УДК 514.18
DOI: 10.32347/0131-579x.2023.104.100-110

д. т. н., проф. **Ковальов С.М.**
kovalov.sm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1367-1730
д. т. н., проф. **Ботвіновська С.І.**
botvinovaka@ua.fm, ORCID: 0000-0002-1832-1342
к. т. н., доцент **Золотова А.В.**
zolotovaav1@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0001-8014-3834

Київський національний університет будівництва і архітектури

АКТИВНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПЛОЩИН ПРИ ФОРМУВАННІ ДИСКРЕТНИХ КАРКАСІВ СТАТИКО ГЕОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Різноманітні перетворення знайшли широке використання в задачах прикладної геометрії, наприклад, при моделюванні дискретних каркасів різноманітних поверхонь із заданими властивостями. У роботі представлено математичний апарат активного перетворення координат, розроблений для вирішення задач дискретного геометричного моделювання. Під активним перетворенням координат автори пропонують вважати однозначну відповідність між точками вихідної і нової координатних систем із збереженням їх числових відповідностей, коли числові значення параметрів вихідної системи координат будуть переходити у числові значення параметрів нової системи координат. Описано обмеження та особливості використання такого перетворення. У дослідженні пропонується використати властивості активного перетворення площини при переході з прямокутної декартової системи координат у прямокутну циліндричну систему координат для подальшого моделювання дискретних каркасів криволінійних поверхонь.

Автори акцентують увагу на тому, що існує багато методів дискретного моделювання серед яких можна відмітити узагальнений статико-геометричний метод професора Ковальова С.М. У роботі продемонстровано можливості цього методу за рахунок додавання до нього активного перетворення координат. Доведено, що переваги та особливості активного перетворення можна використати при наданні модельованій поверхні певних властивостей, необхідних дизайнеру або архітектору у процесі створення того чи іншого модельованого образу.

Використання активного перетворення координат дозволить спростити процес утворення нових геометричних форм криволінійних поверхонь, які досить складно описати аналітично. Представлена у роботі інформація буде корисною для архітекторів та дизайнерів при формоутворенні дискретних каркасів різноманітних поверхонь.

Ключові слова: геометричні перетворення; активне перетворення координат; циліндрична система координат; статико-геометричний метод; дизайн-проєкт.

Постановка проблеми. Коло задач, пов'язаних з геометричним моделювання різноманітних криволінійних поверхонь в архітектурі та дизайні може бути суттєво розширене за рахунок формування дискретних каркасів поверхонь із заданими властивостями. Існує багато методів дискретного моделювання серед яких можна відмітити узагальнений статико-геометричний метод професора Ковальова С.М. [1]. Будь-який дискретний каркас можна представити таким, що сформований цим методом. Такі каркаси будуть відповідати заданим вихідним умовам та певними властивостям, що дозволяє розширити межі використання цього методу.

Незмінним залишається й прагнення проектувальників отримати геометричну форму криволінійного об'єкта із тими чи іншими заданим властивостями, за рахунок простого використання, наприклад, методів дискретного моделювання. Так, у процесі моделювання з використанням узагальненого статико-геометричного методу професора Ковальова С.М. (СГМ) криволінійних поверхонь, які будуть зберігати задуманий дизайнером образ, буде створюватись точковий каркас з урахуванням особливих вимог, що відповідатимуть властивостям того чи іншого використаного перетворення. Тому на сьогодні актуальним питання залишається розширення можливостей статико-геометричного методу щодо варіювання формою поверхні й спрощення роботи дизайнера у процесі використання того чи іншого перетворення.

Мета статті. Продемонструвати можливості узагальненого СГМ за рахунок додавання до нього активного перетворення координат. Довести, що особливості активного перетворення можна використати при наданні модельованій поверхні певних властивостей, необхідних дизайнеру або архітектору у процесі створення того чи іншого замисленого образу.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Активне перетворення координат неодноразово зустрічається в роботах [2-4]. У роботі [5] описано алгоритм нанесення на поверхню обертання візерунку у вигляді плоских криволінійних об'єктів, створених різними комбінаціями кіл та дуг, заздалегідь створених у прямокутній декартовій системі координат. Автори запропонували математичний апарат побудови зображень, коли елементу плоскої сітки відповідатиме елементи сітки на поверхні обертання. У роботі [6] для визначення координат вузлів дискретного точкового каркасу поверхні автор пропонує використати афінне перетворення за умови пропорційності вихідних та перетворених координати вузлів точкового каркасу. Для вирішення практичної задачі у роботі наведено формули комплексного перетворення локальних координат вузлів кривої, вписаної у заданий квадрат, у координати вузлів перерізу квазіканалової поверхні у просторі. Але, в роботах не розглядаються задачі формування дискретних каркасів єдиних нескладених поверхонь із врахуванням різних особливостей образів, що моделюються.

Основна частина. Формування точкового каркасу дискретно представленої поверхні СГМ передбачає складання системи кінцево-різницевих рівнянь рівноваги вузлів. У роботі [1] було запропоновано розширення можливостей цього методу за рахунок доповнення СГМ різноманітними перетвореннями у тривимірному просторі. Ідея полягає у тому, що пропонується призначити шар простору, обмежений обраними криволінійними поверхнями (площинами), властивості яких будемо враховувати при моделюванні нових поверхонь. У межах саме цього шару буде формуватись дискретний каркас нової криволінійної поверхні із врахуванням заданих вихідних умов [7, 8].

Основою розширення можливостей СГМ дискретного моделювання у тривимірному просторі є заміна одних параметрів дискретної сітки певними функціями від інших. А саме, заміна координат вузлів дискретного каркасу у рівняннях рівноваги вузлів (1) функціями від цих координат (2):

$$u_{i,j,1} + u_{i,j,2} + u_{i,j,3} + ... + u_{i,j,\ell} + ... + u_{i,j,n-1} + u_{i,j,n} - nu_{i,j,0} + kP_{i,j,0} = 0, \quad (1)$$

де u – узагальнене позначення відповідної координати (x, y, z); i, j – нумерація вузлів сітки у прийнятій системі відліку вузлів; ℓ – номер вузла зірки сітки у локальній системі відліку, відносно центрального вузла; $kP_{i,j}$ – зовнішнє формоутворююче на вантаження на вузли сітки.

$$x'_{i,j,\ell} = F_1(x_{i,j,\ell}); \quad y'_{i,j,\ell} = F_2(y_{i,j,\ell}); \quad z'_{i,j,\ell} = F_3(z_{i,j,\ell}) \quad (2)$$

де функції F_1, F_2, F_3 – аналітично описують певні перетворення координат вузлів дискретної сітки.

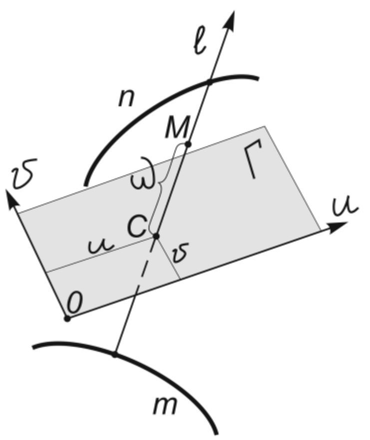


Рис. 1 Організація лінійної СК загального вигляду

В основі такого підходу лежать геометричні перетворення різної природи. У роботі пропонуємо розглянути одне із активних перетворень координат, а саме, перетворення прямокутної декартової системи координат (ПДСК) у циліндричну полярну координатну систему (ЦПСК). Під активним перетворенням будемо розуміти однозначну відповідність між точками вихідної і нової координатних систем із збереженням їх числової відповідності, коли числові значення координат вихідної системи координат будуть переходити у числові значення нової системи координат.

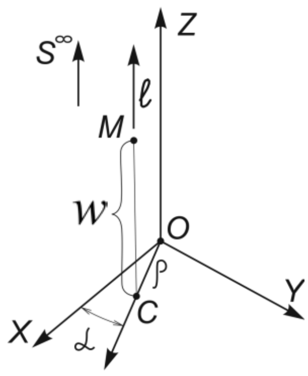


Рис. 2 Циліндрична СК

Розглянемо узагальнену лінійну систему координат (рис. 1), в який за координатні лінії виступатимуть прямі. Організацію такої системи координат загального вигляду представлено на рис. 1. Двопараметричну множину координатних прямих, а саме конгруенцію, задано двома фокальними фігурами *m* та *n*. Початок відліку інших параметрів (координат) u і υ відбувається від точки *C*. Промінь конгруенції ℓ проходить через цю точку. Обов'язковою умовою для визначення будь-якої точки на промені ℓ за допомогою третього параметр w є існування початку відліку і завдання його напрямку. За початок відліку можна обирати будь-яку точку, лінію або поверхню. Така система координат має деякі обмеження, пов'язані із тим, що всі перетворення базуються на взаємно-однозначній відповідності між точками суміщених просторів, тому й узагальнена система координат повинна забезпечувати таку взаємну однозначність у визначенні відповідної координати. Розглянемо деякі обмеження.

З одного боку, конгруенція координатних прямих повинна бути 1-го порядку, щоб через точку-початок відліку проходив лише один промінь конгруенції. Це при умові, що носієм параметрів променя конгруенції не буде фокальна фігура. З іншого боку, тільки один промінь конгруенції повинен проходити через точку-початок відліку, що й буде забезпечено саме вибором конгруенції координатних прямих та вибором носія точок відліку.

У даній роботі пропонуємо розширити можливості використання СГМ за рахунок його доповнення циліндричною полярною системою координат (ЦПСК) (рис. 2). Представимо цю систему конгруенцією прямих ***К*г** (*1,0*) із заданим невласним центром S^{∞}. Параметрам u і υ променю ℓ конгруенції будуть відповідати полярний кут α і радіус-вектор ρ, відповідно. Початком відліку кута α у площині xOy виступатиме вісь Ox. Початком відліку параметра ρ виступатиме точка O. Початком відліку параметра w буде площина xOy. Використання подібної системи координат дозволить спростити аналітичний опис того або іншого геометричного образу, який набагато легше описувати в подібній системі.

У прикладній геометрії кривих ліній та поверхонь найчастіше зустрічається активне перетворення координат у найпростішому вигляді, коли чисельні значення координат образу відповідають чисельним значенням координат прообразу в одних і тих саме одиницях вимірювання. Наприклад, перетворення ПДСК у ЦПСК на площині можна представити таким, що декартова координата x переходить у полярний кут α так, що число градусів кута відповідатиме числу лінійних одиниць координати x. А декартова координата y переходить у полярний радіус ρ у тих саме одиницях вимірювання. На рисунку (рис. 3) продемонстровано приклад такого перетворення, а саме, коли пряма лінія m ($y_m = c$) (рис. 3, *а*), переходить у коло радіусом $\rho = c$ (рис. 3, *б*), де c – параметр, а пряма лінія n ($y_n = kx + b$) переходить у спіраль Архімеда n': $\rho = k(\alpha + \gamma)$, де γ

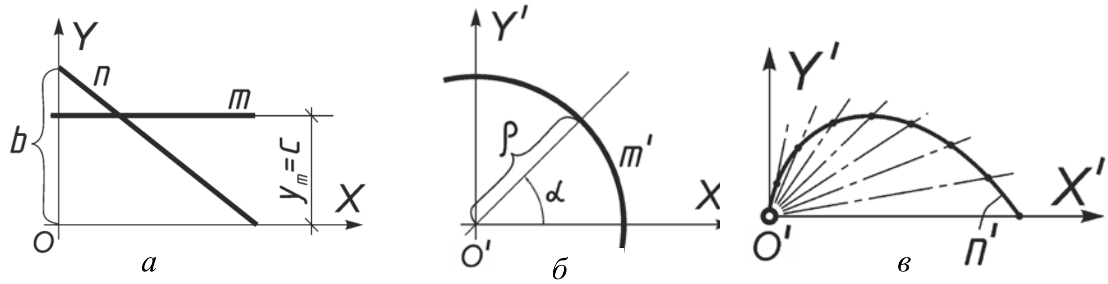


Рис. 3 Приклад активного перетворення координат на площині

– постійний кут, численно рівний параметру b (рис. 3, *в*).

Для архітекторів та дизайнерів таке перетворення може слугувати основним апаратом для геометричного моделювання поверхонь у формі равликів. Якщо планується використовувати СГМ, тоді щоб отримати координати вузлів дискретної сітки, описаної системою узагальнених рівнянь (1) потрібно після її розв’язання за формулами (2) аналітичного опису певного перетворення обчислити координати нової дискретної сітки поверхні. Слід зазначити, що отримана у результаті перетворення дискретна сітка не буде врівноваженою, це може бути недоліком цього способу, але така сітка буде враховувати певні властивості зазначеного перетворення для створення необхідного образу поверхні, яка моделюється. У роботах [6, 8] наведено приклади перетворення прямих ліній та площин з ПДСК у ПЦСК. За рахунок використання подібного активного перетворення в [1] було запропоновано новий спосіб моделювання дискретних каркасів поверхонь, без використання зовнішнього формоутворюючого навантаження, але із заданими властивостями.

Для спрощення, будемо називати поверхню, яка моделюється – поверхнею-образом, а поверхню, яка моделюється за СГМ на опорному контурі після використання формул зворотного перетворення – поверхнею-прообразом. Ідея авторського способу полягає у тому, що точки опорного контуру та вихідні дані дискретної поверхні, яку будемо моделювати, пропонується розмістити в межах смуги (шару) із двох поверхонь, властивості яких необхідно врахувати при моделюванні, у системі координат поверхні-образу $O'x'y'z'$ За рахунок використання формул зворотного перетворення ця смуга, разом із вихідними даними, переводитиметься у ПДСК поверхні-прообразу. А задані вихідні дані й вузли опорного контуру потраплятимуть у межі смуги (шару) між двома площинами. Далі, за допомогою СГМ у межах цього шарі і в системі координат прообразу $Oxyz$ моделюватиметься розтягнута сітка дискретного каркасу без зовнішнього навантаження. На наступному кроці, всі визначені координати вузлі дискретного каркасу поверхні-прообразу за формулами прямого перетворення переводитимуться в координати вузлів модельованої поверхні із урахуванням заданого опорного контуру.

Різноманіття координатних систем дозволяє мати широке коло поверхонь, на які може перетворитись, наприклад, площина ((рис. 4, *а*, *б*). За рахунок зміни положення площини в декартовій СК (рис. 4, *в*, *г*), дизайнер або архітектор має широкі можливості утворення різноманітних

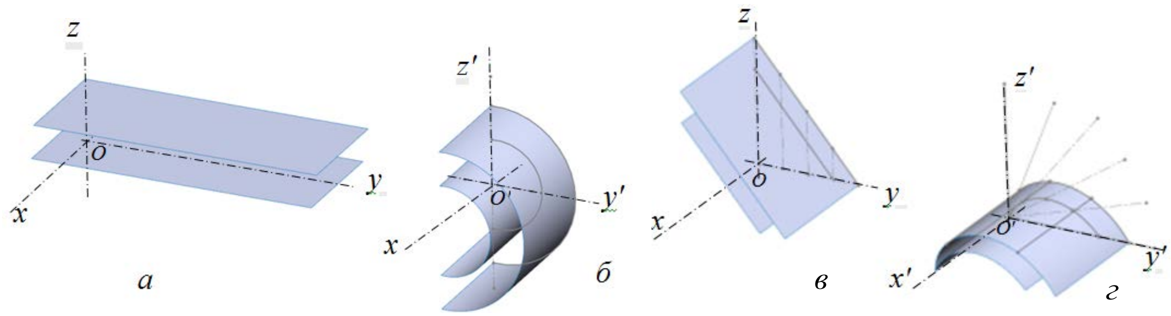


Рис. 4 Приклади перетворення смуги (шару) між паралельними площинами

поверхонь.

На рис. 4, *в* наведено приклад активного перетворення, коли дві профільно-проекціювальні площини у процесі активного перетворення координат перетворюються на два спіральні циліндра, в основі яких будуть лежати спіралі. Тоді, формули прямого перетворення матимуть вигляд (3):

$$x' = x; \quad y' = 90^0 \cdot \left(1 - \frac{y}{8}\right); \quad z' = z\,, \tag{3}$$

де $y' = \alpha,\, z' = \rho$ – полярні координати у системі координат поверхні-прообразу. Відповідно, формули зворотного перетворення (4):

$$x = x'; \quad y = 8 \cdot \left(1 - \frac{y'}{90^0}\right); \quad z = z'\,. \tag{4}$$

Нижче представлено алгоритм виведення формул, за якими буде описуватись саме активне перетворення координат:

1. Записати рівняння заданої площини-прообразу довільного положення у вихідній ПДСК $Oxyz$.

2. Записати те саме рівняння, замінивши координати функціями: $x \to k\alpha;\, y \to k\beta;\, z \to \rho$, де k – коефіцієнт пропорційності, $[\frac{град}{мм}]$.

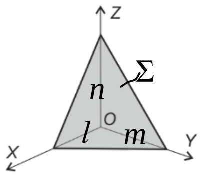
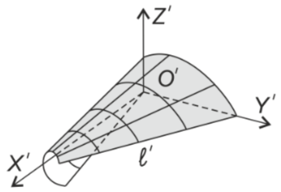
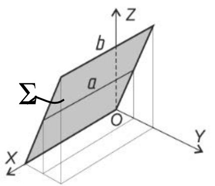
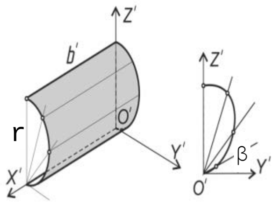
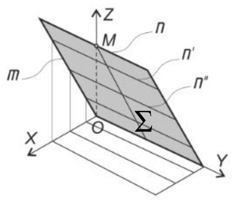
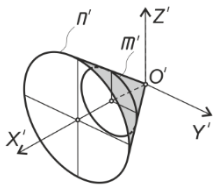
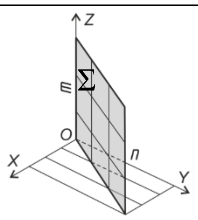
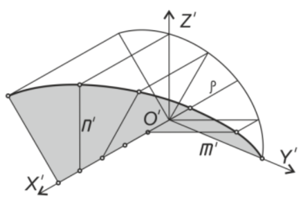
3. У новій системі координат $O'x'y'z'$ записати параметри α, β і ρ через декартові координати x', y' і z'.

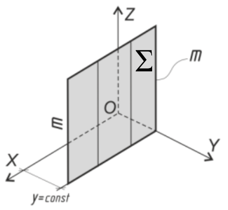
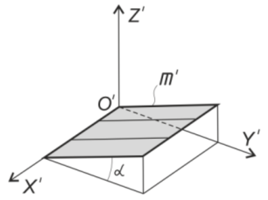
4. Отримані вирази підставити у рівняння п. 2 представленого алгоритму: $x \to k\alpha;\, y \to k\beta;\, z \to \rho$.

Нижче наведемо результат активного перетворення площин з ПДСК, у традиційну полярну СК (табл. 1).

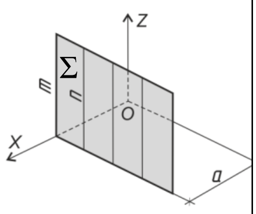
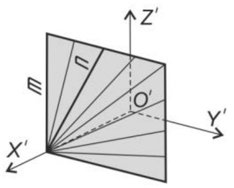
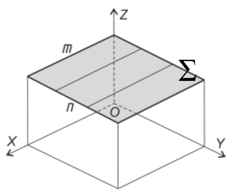
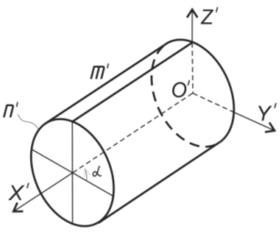
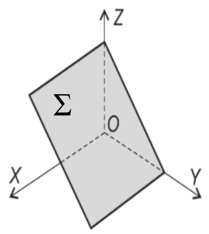
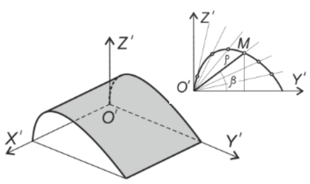
Таблиця 1

Результат активного перетворення координат з ПДСК поверхні (прообразу) у ЦПСК поверхні (образу)

№ п/п	Зображення площини Σ у системі координат $Oxyz$	Рівняння площини Σ у системі координат $Oxyz$	Зображення поверхні на яку перетвориться площина Σ після використання формул перетворення: $x \to x'$; $y \to k\beta$; $z \to \rho$ у системі координат $O'x'y'z'$	Рівняння поверхні після перетворення у системі координат $O'x'y'z'$
1	2	3	4	5
1		$\frac{x}{\ell}+\frac{y}{m}+\frac{z}{n}=1$		$mnx' + \ell n \cdot \arcsin\frac{z'}{\sqrt{(y')^2+(z')^2}}$ $+ \ell m \cdot \sqrt{(y')^2+(z')^2} - mn = 0$
2		$z = ky$		$\beta = arctg\frac{z'}{y'}; \rho = k\beta;$ $\sqrt{(x')^2+(y')^2+(z')^2}-$ $-k'arctg\frac{z'}{\sqrt{(x')^2+(y')^2}}=0$
3		$z = kx$		$(y')^2+(z')^2=k^2(x')^2$
4		$y = kx$		$\arcsin\frac{z'}{\sqrt{(y')^2+(z')^2}}=kx'$

5		$y = a$		$z' = ky' = y'tg\alpha$

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5
6		$x = a$		$x' = x = a$
7		$z = a$		$R = a;$ $(y')^2 + (z')^2 - a^2 = 0$
8		$\frac{z}{a} + \frac{y}{b} = 1$ *або* $z = y'tg\alpha$		$\sqrt{(y')^2 + (z')^2} - k(90^0 - arctg\frac{z'}{y'}) = 0$

Як правило, вихідні дані при формуванні дискретної сітки задаються координати вузлів крайового контура цієї сітки або як геометричні (математичні) залежності між ними. Перед розв'язанням системи (1) рівнянь рівноваги вузлів дискретного каркасу модельованої поверхні за СГМ, необхідно спочатку вихідні крайові умови (а саме, координати вузлів крайового контуру) задані у своїй СК, перетворити за формулами (2) у координати вузлів у новій ПДСК, де й використати СГС для отримання координат вузлів нової сітки. Потім перевести всі отримані координати вузлів за формулами прямого перетворення у вихідну СК. Для здійснення цього процесу обов'язково потрібно мати як прямі формули перетворення так і зворотні.

Висновки та перспективи. Використання активного перетворення координат дозволить спростити процес утворення нових геометричних форм поверхонь, які досить складно описати аналітично. Представлений набір прямих та зворотних формул переходу з ПДСК у ПЦСК, який базується на використанні активного перетворення, можна використати при моделюванні поверхонь статико-геометричним методом. Це дозволить дизайнерам або архітекторам формувати дискретні каркаси криволінійних поверхонь з урахуванням певних властивостей та різноманітних вимог геометричного або естетичного характеру, та варіювати формою поверхонь, що моделюються.

Література

1. *Ботвіновська С.І.* Теоретичні основи формоутворення в дискретному моделюванні об'єктів архітектури та дизайну : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / Ботвіновська С.І. Київ, 2018. 44 с.
2. *Кащенко А.В., Вязанкин В.О.* Моделирование поверхностей биооболочек с учетом физических условий их образования. *Прикладна геометрія, інженерна графіка :* зб. наук. праць. Київ : КИСИ, 1985. Віп. 40. С. 46–48.
3. *Ковтун О.В.* Конструювання дискретных точкових каркасів квазіканалових поверхонь за наперед заданими умовами : дис. ...канд. техн. наук. 05.01.01. Київ : КНУБА, 2003. 160 с.
4. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. М. : Физматгиз, 1977. 832 с.
5. *Пилипака Т.С., Грищенко І.Ю., Кремець Т.С.* Аналітичний пошук поверхонь обертання, віднесених до ізометричних координат. *Прикладна геометрія та інженерна графіка* : міжвідомчий наук.-техн. збірник. Київ : КНУБА, 2012. Вип. 90. С. 229–237.
6. *Ботвіновська С.І.* Аналіз можливостей використання геометричних перетворень при моделюванні дискретних каркасів поверхонь / Наукове фахове видання. *Збірник наукових праць «Сучасні проблеми моделювання»*. Мелітопольський державний педагогічний університет Імені Богдана Хмельницького. Мелітополь, 2019. Випуск 13. – 201 с. С. 19-29.
7. *Ковальов С.М., Ботвіновська С.І., Золотова А.В.* Геометричне моделювання поверхонь СГМ за допомогою перетворення інверсії / *зб. наук. праць «Сучасні проблеми моделювання»* МДПУ ім. Б. Хмельницького. Мелітополь: МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. Вип. 5. С. 47–57.
8. *Ботвіновська С.І.* Конхоідальне перетворення, як приклад активного перетворення координат при дискретному моделюванні поверхонь / Сучасні проблеми моделювання. Мелітополь, МДПУ ім. Б.Хмельницького, 2019. Випуск 16. С.25-38. DOI: https://doi.org/10.33842/2313-125X-2019-16. 2686-Article Text-6144-1-10-20200203.pdf. C:/Users/Svetik/Downloads/2686-Article%20Text-6144-1-10-20200203.pdf

References

1. *Botvinovska S.I.* Teoretychni osnovy formoutvorennia v dyskretnomu modeliuvanni obiektiv arkhitektury ta dyzainu : avtoref. dys. ... na zdobuttia nauk. stupenia dokt. tekhn. nauk : spets. 05.01.01 «Prykladna heometriia, inzhenerna hrafika» / Botvinovska S.I. Kyiv, 2018. 44 s.
2. *Kashchenko A.V., Viazankyn V.O.* Modelyrovanye poverkhnostei byoobolochek s uchetom fyzycheskykh uslovyi ykh obrazovanyia. *Prykladna heometriia, inzhenerna hrafika* : zb. nauk. prats. Kyiv : KYSY, 1985. Vip. 40. S. 46–48.
3. *Kovtun O.V.* Konstruiuvannia dyskretnыkh tochkovykh karkasiv kvazikanalovykh poverkhon za napered zadanymy umovamy : dys. ...kand. tekhn. nauk. 05.01.01. Kyiv : KNUBA, 2003. 160 s.
4. *Korn H., Korn T.* Spravochnyk po matematyke dlia nauchnыkh rabotnykov y ynzhenerov. Moskow : Fyzmathyz, 1977. 832 s.
5. *Pylypaka T.S., Hryshchenko I.Iu., Kremets T.S.* Analitychnyi poshuk poverkhon obertannia, vidnesenykh do izometrychnykh koordynat. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika* : mizhvidomchyi nauk.-tekhn. zbirnyk. Kyiv : KNUBA, 2012. Vyp. 90. S. 229–237.
6. *Botvinovska S.I.* Analiz mozhlyvostei vykorystannia heometrychnykh peretvoren pry modeliuvanni dyskretnykh karkasiv poverkhon / Naukove fakhove vydannia. Zbirnyk naukovykh prats «Suchasni problemy modeliuvannia». Melitopolskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet Imeni Bohdana Khmelnytskoho. Melitopol, 2019. Vypusk 13. – 201 s. S. 19-29.
7. *Kovalov S.M., Botvinovska S.I., Zolotova A.V.* Heometrychne modeliuvannia poverkhon SHM za dopomohoiu peretvorennia inversii / zb. nauk. prats *«Suchasni problemy modeliuvannia»* MDPU im. B. Khmelnytskoho. Melitopol: MDPU im. B. Khmelnytskoho, 2016. Vyp. 5. S. 47–57.
8. *Botvinovska S.I.* Konkhoidalne peretvorennia, yak pryklad aktyvnoho peretvorennia koordynat pry dyskretnomu modeliuvanni poverkhon / *Suchasni problemy modeliuvannia*. Melitopol, MDPU im. B.Khmelnytskoho, 2019. Vypusk 16. S.25-38. DOI: https://doi.org/10.33842/2313-125X-2019-16. 2686-Article Text-6144-1-10-20200203.pdf.

Ph. D., prof. **Svitlana Botvinovska,**
botvinovaka@ua.fm, ORCID: 0000-0002-1832-1342
Ph. D., prof. **Sergiy Kovalov**
kovalov.sm@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1367-1730
Ph. D., assoc. prof. **Alla Zolotova**
zolotovaav1@gmail.com, ORCID https://orcid.org/0000-0001-8014-3834
Kiev National University of Construction and Architecture (KNUCA)

ACTIVE TRANSFORMATION OF PLANES DURING FORMATION OF DISCRETE FRAMES WHITH A STATIC-GEOMETRIC METHOD

Various transformations have found widespread use in applied geometry problems in simulating discrete frameworks of different surfaces with given properties. The paper presents a mathematical apparatus of active coordinate transformation, designed to solve problems of discrete geometric modeling. Under the active transformation of coordinates, the authors propose to consider a clear match between the points of the original and new coordinate systems, while maintaining their numerical correspondence, when the numerical values of the parameters of the original coordinate system will transition to the numerical values of the parameters of the new coordinate system.

The paper describes the peculiarities of using active coordinate transformation. In the study is proposes to use the properties of the active plane transformation when switching from The work a rectangular Cartesian coordinate system to a rectangular cylindrical coordinate system for further modeling of discrete frameworks of curved surfaces.

The authors of the article focus on that there are many discrete modeling methods among which the generalized static-geometric method of Professor Kovalev S.M. The work demonstrates the possibilities of this method by additional use of active coordinate transformation. It has been proved that the advantages and features of active transformation of coordinates can be used in providing the modeled surface with certain properties necessary for the designer or architect in the process of creating a particular modeled image.

Using an active coordinate transformation will simplify the process of forming new geometric shapes of curved surfaces, which are quite difficult to describe analytically. The information presented in the work will be useful for architects and designers in the formation of discrete frames of various surfaces.

Keywords: geometric transformations; active coordinate transformations; cylindrical coordinate system; static-geometric method; design project.