проміжних точках тощо.

Крім того, можуть виникати зовнішні обмеження, прикладом якого є обмеження площини, на якій буде розташовано ділянку плоскої кривої лінії. Дана проблема вже неодноразово розглядалась вченими, зокрема Миколаївського осередку Української асоціації з прикладної геометрії, але стосовно залізничної колії, що необхідно прокладати на обмеженій за розмірами ділянці місцевості [3, 6, 9].

В роботах під обмеженням автори розуміли наявну в розпорядженні проектанта відстань від початку перехідної кривої (плоска крива лінія) на прямолінійній ділянці колії (точка *A*) до дотичної до кругової ділянки шляху (точка *B*). Дотична до кругової ділянки проводилася перпендикулярно до передбачуваного продовження прямолінійної рейки шляху (рис. 3).

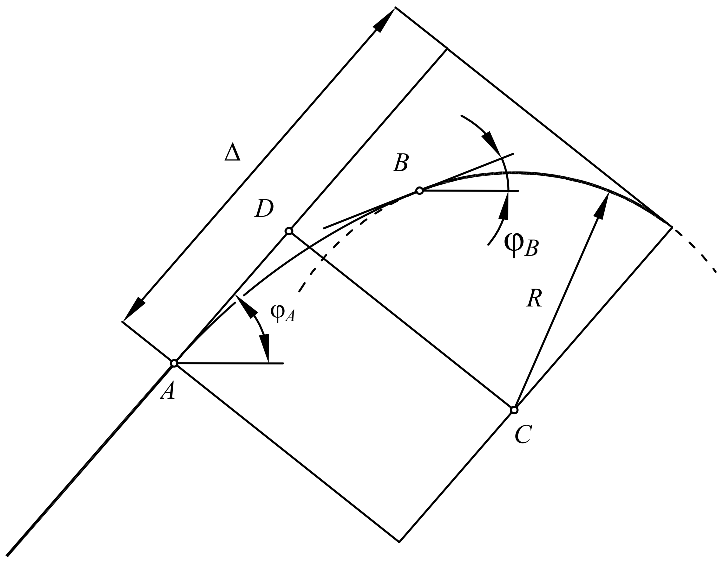

Рис. 3. До устрою перехідної кривої

Побудову перехідної ділянки пропонувалося здійснювати з використанням кривої, кривина якої описується кубічною залежністю від довжини її дуги *s*:

$$k(s) = as^3 + bs^2 + cs + d.$$

де коефіцієнти *a*, *b*, *c* і *d* визначаються в процесі моделювання кривої.

В даній роботі пропонується виконувати геометричне моделювання кривої лінії на обмеженій площині, кривина якої описується параболічним законом розподілу кривини.

Розглянемо ділянку плоскої кривої, яка генерується за умови, що задано графік параболічного розподілу кривини кривої, залежно від її довжини (рис. 4).

Опишемо криву, показану на рисунку, параболою другого степеня:

$$K(s) = as^2 + bs + c\ ,$$

де $K(s)$ – параболічна залежність кривини від довжини дуги, $c = K_1$, а інші коефіцієнти знаходяться в залежності $aS + b = \frac{K_2 - K_1}{S}$.

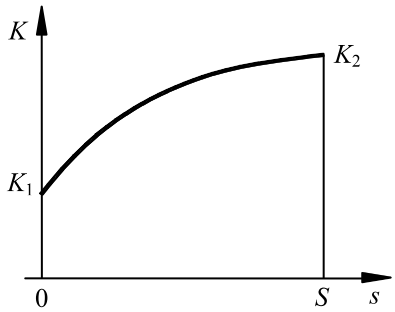

Рис. 4. Графік параболічного розподілу кривини

Формула для визначення кута нахилу дотичної набуде такого вигляду:

$$\varphi(s) = \varphi(0) + s\left(s\left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2}\right) + c\right).$$

Моделювати плоску криву лінію будемо для випадку коли є дві прямолінійні ділянки обводу, що знаходяться під різними кутами до горизонталі (φ_0 і φ_1), які потрібно з'єднати кривою лінією із забезпеченням неперервної кривини на ділянці (рис. 5).

Крива лінія будується між точками *A* і *B*, в яких задані кути нахилу дотичних (кути нахилу прямолінійних ділянок) та кривина (для прямолінійної ділянки дорівнює 0). Обмеженням по площині є пряма лінія паралельна лінії, що з'єднує точки *A* і *B* та знаходиться на заданій відстані від неї f_{max}.

Крива, що моделюється буде складатись з двох криволінійних ділянок заданих параболічним розподілом кривини, де точкою стикування буде точка *C*, що знаходиться на максимальній відстані від лінії, яка з'єднує точки *A* і *B*.

Для спрощення побудови криволінійних ділянок, геометричне моделювання будемо виконувати в прямокутній системі координат, центр якої знаходиться в точці *A*, а вісь *x* проходить через точку *B* (рис. 6).

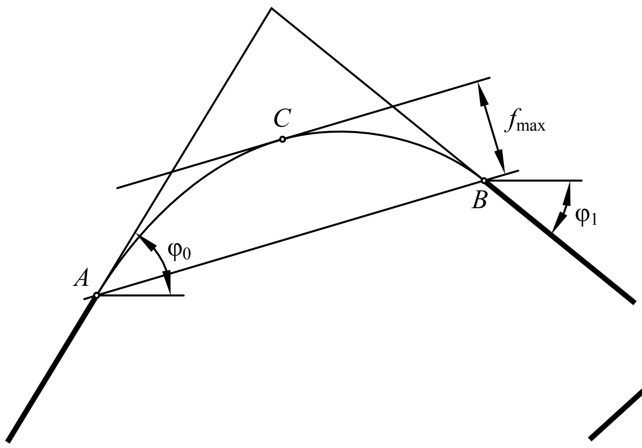

Рис. 5. Формування обмежень для кривої з параболічним розподілом кривини

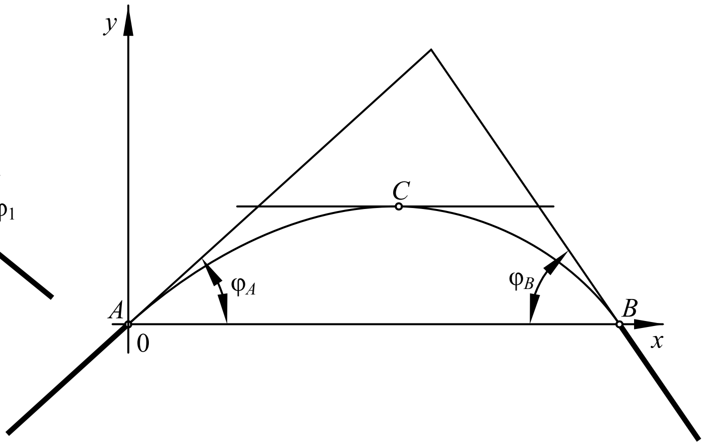

Рис. 6. Система координат для моделювання

Тоді кути нахилу дотичних в початковій та кінцевій точках будуть дорівнювати новим значенням – φ_A і φ_B:

$$\varphi_A = \varphi_0 - \arctan\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}; \quad \varphi_B = \varphi_1 - \arctan\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}.$$

Рівняння розподілів кривини криволінійних ділянок будуть мати наступний вигляд:

$$K_1(s) = a_1 s^2 + b_1 s + c_1; \quad K_2(s) = a_2 s^2 + b_2 s + c_2,$$

де a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2 – невідомі коефіцієнти розподілів кривини, що знаходяться в результаті моделювання криволінійних ділянок.

В точках *A* і *B* кривина ліній буде дорівнювати 0, а в точці *C* – кривина першої ділянки дорівнює кривині другої ділянки, отже:

$$K_1(0) = c_1 = 0;$$

$$K_2(S) = a_2 S^2 + b_2 S + c_2 = 0;$$

$$K_1(s_{\max}) = a_1 s_{\max}^2 + b_1 s_{\max} + c_1 = a_2 s_{\max}^2 + b_2 s_{\max} + c_2 = K_2(s_{\max}),$$

де *S* – довжина криволінійної ділянки від точки *A* до точки *B*; s_{max} – довжина криволінійної ділянки від точки *A* до точки *C*. Значення довжин знаходяться в результаті моделювання.

Після перетворень, із даних виразів випливає, що

$$c_1 = 0; \; a_2 = -\frac{c_2}{S^2} - \frac{b_2}{S}; \; a_1 = c_2 \frac{S^2 - s_{\max}^2}{s_{\max}^2 S^2} + b_2 \frac{S - s_{\max}}{s_{\max} S} - \frac{b_1}{s_{\max}}.$$

ISSN 2520-2820 (online), ISSN 2524-0978 (print)

Таким чином, рівняння розподілів кривини криволінійних ділянок будуть такими:

$$K_1(s)=\frac{s^2}{s_{\max}}\left(c_2\frac{S^2-s_{\max}^2}{s_{\max}S^2}+b_2\frac{S-s_{\max}}{S}-b_1\right)+b_1 s\ ;$$

$$K_2(s)=c_2+b_2 s-\frac{s^2}{S}\left(c_2\frac{1}{S}+b_2\right).$$

Формули для визначення кутів нахилу дотичних до кривої буде мати такий вигляд:

$$\varphi_1(s)=\varphi_A+\frac{s^3}{3s_{\max}}\left(c_2\frac{S^2-s_{\max}^2}{s_{\max}S^2}+b_2\frac{S-s_{\max}}{S}-b_1\right)+b_1\frac{s^2}{2}\ ;$$

$$\varphi_2(s)=\varphi_C+c_2 s+b_2\frac{s^2}{2}-\frac{s^3}{3S}\left(c_2\frac{1}{S}+b_2\right).$$

В точках A і B кути нахилу дотичних задаються, а в точці C – кут нахилу дотичної дорівнює куту дотичної другої ділянки і дорівнює 0, отже:

$$\varphi_1(s_{\max})=\varphi_A+\frac{s_{\max}^2}{6}\left(2c_2\frac{S^2-s_{\max}^2}{s_{\max}S^2}+2b_2\frac{S-s_{\max}}{S}+b_1\right)=0\ ;$$

$$\varphi_2(s_{\max})=\varphi_C+s_{\max}\left[c_2+b_2\frac{s_{\max}}{2}-\frac{s_{\max}^2}{3S}\left(c_2\frac{1}{S}+b_2\right)\right]=\varphi_C\ ;$$

$$\varphi_2(S)=\varphi_C+b_2\frac{S^2}{6}+c_2\frac{2S}{3}=\varphi_B\ .$$

Підставимо граничні умови і після перетворень, отримаємо

$$b_1=-\frac{6\varphi_A}{s_{\max}^2}-\frac{2\varphi_B(3S-s_{\max})}{S^2(S-s_{\max})};\quad b_2=2\varphi_B\frac{3S^2-s_{\max}^2}{S^2(S-s_{\max})^2};\quad c_2=-\varphi_B\frac{s_{\max}(3S-2s_{\max})}{S(S-s_{\max})^2}.$$

Отримані вирази для невідомих підставимо до рівнянь кривини

$$K_1(s)=6\varphi_A\frac{s}{s_{\max}^2}\left(\frac{s}{s_{\max}}-1\right)+\varphi_B\frac{s(3S-s_{\max})}{S^2(S-s_{\max})}\left(\frac{3s}{s_{\max}}-2\right);$$

$$K_2(s)=\varphi_B\frac{s\left[2\left(3S^2-s_{\max}^2\right)-3s(2S-s_{\max})\right]-Ss_{\max}(3S-2s_{\max})}{S^2(S-s_{\max})^2}.$$

та кутів нахилу дотичних до криволінійних ділянок

$$\varphi_1(s)=\varphi_A\left[1+\frac{s^2}{s_{\max}^2}\left(\frac{2s}{s_{\max}}-3\right)\right]+\varphi_B\frac{s^2(3S-s_{\max})}{S^2(S-s_{\max})}\left(\frac{s}{s_{\max}}-1\right);$$

$$\varphi_2(s)=\varphi_B\frac{s\left\{s\left[\left(3S^2-s_{\max}^2\right)-s(2S-s_{\max})\right]-Ss_{\max}(3S-2s_{\max})\right\}}{S^2(S-s_{\max})^2}.$$

Перевіримо отримані формули. Для цього підставимо граничні умови для кривини та розподілу кривини в рівняння:

$$K_1(0)=0\ ;\ K_2(S)=0\ ;$$

$$K_1(s_{\max})=\varphi_B\frac{s_{\max}(3S-s_{\max})}{S^2(S-s_{\max})}\ ;\ K_2(s_{\max})=\varphi_B\frac{s_{\max}(3S-s_{\max})}{S^2(S-s_{\max})}.$$

$$\varphi_1(0)=\varphi_A\ ;\ \varphi_2(S)=\varphi_B\ ;\ \varphi_1(s_{\max})=0\ ;\ \varphi_2(s_{\max})=0\ .$$

Таким чином, отримаємо вирази для визначення невідомих коефіцієнтів параболічного розподілу кривини в залежності від граничних умов:

$$a_1 = \frac{6\varphi_A}{s_{\max}^3} + 3\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{s_{\max} S^2 (S - s_{\max})};\; a_2 = -3\varphi_B \frac{2S - s_{\max}}{S^2 (S - s_{\max})^2};$$

$$b_1 = -\frac{6\varphi_A}{s_{\max}^2} - 2\varphi_B \frac{3S - s_{\max}}{S^2 (S - s_{\max})};\; b_2 = 2\varphi_B \frac{3S^2 - s_{\max}^2}{S^2 (S - s_{\max})^2};$$

$$c_1 = 0;\; c_2 = -\varphi_B \frac{s_{\max}(3S - 2s_{\max})}{S (S - s_{\max})^2}.$$

Криволінійний обвід, отриманий за допомогою параболічного розподілу кривини, в загальному випадку матиме такий вигляд:

$$x(s) = x(0) + \int_0^s \cos\left(\varphi(0) + s\left(s\left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2}\right) + c\right)\right) ds;$$

$$y(s) = y(0) + \int_0^s \sin\left(\varphi(0) + s\left(s\left(\frac{as}{3} + \frac{b}{2}\right) + c\right)\right) ds.$$

Враховуючи, що ділянка криволінійного обводу складається з двох кривих, кривина яких змінюється за параболічним законом розподілу, та враховуючи граничні умови, рівняння ділянок будуть наступними:

$$x_1(s) = x_A + \int_0^s \cos\varphi_1(s) ds;\; y_1(s) = y_A + \int_0^s \sin\varphi_1(s) ds;$$

$$x_2(s) = x_C + \int_{s_{\max}}^s \cos\varphi_2(s) ds;\; y_2(s) = y_C + \int_{s_{\max}}^s \sin\varphi_2(s) ds.$$

Одна з граничних умов, а саме обмеження площини, не впливає на кривину та кут нахилу дотичної, тому розглянемо додаткові рівняння, що це обмеження враховують. У випадку якщо координата y точки C, отриманої кривої, не відповідає значенню $f_{\max}$, потрібно змістити точки A і B вздовж прямолінійних ділянок на значення Δf (рис. 7).

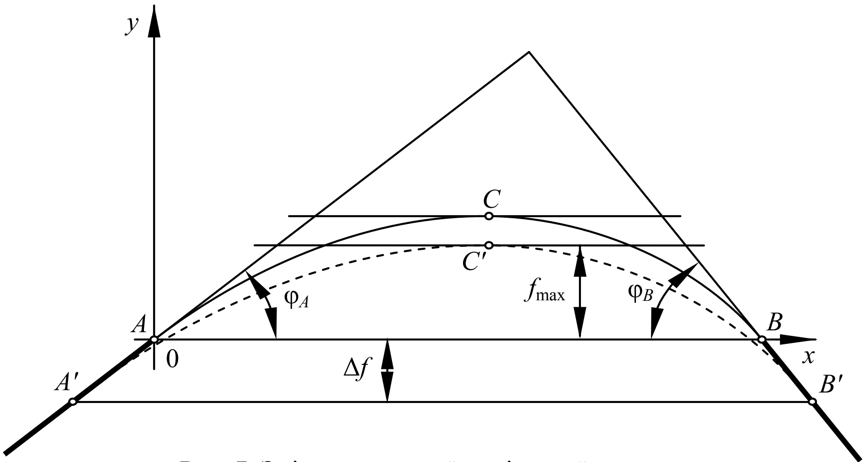

Рис. 7. Зміна початкової та кінцевої точки

Таким чином, з урахуванням всіх граничних умов, рівняння першої ділянки набудуть наступного вигляду:

$$x_1(s) = x_A - \frac{\Delta f}{\tan\varphi_A} + \int_0^s \cos\varphi_1(s) ds;\;\; y_1(s) = y_A - \Delta f + \int_0^s \sin\varphi_1(s) ds.$$

Геометричне моделювання та інформаційні технології, № 1 (3), квітень 2017
ISSN 2520-2820 (online), ISSN 2524-0978 (print)

Підставимо до отриманих рівнянь координати проміжної *C* та кінцевої *B* точок:

$$x_C = x_A - \frac{\Delta f}{\tan\varphi_A} + \int_0^{s_{\max}} \cos\varphi_1(s)ds; \qquad f_{\max} = y_A - \Delta f + \int_0^{s_{\max}} \sin\varphi_1(s)ds;$$

$$x_B - \frac{\Delta f}{\tan\varphi_B} = x_C + \int_{s_{\max}}^{S} \cos\varphi_2(s)ds; \qquad y_B - \Delta f = f_{\max} + \int_{s_{\max}}^{S} \sin\varphi_2(s)ds.$$

В цих рівняннях чотири невідомих, але їх можна звести до двох рівнянь з двома невідомими, якщо виконати відповідні перетворення. Наведемо вирази для знаходження двох інших невідомих:

$$x_C = -\frac{\Delta f}{\tan\varphi_A} + \int_0^{s_{\max}} \cos\varphi_1(s)ds;$$

$$\Delta f = k\left[-x_B + \int_0^{s_{\max}} \cos\varphi_1(s)ds + \int_{s_{\max}}^{S} \cos\varphi_2(s)ds\right],$$

де $k = \dfrac{\sin\varphi_A \sin\varphi_B}{\sin(\varphi_B - \varphi_A)}$.

Отже, для розв'язання задачі моделювання криволінійного обводу з параболічним розподілом кривини на обмеженій площині достатньо розв'язати систему інтегральних рівнянь з невідомими $s_{\max}$ і S:

$$\int_0^{s_{\max}} \left[\sin\varphi_1(s) - k\cos\varphi_1(s)\right]ds - k\int_{s_{\max}}^{S} \cos\varphi_2(s)ds = f_{\max} - kx_B;$$

$$\int_{s_{\max}}^{S} \left[\sin\varphi_2(s) + k\cos\varphi_2(s)\right]ds + k\int_0^{s_{\max}} \cos\varphi_1(s)ds = -f_{\max} + kx_B.$$

Отриману систему рівнянь можна розв'язати тільки числовим методом, наприклад, методом Ньютона.

Висновки і перспективи досліджень. Отримано систему параметричних інтегральних рівнянь, що описує плоску криву лінію заданого параболічного розподілу кривини на обмеженій площині. На основі цієї системи запропоновано підхід до геометричного моделювання плоскої кривої лінії, що проходить через дві точки з заданими в них кутами нахилу дотичних і обмеженням на площині.

Подальші дослідження слід спрямувати в напрямі розробки програмного інструментарію з геометричного моделювання ділянки кривої лінії заданої параболічним розподілом кривини на обмеженій площині.

Список використаних джерел

1. Бадаєв С. Ю. Криволінійний обвід за заданим законом кривини на основі колового сплайну / С. Ю. Бадаєв // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 2002. — Вип. 71. — С. 172—177.
2. Борисенко В. Д. Геометричне моделювання плоских кривих із застосуванням лінійного елемента кривини / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко, В. Є. Спіцин // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 2006. — Вип. 76. — С. 43—49.
3. Борисенко В. Д. К вопросу моделирования переходной кривой на ограниченном участке / В. Д. Борисенко, С. А. Устенко // Современные информационные и коммуникационные технологии на транспорте, в промышленности и образовании: Тезисы X Международной научно-практической конференции (Днепр, 14—15 декабря 2016 г.). — Д. : ДИИТ, 2016. — С. 89—90.
4. Михайленко В. Є. Дискретне моделювання на базі інтегральної моделі кривої / В. Є. Михайленко, В. Г. Лі // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К. : КНУБА, 1999. — Вип. 66. — С. 3—8.
5. Устенко С. А. Геометрична теорія моделювання криволінійних форм лопаткових апаратів турбомашин з оптимізацією їх параметрів: дис. … доктора техн. наук: 05.01.01 / Устенко Сергій Анатолійович. — К. : 2013. — 349 с.
6. Устенко С. А. Геометричне моделювання перехідної кривої на обмеженій площині / С. А. Устенко, С. В. Діданов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 4 «Прикладна геометрія та інженерна графіка». — Мелітополь : ТДАТУ, 2011. — Т. 51. — С. 116—120.

7. Устенко С. А. Геометричне моделювання плоских кривих з заданою кривиною в граничних точках / С. А. Устенко // Вестник Херсонского национального технического университета. — Херсон : ХНТУ, 2014. — Вып. 3(50). — С. 619—623.
8. Устенко С. А. Дослідження кривих ліній, заданих кубічним розподілом кривини / С. А. Устенко, С. В. Діданов, О. Ю. Агарков // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — Д. : Вид-во ДНУЗТ, 2014. — № 2 (50). — С. 164—172.
9. Устенко С. А. Комп'ютерна реалізація методу геометричного моделювання перехідної кривої на обмеженій площині / С. А. Устенко, С. В. Діданов // Міжвузівський збірник «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво». Вип. 6. — Луцьк, 2011. — С. 253—257.
10. Устенко С. А. Подання кривини обводів алгебраїчною кривою 4-го порядку / С. А. Устенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 4 «Прикладна геометрія та інженерна графіка». — Мелітополь : ТДАТУ, 2014. — Т. 58. — С. 144—148.
11. Фокс А. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве / А. Фокс, М. Пратт. — М. : Мир, 1982. — 304 с.
12. Pal T. K. Two-dimensional curve synthesis using liner curvature elements / T. K. Pal, A. W. Nutbourne // Computer Aided Design. — 1977. — Vol. 9. — No 2. — P. 77—84.

Serhiy USTENKO**, **Oleksandr SYNIAVIN
Mykolaiv

GEOMETRICAL MODELING OF FLAT CURVES WITH A PARABOLIC DISTRIBUTION OF CURVATURE ON A LIMITED PLANE

The work is devoted to the development of a new approach to modeling a plane curve of a line with a parabolic curvature distribution on a limited plane. The simulated curve starts and ends with straight sections. The analysis of well-known literature sources confirmed the necessity of developing such an approach, since till now, as a rule, methods for constructing a section on a bounded plane, starting straight ahead and ending with a circular section, are considered. The approach proposed in the work was investigated by software applications created on the object-oriented programming language C#.

Key words: curved line, parabolic curvature distribution, limited plane, geometric modeling.

Сергей УСТЕНКО**, **Александр СИНЯВИН
г. Николаев

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОСКИХ КРИВЫХ С ЗАДАННЫМ ПАРАБОЛИЧЕСКИМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ КРИВИЗНЫ НА ОГРАНИЧЕННОЙ ПЛОСКОСТИ

Работа посвящена разработке нового подхода к моделированию плоской кривой линии с параболическим распределением кривизны на ограниченной плоскости. Моделируемая кривая начинается и заканчивается прямолинейными участками. Выполненный анализ известных литературных источников подтвердил необходимость разработки такого подхода, поскольку до сих пор, как правило, рассматриваются методы построения участка на ограниченной плоскости, начинающиеся прямолинейно, а заканчивающиеся круговым участком. Предложенный в работе подход исследовался программными приложениями созданными на объектно-ориентированном языке программирования C#.

Ключевые слова: кривая линия, параболическое распределение кривизны, ограниченная плоскость, геометрическое моделирование.

Стаття надійшла до редколегії 12.04.2017