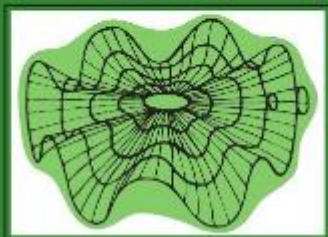


№ 102 (2022)

**ПРИКЛАДНА
ГЕОМЕТРІЯ
ТА ІНЖЕНЕРНА
ГРАФІКА**

2022 ВИПУСК 102



DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2022.102>

Опубліковано: 2022-06-27

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ТА СПОСОБИ ЇХ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Роботу присвячено актуальному питанню, а саме дослідженню форм геометричних поверхонь та їх комп'ютерному моделюванню. Наведено визначення поверхонь алгебраїчних та геометричних. Виконано аналіз ознак та параметрів поверхонь для їх класифікації в основні групи, що найбільш часто зустрічаються на практиці. Подано основні способи задавання поверхонь, які використовуються на практиці в залежності від форми поверхні та від поставленої задачі. Досліджено аналітичний, кінематичний та каркасний способи задавання поверхонь. Аналітичний спосіб подано на базі конічної поверхні обертання; проаналізовано канонічне рівняння поверхні, показано його відповідність для верхньої та нижньої порожнини конуса. Виконано графічне відображення конічної поверхні у графічній системі AutoCAD. Розглянуто особливості кінематичного способу утворення поверхонь, який подано на прикладі поверхні обертання, що виконано у графічній системі AutoCAD, та поверхні прямого гіперboloїда, креслення якого виконано у системі КОМПАС-3D. Наведено приклади практичного використання змодельованих поверхонь, приділено увагу дослідженню каркасних поверхонь. Наведено комплексне креслення поверхні циліндроїда, яку задано лінійним каркасом. Детально подано трилінійний каркас поверхні судна, який утворюється ватерлініями, шпангоутами та батоксами. У системі AutoCAD представлено змодельовану каркасну поверхню лопатки осьової газової турбіни. Приведено алгоритми та способи геометричного моделювання поверхонь у графічних системах AutoCAD та КОМПАС-3D. Розроблено геометричні моделі деяких поверхонь: прямого гелікоїда, однопорожниного гіперboloїда, гіперболічного параболоїда, поверхні з ребром повернення тощо. Наведено приклади практичної реалізації змодельованих поверхонь.

Ключові слова: поверхня; твірна лінія; напрямна лінія; кінематичний спосіб утворення; каркасна модель; комп'ютерне моделювання.

Постановка проблеми. Поверхні – це найважливіший об'єкт навколишнього світу, всі фізичні тіла обмежуються своєю поверхнею, всі навколишні об'єкти можна уявити у вигляді сукупності тих чи інших поверхонь. Світ поверхонь різноманітний та безмежний. Можна сказати,

що за різноманітністю форм і властивостей, за своїм значенням при формуванні різних геометричних фігур, за тією роллю, яку вони грають у науці, техніці, архітектурі, образотворчому мистецтві, поверхні не мають собі рівних серед інших геометричних фігур.

Розвиток інформаційних технологій, поява багатьох графічних систем комп'ютерного моделювання та прикладних графічних програм дають можливість створювати віртуальні моделі різних об'єктів, в тому числі і поверхонь, та втілювати їх у різних сферах людської діяльності. Тому доцільно дослідити особливості деяких видів поверхонь та розглянути способи їх комп'ютерного моделювання.

Аналіз останніх досліджень. Основним формоутворюючим елементом тривимірного простору, у якому існує людина, є поверхні [9, 10, 11]. Головними принципами розвитку уявлень про навколишній світ, що оточує людину, з найдавніших часів і до сьогодення, є геометризація та координатизація навколишнього простору та його об'єктів. У процесі розширення знання та сфер людської діяльності відбувалася еволюція від умінь переносити зорові образи на поверхню у вигляді контурів предметів до створення інженерної графіки [3, 13] та її теоретичної основи – нарисної геометрії [14]. Нарисна геометрія є така наукова дисципліна, що допомагає розвитку просторового уявлення, яке необхідно не тільки в техніці, але і в практичному житті людини. Нарисна геометрія – це прикладний вид геометрії, тобто дисципліна, яка відноситься до інженерних [2, 4]. Методом ортогональних або косокутних проекцій нарисна геометрія подає тривимірний об'єкт на площині, надаючи про нього вичерпну інформацію, необхідну для його відтворення. Базові знання з нарисної геометрії та розуміння закономірностей формування поверхонь допомагають користувачу у вирішенні задач комп'ютерного моделювання поверхонь. У роботах [5-7] акцентується увага на подальшому вивченні різноманітних геометричних властивостей саме кривих та поверхонь другого порядку. Підкреслюється, що простота аналітичних геометричних фігур другого порядку та наявність існуючої інформації, щодо їх властивостей, продовжують приваблювати науковців щодо можливостей використання, наприклад, конік та квадрик під час вирішенні різноманітних практичних задач із застосуванням сучасних комп'ютерних систем. Тому, питання вивчення властивостей, способів формування поверхонь та побудови їх геометричних моделей залишаються актуальними й продовжують цікавити науковців з прикладної геометрії і сьогодні.

Формулювання цілей та завдання статті. Задачею цієї роботи є розгляд особливостей геометричних поверхонь, їх поділення на групи за кінематичним способом утворення та створення геометричних моделей у графічних системах *AutoCAD* та *КОМПАС 3D*.

Основна частина. Світ поверхонь різноманітний та безмежний. Він простягається від елементарної площини, що відрізняється простотою і

математичною строгістю, до найскладніших, химерних форм криволінійних поверхонь, що не піддаються точному математичному опису. Нарисна геометрія як наука, що передає результати своїх теоретичних досліджень у розпорядження інженера для їх практичного використання, досліджує такі важливі геометричні форми, якими є поверхні. Поверхні, способи їх завдання та уявлення є настільки різноманітними, багатогранними та багатofункціональними, що питання класифікації поверхонь є предметом наукових досліджень та суперечок.

В математиці [10] під поверхнею мається на увазі безперервна безліч точок, між координатами яких може бути встановлена залежність, що визначається в декартовій системі координат рівнянням виду $F(x, y, z) = 0$, де $F(x, y, z)$ – багаточлен n -го степеня, або у формі будь-якої трансцендентної функції. У першому випадку поверхні називають алгебраїчними, у другому – трансцендентними.

Якщо алгебраїчна поверхня описується рівнянням n -го степеня, то поверхня вважається n -го порядку. З геометричної точки зору порядок поверхні визначається кількістю точок її перетину з довільною прямою, що не належить поверхні, враховуючи всі точки (дійсні та уявні).

У нарисній геометрії геометричні об'єкти задаються графічно [3], тому доцільно розглядати поверхню як сукупність всіх послідовних положень деякої лінії, що переміщається у просторі. Якщо прийняти, що положення лінії, яка рухається у просторі, буде безперервно змінюватися з плином часу t , і прийняти t за параметр, то поверхню можна розглядати як безперервну одно параметричну множину ліній. У свою чергу, лінія визначається як безперервна одно параметрична множина точок, тому поверхнею називається безперервна двопараметрична множина точок або одно параметрична множина ліній.

Найбільш відомими прикладами поверхонь є межі геометричних тіл у звичайному тривимірному евклідовому просторі. Концепція поверхні застосовується у фізиці, інженерній справі, комп'ютерній графіці та інших галузях при вивченні фізичних об'єктів.

Розмаїття форм поверхонь створює певні труднощі для їх дослідження, тому поверхні групуються за характерними ознаками. Питання класифікації поверхонь є неоднозначним [4]. Так, ознакою для віднесення поверхні до тієї або іншої групи можуть бути:

- закон руху твірної лінії (обертання, гвинтовий рух, рух по напрямках тощо);
- форма твірної (пряма або крива лінія, твірна постійної або змінної форми й т.д.);
- властивість розгортuvanості (поверхні розгортні або нерозгортні);
- точність задавання (закономірні або незакономірні поверхні).

Труднощі класифікації поверхонь складаються ще й у тому, що деякі з них можуть бути віднесені одночасно до тієї або іншої групи. Тому із усього розмаїття поверхонь можна виділити такі основні категорії, які

найбільш часто зустрічаються у практичній діяльності [2]: поверхні обертання; лінійчаті поверхні; гвинтові поверхні; незакономірні поверхні тощо.

Перші три види поверхонь відносяться до закономірних поверхонь. Останній вид поверхонь подається дискретним каркасом, тобто наближено.

У зв'язку із різноманіттям поверхонь існують декілька способів їх задавання, які використовуються в залежності від поставленої задачі.

1. Аналітичний спосіб задавання поверхонь. Поверхня розглядається як безліч точок, координати яких задовольняють рівнянню типу $F(x, y, z)=0$, де $F(x, y, z)$ багаточлен n -го ступеня. Ступінь багаточлена визначає порядок поверхні. Аналітичний спосіб є корисним для дослідження властивостей поверхонь. Розглянемо цей спосіб на прикладі конічної поверхні (рис. 1).

Канонічне рівняння $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0 \quad (a > 0, b > 0, c > 0)$ в декартових координатах задає *конічну поверхню 2-го порядку або конус*.

На практиці, майже завжди, доводиться мати справу з конусом обертання, у якого перерізи площинами $z=C$ є кола [9]. У багатьох практичних задачах типовим є такий «розпізнавальний» вид

рівняння $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0 \Rightarrow z^2 = \frac{c^2}{a^2}(x^2 + y^2)$ із z^2 у лівій частині та рівними коефіцієнтами при x^2 та y^2 . Зрозуміло, що функція $z = \frac{c}{a}\sqrt{x^2 + y^2}$ задає верхню частину конуса, а

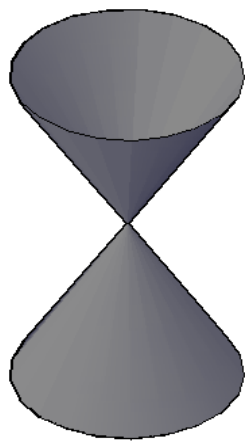


Рис. 1. Конічна поверхня

функція $z = -\frac{c}{a}\sqrt{x^2 + y^2}$ – його нижню частину.

2. Кінематичний спосіб задавання поверхні. Поверхня являє собою сукупність послідовних положень лінії (твірної), яка рухається у просторі; лінія, вздовж якої переміщується твірна, є напрямною. Переміщенням твірної вздовж напрямної утворюється каркас поверхні.

Рух твірної може здійснюватися за певним законом – закономірні поверхні, або не підкорятися жодному закону – незакономірні поверхні. Залежно від форми твірної лінії поверхні поділяють на лінійчаті (твірною є пряма лінія) та нелінійчаті (твірна – крива лінія сталої чи змінної форми).

В залежності від руху твірної лінії поверхні поділяються на поверхні обертання та гвинтові поверхні. Наприклад, на рис. 2 наведено каркасну

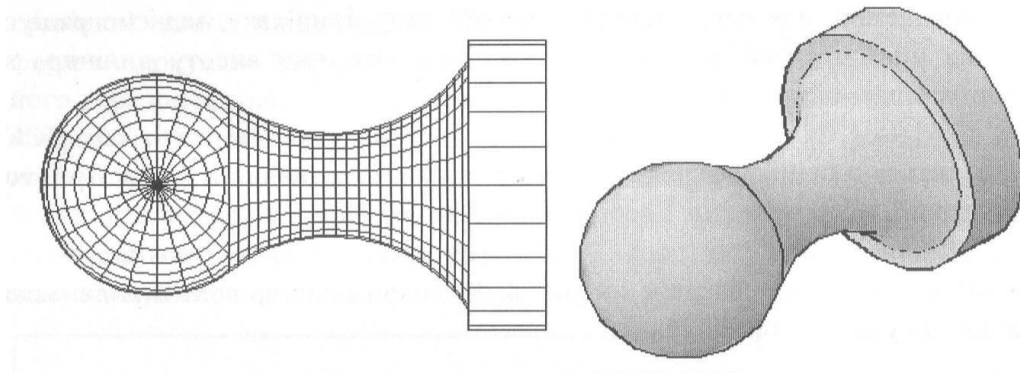


Рис. 2. Поверхня обертання

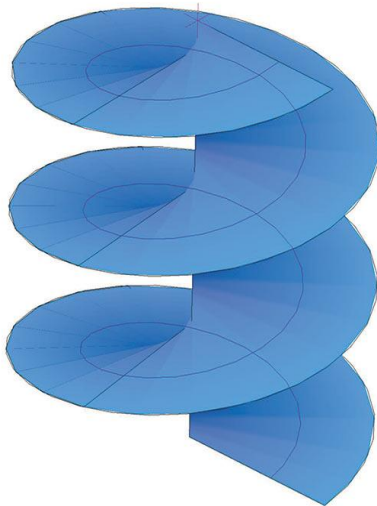


Рис.3. Поверхня прямого гелікоїда

модель та аксонометричну проекцію поверхні обертання [1], яку зображено в графічній системі *AutoCAD*, а на рис. 3 – подано поверхню прямого гелікоїда, яку виконано в графічній системі САПР КОМПАС 3-D командою лінійчата поверхня [12].

На практиці поверхні багатьох машинобудівних деталей, ємності для зберігання газу, різноманітні покриття споруд, купола будинків тощо, являють собою *сферичні* поверхні обертання. *Параболоїд обертання* застосовується в конструкціях прожекторів та автомобільних фар. *Коноїди* мають широке застосування в техніці, зокрема, кораблебудуванні, в авіаційній промисловості, в гідротехнічних

спорудах; у будівництві; у сільськогосподарському машинобудуванні тощо. *Однопорожнинний гіперболоїд* обертання застосовують при проектуванні залізобетонних градирень, опор водонапірних башт, морських маяків, а також покриттів великих видовищних споруд. *Двопорожнинний гіперболоїд* обертання широко використовується в системі радіолокації. На основі *гвинтових поверхонь*, виготовляють гвинти, свердла, пружини, шнеки, гвинтові сходи тощо.

3. Задавання поверхні каркасом. Поверхні, до яких не можна використати математичні закономірності задаються щільною сіткою ліній, які належать поверхні. Сукупність таких ліній є дискретною сіткою або дискретним каркасом. Каркасні геометричні моделі використовують при описі поверхонь в прикладній геометрії, зокрема при моделюванні таких складних об'єктів, як корпуси автомобілів і суден, обшивка літаків тощо.

Каркасні поверхні найзручніше задавати за допомогою визначника поверхні, який є сукупністю необхідних і достатніх умов для однозначного задавання поверхні. Визначник поверхні складається з геометричної та алгоритмічної частин. Геометрична частина визначника це найпростіші геометричні об'єкти, за допомогою яких задається поверхня; алгоритмічна частина – це алгоритм моделювання точок та ліній поверхні.

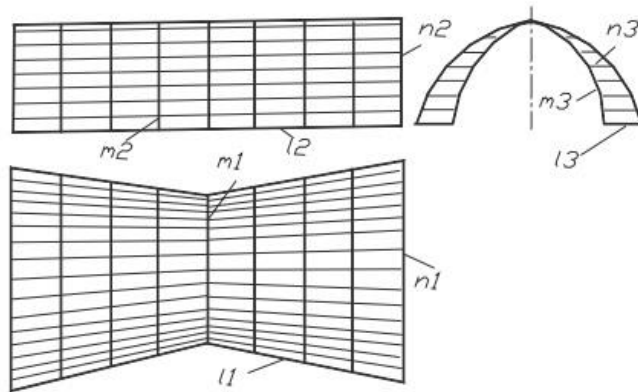


Рис. 4. Завдання поверхні циліндроїда лінійним каркасом

У нарисній геометрії на комплексному кресленні поверхня може бути задана проєкціями напрямних та твірних ліній, каркасом та нарисом поверхні. Наприклад, на рис. 4. представлено задавання поверхні циліндроїда лінійним каркасом.

У суднобудуванні для задавання поверхні корпусу судна використовується

теоретичне креслення, яке дає ясне й точне уявлення про геометричну форму корпусу судна. При цьому поверхня корпусу судна [2] задається трьома сім'ями нерухомих плоских кривих ліній, що призводить до трилінійного каркаса (рис. 5 та рис. 6), який складається з:

- 1) *шпангоутів* – плоских кривих ліній, що утворюються при перерізі корпусу судна профільними площинами рівня $\Gamma^1, \Gamma^2, \Gamma^3, \dots, \Gamma^i$;
- 2) *ватерліній* – плоских кривих ліній, одержуваних при перерізі корпусу судна горизонтальними площинами рівня $T^1, T^2, T^3, \dots, T$;
- 3) *батоксів* – плоских кривих ліній, одержуваних при перерізі корпусу судна фронтальними площинами рівня $\Sigma^1, \Sigma^2, \dots, \Sigma^i$.

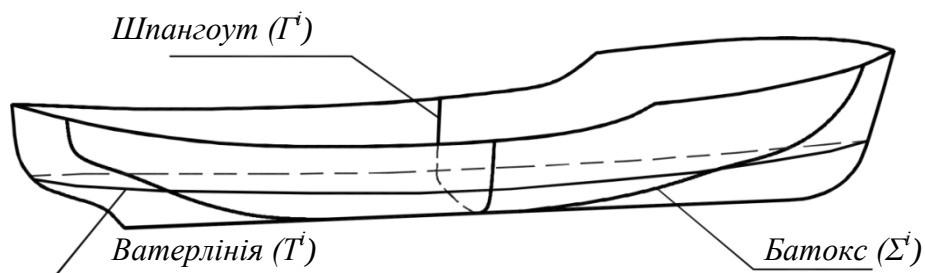


Рис. 5. Лінії каркаса корпусу судна

Всі січні площини, як правило, розташовуються на рівних відстанях одна від одної. Проекції січних площин утворюють *сітку* теоретичного креслення з вертикальних і горизонтальних прямих ліній.



Рис. 6. Теоретичне креслення судна

Каркасна поверхня з дискретним каркасом відрізняється від закономірної кінематичної поверхні з її безперервним каркасом тим, що її каркас не визначає поверхню однозначно. Якщо на закономірних поверхнях довільну точку можна побудувати з будь-яким ступенем точності, то на каркасних поверхнях високої точності задавання точок домогтися неможливо, оскільки в проміжках між лініями каркаса поверхня може мати різну кривину. Єдиним способом збільшення точності задавання точок на каркасній поверхні є ущільнення каркаса, тобто зменшення відстані між його лініями.

За приклад незакономірних просторових кривих ліній взято перерізи

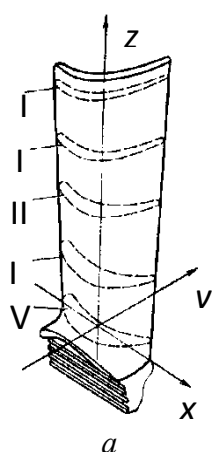
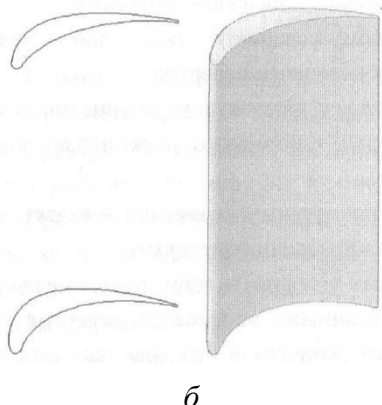


Рис. 7. Каркасна поверхня лопатки осевої газової турбіни:

а – аеродинамічні профілі;

б – побудова профілю в системі AutoCAD



лопатки осевої газової турбіни (рис. 7, а). Поверхня лопатки розрізається кількома коаксіальними циліндричними поверхнями. При цьому утворюються замкнені просторові контури – так звані аеродинамічні профілі лопатки.

Ці профілі використовуються як при проектуванні лопатки, так і при її виготовленні та контролі.

На рис. 7, б показано побудову профілю робочої частини лопатки осьової турбіни у графічній системі *AutoCAD* командою LOFT.

У більшій кількості автоматизованих графічних систем геометричного моделювання передбачено мережеве (за допомогою сіток), поверхневе та твердотільне моделювання тривимірних об'єктів. Тіла, на відміну від поверхонь та сіток, мають внутрішню частину й об'єм. Їх можна об'єднувати, віднімати та перерізати з метою отримання необхідної конфігурації. Кінцевим результатом моделювання повинна бути твердотільна модель, однак у тіл відсутні гнучкі інструменти управління формою поверхонь. Тому, велике значення має попереднє моделювання форми поверхонь, що складають твердотільний об'єкт.

Графічна система *AutoCAD* дає можливість моделювати полігональні та багатогранні сітки поверхні обертання, зсуву, з'єднання, поверхню Кунса та плоску поверхню [1]. Для моделювання поверхонь використовуються операції зсуву, обертання та побудова по перетинам. Команди створення та редагування поверхонь в системі *AutoCAD* приведено на рис. 8.

У графічній системі КОМПАС-3D моделювання поверхонь здійснюється командами інструментальної панелі *Поверхности* (рис. 9). Крім цих команд в КОМПАС-3D є можливість виконувати операції усічення, розбивки, подовження та зшивання; окремі грані поверхонь можна редагувати або вилучати [12].

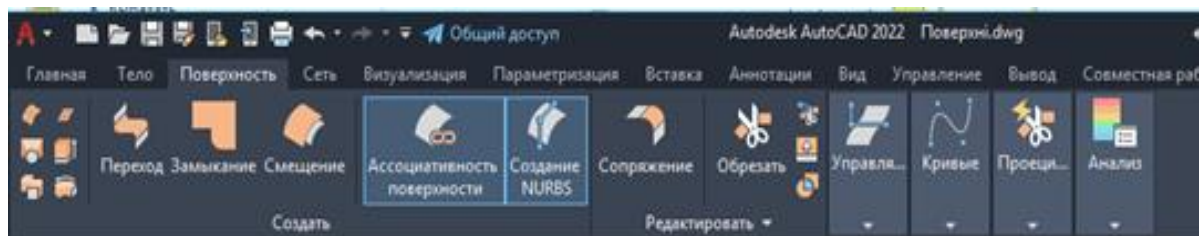


Рис. 8. Команди створення поверхонь на стрічці *AutoCAD*



Рис. 9. Команди інструментальної панелі Поверхні САПР КОМПАС – 3D

На рис.10-16 наведені деякі приклади геометричного моделювання поверхонь в графічних системах *AutoCAD* та КОМПАС-3D. Практично всі команди моделювання та редагування поверхонь в наведених системах є ідентичними та мають однакові функціональні можливості. Обидві системи дозволяють створювати різноманітні форми поверхонь, використовуючи всі можливі способи та методи їх геометричного моделювання. Крім того реалізуються можливості будувати перерізи

поверхонь та лінії взаємного перетину поверхонь для надання конструкторам та дизайнерам можливості проробки створюваних проектів.

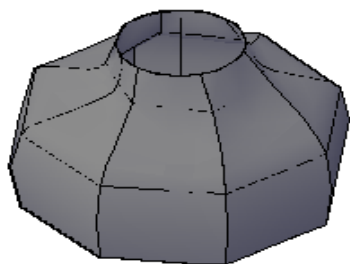


Рис.10. Поверхня, побудована по заданим перерізам

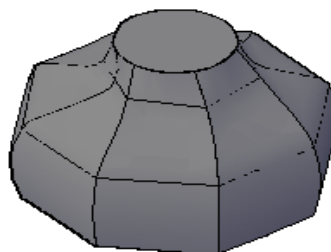


Рис. 11. Поверхня, замкнена за допомогою команди «ПОВЕРХЗАЛАТАТЬ»

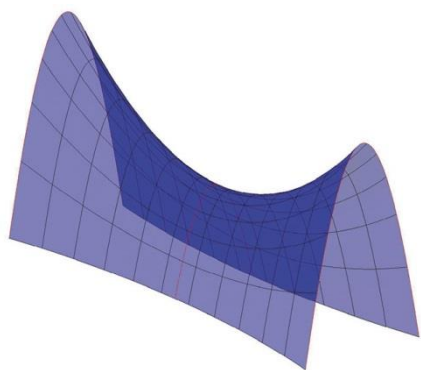


Рис. 12. Гіперболічний параболоїд (коса площина), побудований командою «LOFT»



Рис. 13. Поверхня з ребром повернення, виконана командою «Поверхня з'єднання»

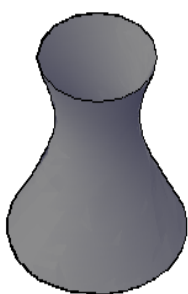


Рис. 14. Поверхня однополосного гіперболоїда, виконана командою «Поверхня обертання»

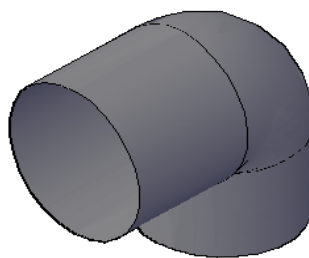


Рис. 15. Поверхня зсуву командою «LOFT»

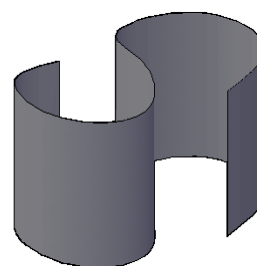


Рис. 16. Циліндрична поверхня, виконана командою «Кінематична поверхня»

На основі циклічних поверхонь моделюються конструкції газопроводів, відцентрових насосів, практичній діяльності за допомогою косих площин утворюються покриття будівель, крила каналова поверхня використовується у трубах змінного перерізу. Трубочата поверхня зустрічається у вигнутих трубах. В основі циліндричних гвинтових пружин

лежить трубчата гвинтова поверхня. Каркасні поверхні закладені в проектування та дизайн корпусів суден, літаків та автомобілів.

Отже, різноманітність поверхонь є дуже великою. Поверхні можуть бути простими або достатньо складними, елегантними або химерними. Вони дозволяють моделювати складні об'єкти будь-якої форми шляхом поєднання між собою. Завдяки цьому поверхні можуть бути використаними конструкторами, в повній мірі, у залежності від властивостей конкретної поверхні та від вимог, що висуваються до об'єкта, який моделюється й створюється, а системи комп'ютерного моделювання суттєво спрощують процес геометричного моделювання.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. У роботі доведено, що поверхні не мають собі рівних серед інших геометричних образів за різноманітністю форм і властивостей, за своїм значенням при формуванні різних геометричних об'єктів, за тією роллю, яку вони грають у науці, техніці, архітектурі, образотворчому мистецтві. Концепція поверхні застосовується у фізиці, інженерній справі, комп'ютерній графіці та інших галузях при вивченні властивостей фізичних об'єктів та їх геометричному моделюванні.

2. Проаналізовано декілька способів задавання поверхонь, які використовуються в залежності від поставленої задачі: аналітичний, каркасний, кінематичний. Показано, що у прикладній геометрії для дослідження поверхонь як інженерних об'єктів переважно використовуються кінематичний та каркасний способи утворення.

3. У роботі побудовано геометричні моделі прямого гелікоїда, однопорожнинного гіперболоїда, гіперболічного параболоїда, поверхні з ребром повернення тощо. Представлено практичне використання каркасних та незакономірних поверхонь на прикладі геометричного моделювання лопатки осової турбіни.

Література

1. *Борисенко В.Д., Бідніченко О.Г., Устенко І.В.* Об'ємне моделювання в AutoCAD : навчальний посібник. Миколаїв: ФОП Швець В.Д., 2014. 224 с.: іл. ISBN 978-617-7240-10-2.
2. *Борисенко В.Д., Бідніченко О.Г.* Основи нарисної геометрії : підручник. Миколаїв, НУК, 2014. 328 с.: іл.
3. Інженерна та комп'ютерна графіка. Підручник / В.Є. Михайленко, В.М. Найдиш, А.М. Підкоритов, І.А. Скидан; За ред. В.Є. Михайленка. 3-е вид., перероб. і допов. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2011. 352 с.: іл. ISBN 978-966-194-082-5.

4. Нарисна геометрія. В.Є. Михайленко, М.Ф. Євстифєєв, С.М. Ковальов, О.В. Кащенко / за ред. В.Є. Михайленка/. 3-тє вид., перероб. Київ: Слово, 2013. 304 с.
5. V. Anpilogova, S. Botvinovska, A. Zolotova, H. Sylimenko. Study of problem on constructing quadrics at the assigned tangent cones. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019. Vol. 5/1 (101), pp. 39–48. DOI :<http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180859>.
6. Ботвіновська С.І., Васько С.М., Суліменко Г.Г. Особливості комп'ютерного моделювання об'єктів архітектури та дизайну, до складу яких входять поверхні обертання другого порядку. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 40. С. 102 – 111.
dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11969049.
<http://repository.knuba.edu.ua/bitstream/handle/987654321/3283/15.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. Ботвіновська С.І., Анпілогова В.О., Левіна Ж.Г., Суліменко Г.Г. Конструктивні властивості гіперболічного параболоїду та їх застосування при комп'ютерному моделюванні. *Сучасні проблеми моделювання*. Мелітополь, 2021. № 21. С. 3–15.
<http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/2917/3440>.
8. Основные поверхности пространства и их построение.
<http://mathprofi.ru/poverhnosti>.
9. Поверхность <https://ru.wikipedia.org/wiki/Поверхность>
10. Вох Е. П. Поверхности, их особенности и применение. E-mail: paleax@mail.ru, <https://cyberleninka.ru/article/n/poverhnosti-ih-osobennosti-i-primeneniye>.
11. <https://www.evkoval.org/postroenie-chertezhej-v-kompas> с примерами.
12. [https://ru.wikipedia.org/Инженерная графика](https://ru.wikipedia.org/Инженерная_графика).
13. [https://ru.wikipedia.org/Начертательная геометрия](https://ru.wikipedia.org/Начертательная_геометрия).

References

1. Borysenko V.D., Bidnichenko O.H., Ustenko I.V. Ob'ymne modelyuvannya v AutoCAD : navchal'nyy posibnyk. Mykolayiv: FOP Shvets V.D., 2014. 224 s.: il. ISBN 978-617-7240-10-2. {in Russian}.
2. Borysenko V.D., Bidnichenko O.H. Osnovy narysnoyi heometriyi: pidruchnyk. Mykolayiv, NUK, 2014. 328 s.: il. {in Ukrainian}
3. Inzhenerna ta komp'yuterna hrafika. Pidruchnyk / V YE Mykhaaylenko, V.M. Naydysh, A.M. Pidkorytov, I A. Skydan. Za red. V.YE. Mykhaaylenka. 3-e vyd., pererob. i dopov. Kyiv: Vydavnychy Dim «Slovo», 2011. 352 s.: il. ISBN 978-966-194-082-5. {in Ukrainian}
4. Narysna heometriya: V.YE. Mykhaaylenko, M.F. Yevstyfeyev, S.M. Koval'ov, O.V. Kashchenko; za red. V.YE. Mykhaaylenka. 3-tye vyd., pererob. K.: Slovo, 2013. 304 s. {in Ukrainian}

5. V. Anpilogova, S. Botvinovska, A. Zolotova, H. Sylimenko. (2019) Study of problem on constructing quadrics at the assigned tangent cones. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5/1 (101), 39–48. DOI :<http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180859>.
6. Botvinovska, Svitlana, Vasco, Sergey & Sulimenko, Hanna. (2019). Features of computer modeling of objects architecture and design, which include surfaces of rotation of second order. *Management of Development of Complex Systems*, 40, 102–111. [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.11969049](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11969049). {in Ukrainian}
7. Anpilogova, V., Botvinovska, S., Levina., J., Sulimenko, H. (2021). Design properties of hyperbolic paraboloid and their application in computer modeling / *Modern problems of modeling*. Melitopol. No. 21. P. 3-15. [electronic source]. <http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/Article/View/12917/3440>. {in Ukrain}.
8. Osnovnyye poverkhnosti prostranstva i ikh postroyeniye. <http://mathprofi.ru> > poverkhnosti.
9. Poverkhnost' [https://ru.wikipedia.org > wiki > Poverkhnost'](https://ru.wikipedia.org/wiki/Poverkhnost)
10. Poverkhnosti, ikh osobennosti i primeneniye. Vokh Ye. P. e-mail: paleax@mail.ru, <https://cyberleninka.ru/article/n/poverkhnosti-ih-osobennosti-i-primenenie>.
11. [https://www.evkova.org/postroenie-chertezhej-v-kompas s primerami](https://www.evkova.org/postroenie-chertezhej-v-kompas-s-primerami)
12. [https://ru.wikipedia.org/Inzhenernaya grafika](https://ru.wikipedia.org/Inzhenernaya_grafika)
13. [https://ru.wikipedia.org/Nachertatel'naya geometriya](https://ru.wikipedia.org/Nachertatel'naya_geometriya).

К. т. н, доцент **Бидниченко Е. Г.**,
helenbidnichenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0548-3481
 Национальный университет кораблестроения имени адмирала
 Макарова (г. Николаев)

ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И СПОСОБЫ ИХ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Данная работа посвящена актуальному вопросу исследования форм геометрических поверхностей с точки зрения начертательной геометрии и их компьютерного моделирования. Приведены определения алгебраических и геометрических поверхностей. Проведен анализ признаков и параметров поверхностей для их классификации в наиболее часто встречающиеся в практике основные группы. Представлены основные способы задания поверхностей, которые используются на практике, в зависимости от формы поверхности и от поставленной задачи. Исследованы аналитический, кинематический и каркасный способы задания поверхностей. Аналитический способ представлен на базе конической поверхности вращения; проанализировано каноническое уравнение поверхности, показано его соответствие верхней и нижней

полости конуса. Выполнено графическое отображение конической поверхности в графической системе AutoCAD. Рассмотрены особенности кинематического способа образования поверхностей, представленных на примере поверхности вращения, выполненной в графической системе AutoCAD, и поверхности прямого гиперboloида, чертеж которого выполнен в системе КОМПАС-3D. Приведены примеры практического использования смоделированных поверхностей. Достаточно внимания уделено исследованию каркасных поверхностей. Приведен комплексный чертеж поверхности цилиндриоида, заданный линейным каркасом. Подробно представлен трехлинейный каркас поверхности судна, который образуется ватерлиниями, шпангоутами и батоксами. В системе AutoCAD представлена смоделированная каркасная поверхность лопатки осевой газовой турбины. Приведены алгоритмы и методы геометрического моделирования поверхностей в графических системах AutoCAD и КОМПАС-3D. Разработаны геометрические модели некоторых поверхностей: прямого геликоида, равно полостного гиперboloида, гиперболического параболоида, поверхности с ребром возврата и т.д. Приведены примеры практической реализации смоделированных поверхностей.

Ключевые слова: поверхность; образующая; направляющая; кинематический способ образования; каркасная модель; компьютерное моделирование.

Ph. D., assoc. prof. **Helen Bidnichenko**
helenbidnichenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0548-3481
Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Mykolaiv)

FEATURES OF GEOMETRIC SURFACES AND METHODS OF THEIR COMPUTER MODELING

This paper is devoted to the topical issue of studying the shapes of geometric surfaces in terms of descriptive geometry and their computer modeling. Definitions of algebraic and geometric surfaces are given. The analysis of features and parameters of surfaces for their classification into the main groups that are most common in practice is performed. The main methods of setting surfaces used in practice, depending on the shape of the surface and the task are given. Analytical, kinematic and frame methods of setting surfaces have been studied. The analytical method is presented on the basis of a conical surface of rotation; the canonical equation of the surface is analyzed, its correspondence for the upper and lower cone cavities is shown. The conical surface is graphically displayed in the AutoCAD graphics system. The peculiarities of the kinematic method of surface formation, which is presented on the example of the surface of rotation, made in the graphics system

AutoCAD, and the surface of a straight hyperboloid, the drawing of which is made in the system COMPASS-3D. Examples of practical use of simulated surfaces are given. Enough attention is paid to the study of frame surfaces. A complex drawing of the surface of a cylinder given by a linear framework is given. The three-line frame of the ship's surface, which is formed by waterlines, frames and buttocks, is presented in detail. Simulated frame surface of an axial gas turbine blade is presented in the AutoCAD system. Algorithms and methods of geometric modeling of surfaces in graphic systems AutoCAD and KOMPAS-3D are given. Geometric models of some surfaces have been developed: straight helicoid, single-cavity hyperboloid, hyperbolic paraboloid, surface with return edge, etc. Examples of practical implementation of simulated surfaces are given.

Key Words: surface; generating line; guide line; kinematic method of formation; frame model; computer simulation.