УДК514.18
DOI: 10.32347/0131-579x.2023.105.3-15
к. т. н, доцент **Біднічeнко О.Г.**
helenbidnichenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0548-3481
Національний університет кораблебудування імені
адмірала Макарова (м. Миколаїв)

# ЛІНІЙЧАТІ, АЛЕ НЕ ПЛОСКІ ПОВЕРХНІ В НАУЦІ, ТЕХНІЦІ ТА АРХІТЕКТУРНИХ СПОРУДАХ

*Дана робота присвячена питанню аналізу особливостей лінійчатих поверхонь обертання та їх застосуванню в різних напрямах людської діяльності. У статті проведено геометричне та практичне дослідження поверхонь конуса, циліндра та однопорожниного гіперболоїда, як представників лінійчатих поверхонь обертання. Подано їх математичний опис та розроблено геометричні моделі: створені схеми наочних зображень в прямокутній системі координат та двокартинні комплексні креслення. Особлива увага приділена практичному застосуванню цих поверхонь у різних сферах зокрема у сферах машинобудування та архітектури. Конічна поверхня обертання завдяки своїй геометричній формі використовується при з'єднанні деталей, на кінцях валів, у водопровідній арматурі тощо. Поверхню відсіченого конусу мають предмети повсякденного життя: вазони для квітів, відра, воронки для перелівання рідин, лампа з абажуром у виді конуса тощо. В архітектурі конічна поверхня використовується ще із стародавніх часів як покрівля для житлових приміщень та старовинних замків, для димових труб, башт маяків тощо. У мусульманських містах для будівництва мінаретів застосовують циліндричну поверхню обертання, яка завершується зверху покрівлею конічної форми, що символізує прагнення до небес. Циліндрична поверхня застосувалась для будівництва башт старовинних фортець та сучасних будівель різного призначення. Вироби, що мають форму циліндра обертання, широко застосовуються в машинобудуванні та військовій промисловості, медицині, компютерній графіці тощо. Геометричну форму однопорожниного гіперболоїда мають численні градирні, висотні вежі тощо. У статті обрані найбільш характерні яскраві приклади використання поверхонь конуса, циліндра та однопорожниного гіперболоїда, проаналізовані їх особливості та представлені фотографічні зображення.*

*Ключові слова: лінійчаті поверхні, поверхні обертання; геометричні моделі; практичне застосування, машинобудування, архітектурні споруди.*

**Постановка проблеми**. У тривимірному просторі, в якому ми живемо, нас оточують поверхні та об'ємні тіла різної конфігурації. Природа створила багато цікавих форм, які спостерігаються, вивчаються та досліджуються вченими [1–3], а результати досліджень та виявлені

закономірності впроваджуються у багатьох виробах різних галузей промисловості, дизайні та архітектурі [4-6]. Представлене дослідження є продовженням серії робіт, присвячених аналізу геометричних властивостей різних класів поверхонь [1, 3, 6], їх математичному опису та висвітленню особливостей застосування майже у всіх напрямах діяльності людини [1–6, 13]. Особливо цікаву групу поверхонь уявляють собою лінійчаті поверхні обертання, які утворюються прямими лініями, однак формують криволінійні поверхні. Вони є широко розповсюдженими у виробах промисловості. Тому уявляє інтерес проаналізувати властивості лінійчатих поверхонь обертання, вивчити їх особливості та побудувати геометричні моделі для можливості моделювання нових креативних форм.

**Ціль статті**. Проаналізувати форму поверхонь, що утворюються обертанням прямих ліній, побудувати їх математичні та геометричні моделі. Висвітлити сфери їх використання, зробити підбір об'єктів, що є геометричними моделями досліджуваних поверхонь, привести їх зображення.

**Аналіз основних досліджень і публікацій**. Багато вчених приділяють увагу вивченню ліній та поверхонь, які існують у природі, для виявлення закономірностей, що дадуть змогу використати ці знання для створення нових перспективних геометричних форм та впровадити їх у людське життя. Теоретичні основи теорії поверхонь викладені в багатьох підручниках [7, 8] для можливості використання інженерами при створенні нових та вдосконаленні існуючих виробів у різноманітних галузях промисловості. Зацікавленість вивченні геометричних особливостей поверхонь підтверджується наявністю матеріалів щодо геометричних поверхонь в інтернет-ресурсах [9 – 11]. Використання в практиці зокрема в архітектурі різних видів поверхонь показано в роботах [5, 12, 13].

**Основна частина**. При проектуванні різноманітних інженерних споруд, машин та механізмів найбільше застосування знайшли поверхні, що утворюються обертанням прямих ліній. Поверхні, які утворюються рухом прямої лінії, називаються *лінійчатими*. Через будь-яку точку лінійчатої поверхні можна провести принаймні одну пряму, яка цілком належить поверхні. Множина таких прямих уявляє собою неперервний каркас лінійчатої поверхні. Найпростішою з таких поверхонь є площина, яку можна утворити прямою лінією, що рухається по двох напрямних – паралельних прямих. Прямі лінії при різних варіантах розташування та різних способах переміщення можуть утворювати не тільки площини, а й криволінійні поверхні.

Розглянемо лінійчаті поверхні, які утворюються способом обертання прямої лінії відносно деякої осі. В загальному випадку геометрична частина визначника поверхні обертання складається із осі обертання $i$ та твірної лінії $l$. Алгоритмічна частина визначника поверхні обертання складається із операції обертання твірної $l$ навколо осі $i$ та побудови каркасу паралелей

необхідної щільності. Всі лінійчаті поверхні у якості лінії каркасу обов'язково мають пряму лінію.

Якщо розглядати кінематичний спосіб утворення зокрема обертання, то в залежності від положення прямої, що формує поверхню, відносно осі обертання можуть бути утворені три види кривих лінійчатих поверхонь обертання: поверхня прямого кугового конуса (якщо прямі перетинаються), кугового циліндра (якщо прямі паралельні) та однопорожнинного гіпердолоїда (якщо прямі мимобіжні). Ці поверхні обертання (рис. 1) належать до поверхонь другого порядку; вони незамкнені, тому на кресленнях зображуються своїми відсіками. Каркасом цих поверхонь крім кіл-паралелей є прямі лінії. Розглянемо особливості кожної з описаних поверхонь.

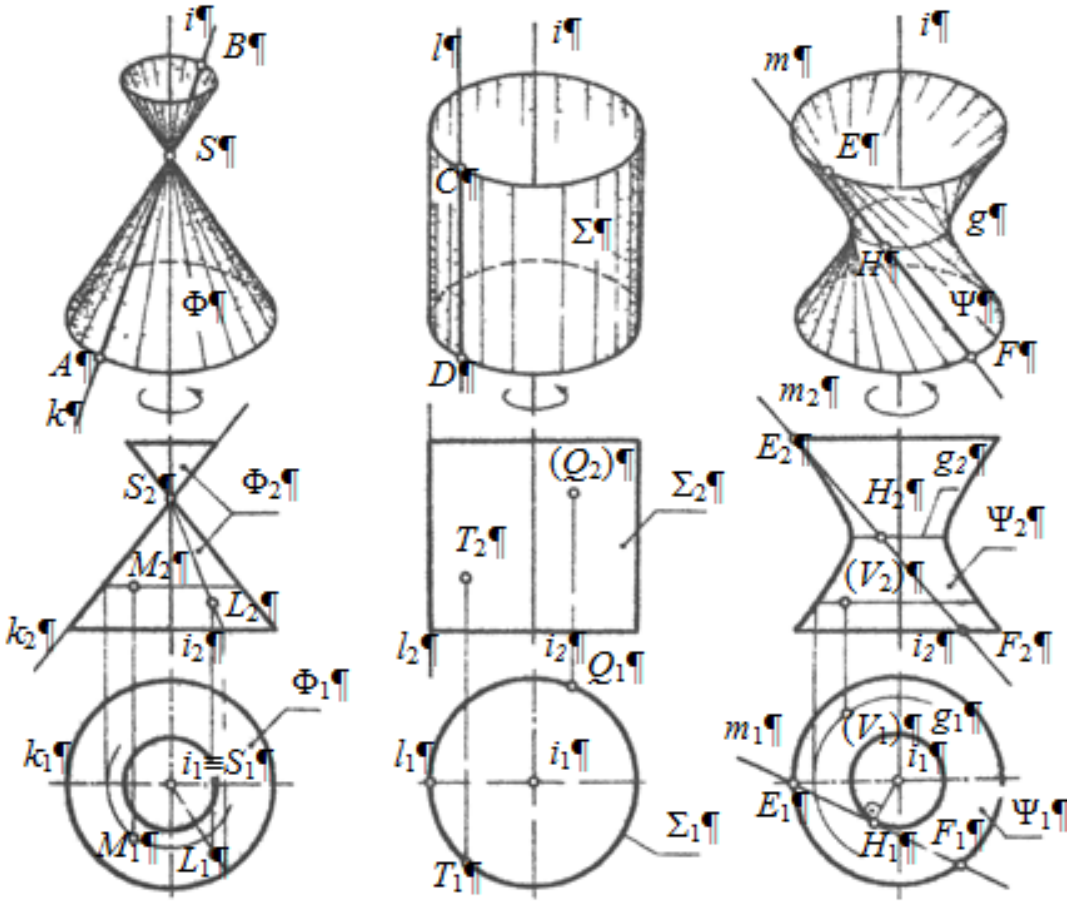



Рис. 1. Наочні зображення та проекційні креслення конуса, циліндра та однопорожниного гіперболоїда

Поверхня *прямого кругового конуса*, яка утворюється шляхом обертання, – це поверхня з вершиною *S* та твірною *k*, яка перетинається з віссю обертання *i*, та при обертанні описує собою поверхню (рис. 1). Поверхня прямого кругового конуса складається із двох порожнин, симетричних відносно точки *S*. Множина прямолінійних твірних уявляє собою неперервний каркас конічної поверхні через кожну точку якої проходить єдина прямолінійна твірна.

Звичайно під конусом розуміють одну порожнину поверхні. Тому, інакше кажучи, в загальному виді конус – це геометричне тіло, яке утворено сукупністю променів, що виходять із однієї точки та перетинають будь-яку площину. На місці перетину утворюється основа конуса. Для конуса обертання (рис.2) висота *H* перпендикулярна основі.

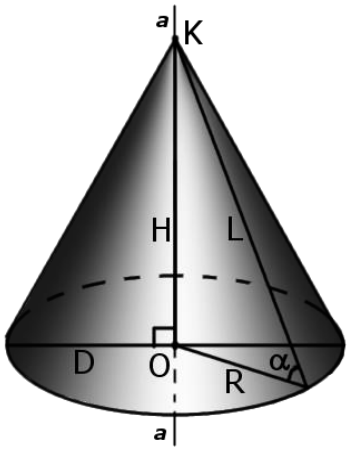


Рис.2. Поверхня конуса обертання

У декартовій системі координат рівняння поверхні прямого кругового конуса [14] має вигляд $z = \pm\sqrt{x^2 + y^2}\,\mathrm{ctg}\,\alpha$, де α – кут при основі конуса.

Канонічне рівняння еліптичного конусу у загальному вигляді у декартових координатах має вигляд: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0$. Але для прямого кругового конуса, для якого $a=b$, воно має вигляд $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0$, де контстанти $a$, $c$ визначаються пропорцією ${}^{c}/_{a} = {}^{\cos \propto}/_{\sin \propto}$.

Конічна поверхня обертання завдяки особливостям геометричної форми широко використовується в машинобудуванні при з'єднанні різних деталей, виконується на кінцях валів, в пробках водопровідної арматури (рис. 3) тощо. Деталі, що мають форму тіл обертання у виді відсіченого конуса, такі, що мають в конструкції зовнішні та внутрішні конічні поверхні, мають в певних конструкціях переваги перед іншими геометричними формами.

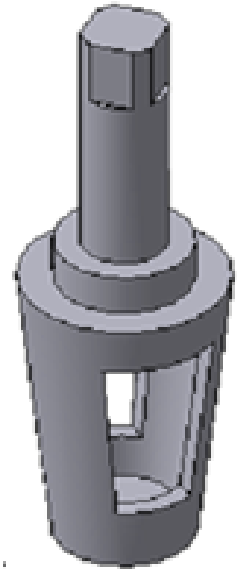


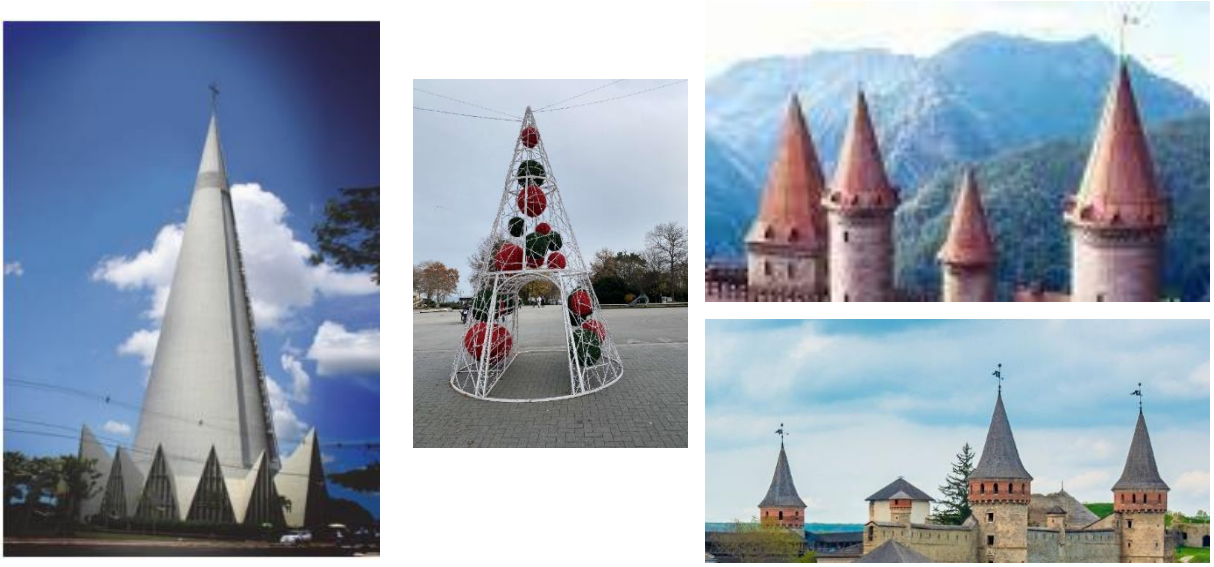
Рис. 3. Пробка від водопровідного крана

Крім машинобудування поверхні прямого кругового конуса використовується у різних напрямах людського життя. На рис. 4 представлено сферу будівництва та архітектури: конічна форма будівлі грецької ортодоксальної церкви Благовіщення (рис. 4, *а*), декоративна архітектурна прикраса (рис. 4, *б*), конічна форма покрівлі на старовинних замках (рис. 4, *в*).

У стародавні часи поверхня прямого кругового конусу найбільш широко використовувалася як дах над жилими приміщеннями, в якості димових труб, башт маяків, у мусульманських містах при будівництві мінаретів. Мінарет – це символ мусульманської цивілізації (рис. 5). Він має циліндричну форму будівлі порівняно невеликого діаметра та великої висоти. Завершується споруда дахом конічної форми (див. рис. 5, *а*, *б*). Таке поєднання циліндричної та конічної поверхонь є дуже вдалим прикладом для

сокральної архітектури, оскільки створює враження та символізує прагнення вгору до високих небес.

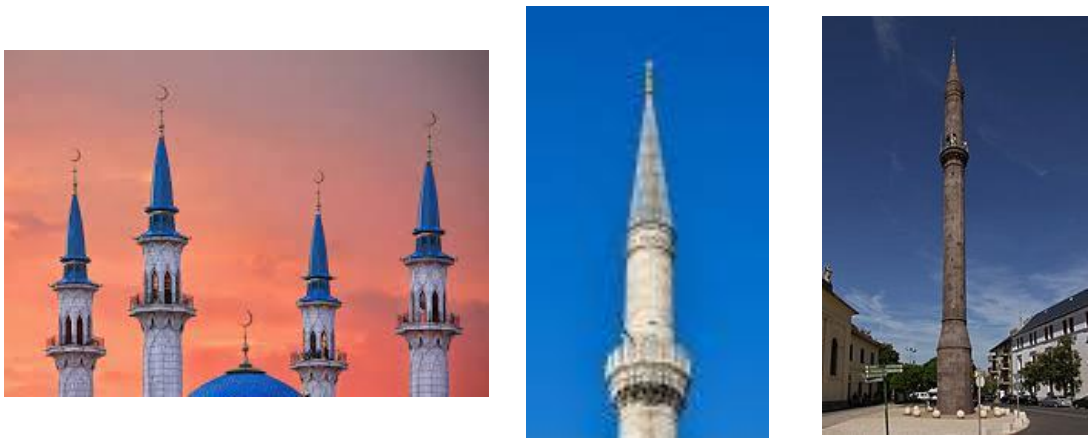
На рис. 5, *в* зображено мінарет у м. Егер, що у північній Угорщині. Він має висоту 40 м та побудований із червоного пісчаника. Мінарет було



*а* *б* *в*

Рис. 4. Впровадження конічної поверхні у практику людського життя:
а - будівля грецької ортодоксальної церкви Благовіщення;
б - декоративна архітектурна прикраса; в - покрівля на старовинних замках

зведено на початку 17 століття як частину мечеті, його використовували для призиву мусульман до молитви. Зараз мечеті вже не існує, але мінарет зберігся як історична памятка Угорщини.



*а* *б* *в*

Рис. 5. Конічна та циліндрична поверхні у будівлях мінаретів:
а – чотири мінарети та церква; б – високий білий мінарет мусульманської мечеті;
в - мінарет у м. Егер, Угорщина

Всередині будови знаходиться 97 ступенева гвинтова драбина, яка веде до балкону, що розташований на висоті 26м, звідки відкривається чудовий вид на місто. Цей мінарет один із трьох османських мінаретів, що збереглися до наших часів в Угорщині

Рис.6. Водонапірна вежа, Кувейт, 1979р.

Здається, що форма конуса використовується так часто, що створити новий виріб або споруду, які б не повторювали вже звичні конічні форми, вже неможливо. Однак дизайнери, архітектори та інженери впевнені у функціональній цінності конічної форми, що зараз вибирають її як основу своїх композицій стосовно до будівель, конструкцій та виробів. Вже побудовано багато веж у формі конічної поверхні, та практично кожна з них є шедевром архітектури та інженерної думки. В наші часи найбільш красивою спорудою з використанням конічної оболонки вважається водонапірна вежа, що розташована в Кувейті (рис. 6) [12].

Крім цього конічна поверхня часто використовується в нашому повсяденному житті. Це вазони для квітів, відра, воронки для перелівання рідин, лампа з абажуром у виді конуса, пожежні відра тощо.

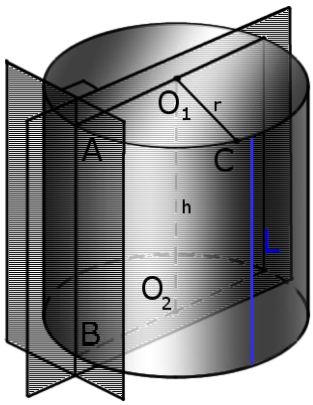



Рис. 7. Поверхня циліндра обертання

*Циліндрична поверхня обертання* (рис. 7) утворюється обертанням у просторі твірної $k$, яка паралельна осі обертання $i$. Множина твірних уявляє собою неперервний каркас циліндричної поверхні. Через кожну точку поверхні проходить єдина твірна [12].

Поверхня прямого кругового циліндра з центром в точці $(a, b, 0)$ та віссю 0z виразиться рівнянням $(x-a)^2+(y-b)^2=R^2$, де $R$ – радіус кола.

Вироби, що мають форму циліндра обертання, широко застосовуються в машинобудуванні та військовій промисловості (рис. 8), медицині, компютерній графіці тощо.

*а* *б*

Рис.8. Вироби циліндричної форми: *а* – машинобудівні деталі; *б* – гільзи для патронів

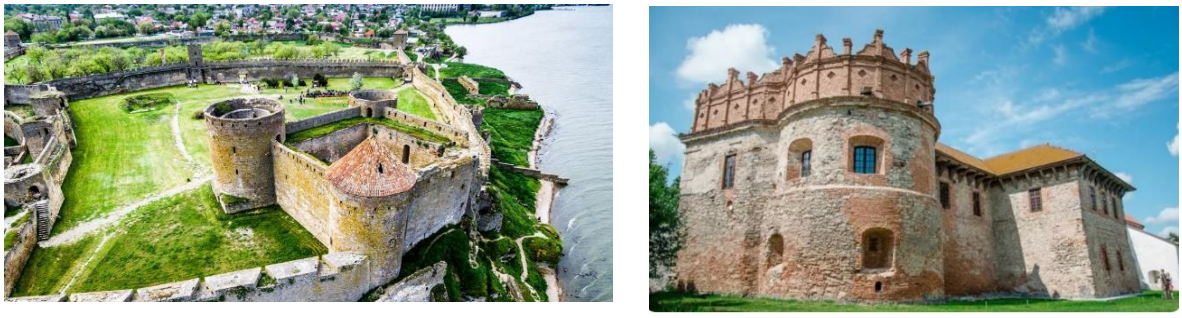
Звичайно ж і архітектори також використовували циліндричну поверхню в своїх задумах. Класичним прикладом циліндричної поверхні у будівництві є Пізанська вежа, але вона похила.

В архітектурі особливе місце зацмають циліндричні форми будівель, які є спадщиною середньовічного фортифікаційного будівництва. Яскравим прикладом використання циліндричної поверхні для вежі фортеці є Каменець-Подільський замок (рис. 9).

Рис. 9. Каменець-Подільська фортеця, Україна

Це місто існувало ще у часи Київської Русі, вперше у літописах згаки про нього з'явилися у 1374 році. Вже у ті часи циліндричні вежі були кам'яними. Взагалі вся фортеця має форму витягнутого багатокутника, в кожному куті якого розташовані циліндричні вежі. Така форма використовувалась для можливості повного огляду всієї округи та своєчасного бачення появи ворогів.

На рис. 10 показано памятки середньовікової архітектури. Вважається, що фортеця Аккерман (див. рис. 10, *а*) існувала з 13 століття. Але основні її елементи були закінчені до 1440-х років. У фортеці налічувалося 34 башти циліндричної форми, висота деяких сягала 20 метрів. У кінці 19 століття фортецю оголошують історіко-архітектурною пам'яткою, а у середині 20 століття її зробили муеєм-заповідником.



*а* *б*

Рис.10. Циліндричні вежі середньовікових фортець:
*а* - фортеця Аккерман у м. Белгород-Днестровський Одеської області;
*б* - замок Острозьких у Хмельницкій області

Замок Острозьких (див. рис. 10, *б*) було збудовано у 16 столітті. До сучасних часів збереглися лише дві вежі циліндричної форми у двох протилежних частинах території. На відміну від інших замків він відрізнівся кращими оборонними властивостями.

Останнім часом в усьому світі набувають популярність будівлі, що мають форму циліндра. Уявляє інтерес розглянути споруду бізнес центру Торрес де Геркулес в Іспанії (рис. 11, *а*), будівництво якого було завершено у 2009 р. Нова споруда, яка оточена штучною водоймою, складається із двох однакових 20 поверхових веж циліндричної форми, які мають висоту 100 м, а разоя з телекомунвкаційною антеною – 126м. Ці вежі були найвисокими в Андалусії до 2015 р.

*а*

*б*

Рис. 11. Споруди циліндричної форми:
*а* – бізнес центр Торрес де Геркулес (Іспанія); *б* – будівля Планетарію ( Копенгаген)

Будівля Планетарію циліндричної форми у Копенгагені (рис. 11, *б*) була спроектована датським архітектором Кнудом Мунком та побудована наприкінці 20 століття. Циліндр будівлі має висоту 38 м, а дах спскається до озера. Купольний зал планетарію є найбільшим у Північній Європі.

Сучасні можливості будівної індустрії дозволяють реалізувати при будівництві будинки практично будь-яких фантазій.

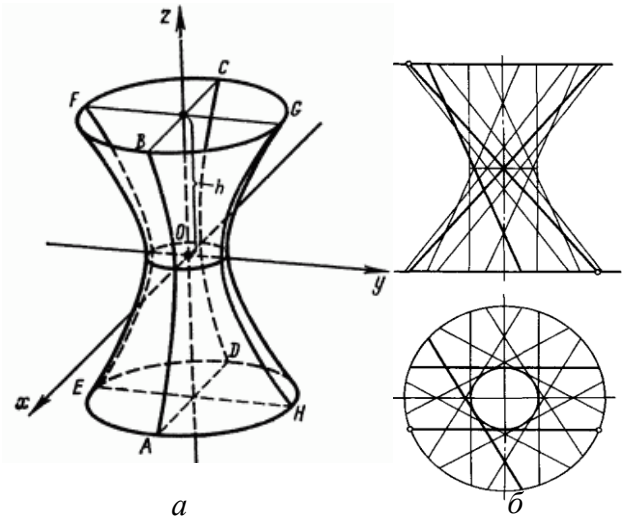
Розглянемо геометричну модель поверхні *однопорожнинного гіперболоїда обертання* (рис. 12). Це такий вид поверхні другого порядку у тривимірному просторі, яка задається у Декартових координатах рівнянням $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}-\frac{z^2}{c^2}=1$, де $a$, $b$ – дійсні напівосі, а $c$ – уявна напіввісь.

Однопорожниний гіперболоїд має три сім'ї безперервних каркасів: каркас кола-паралелей, каркас гіпербол-меридіанів та каркас прямолінійних твірних (рис. 12, *б*). Однопорожниний гіперболоїд обертання є втіленим у градирнях (рис. 13, *а*), які використовуються на багатьох виробництвах для охолодження великої кількості води спрямованим потоком повітря.

Форму однопорожниного гіперболоїда має спроектована японським архітектором Ге Обато будівля планетарію імені Макдонелла (рис. 13, *б*) у

м. Сент-Луис (США). Дуже вдалий знімок при відповідному куті освітлення добре демонструє лінійчату структуру поверхні.

Поверхня однопорожниного гіперболоїда крім гіпербол та кіл також має каркасом прямі лінії, які утворюють жорсткий каркас поверхні (рис. 12, *б*). Якщо конструкцію з'єднати шарнірами, то вона зберігає жорсткість та свою форму під впливом зовнішніх сил.




*а* *б*

Рис.12. Поверхня однопорожниного гіперболоїду:
*а* – наочне зображення;
*б* – комплексне креслення

Для високих споруд фактором небезпеки є вітрове навантаження, яке є відносно невеликим для такої стрижневої конструкції. Тому споруда виходить дуже міцною, незважаючи на малу матеріалоємність.

Численні вежі мають форму поверхні одно порожнинного гіперболоїда. Наприклад, водонапірна вежа у м. Миколаїв (рис. 14, *б*, фото автора), що на півдні України, є першою у світі, що була встановлена та використана у системі міського водопостачання та має форму поверхні гіперболоїда обертання.

*а* *б*

Рис. 13. Форма поверхонь однопорожниного гіперболоїда:
*а* – градирні (фото автора); *б* – будівля планетарію

Вона була побудована у 1908 році та функціонувала до 1944 року, коли була підірвана німецькими військами, які відступали. Після звільнення Миколаєва вежа була відновлена. Використовувалася до 1958 року, поки не ввели в експлуатацію Інгулецький водогін. Зараз вежа має статус пам'ятнику історії і культури місцевого значення. Відмінною особливістю

вежі є те, що вона є у 12 разів легше, ніж інші проекти, а її вага менше, ніж та вода, яку вона вміщує. Висота вежі 25,6 м, с баком – 32 м., об'єм води 50 тисяч відер (615 м$^2$). Для міцності залізні куточки, з яких складено каркас вежі, укріплені дев'ятьма горизонтальними кільцями. Всередині розташовано гвинтову металеву драбину.

Характерними особливостями Миколаївської вежі є: 1. Самий великий резервуар системи серед інших водонапірних веж; 2. Вежа не вимагала опалення; 3. Вежа мала циркуляцію води у природний спосіб.

*а* *б* *в*

Рис. 14. Сітковий каркас поверхні одно порожнинного гіперболоїда: *а*- архітектурна конструкція; б – водонапірна вежа в м. Миколаєві; *в* – Аджигольський маяк

Серед усіх веж такого типу хотілося б відзначити ще одну вежу, що знаходиться біля м. Херсон на півдні України. На рис.14, *в* фотографія Аджигольського маяка, який був побудований ще у 1911 р. та є діючим до нашого часу. Споруда має вигляд сіткової оболонки у формі однопорожниного гіперболоїда обертання. Висота маяка 64 м, це найвисока одно секційна гіперболоїдна вежа.

Крім цього прикладами гіперболоїдних конструкцій можна назвати щоглу американського лінкора «Арізона», башту порту Кобе, телевежу Гуанчжоу, Сіднейську телевежу тощо.

Отже, лінійчаті поверхні обертання завдяки своїм геометричним особливостям широко використовуються майже у всіх сферах сучасної людської діяльності. Тому їх потрібно досліджувати, розробляти геометричні та математичні моделі, тобто розвивати теоретичні основи лінійчатих поверхонь, для розробки нових креативних геометричних форм і створення виробів або споруд, що містять елементи інновації, та вивчати додаткові можливі сфери їх використання.

**Висновки та перспективи.** У роботі досліджено геометричні особливості лінійчатих поверхонь обертання. Подано їх математичний опис

та розроблено геометричні моделі. Особлива увага приділена практичному застосуванню цих поверхонь у різних сферах зокрема у сферах машинобудування та архітектури. Обрані найбільш характерні яскраві приклади використання поверхонь конуса, циліндра та однопорожниного гіперболоїда, проаналізовані їх особливості та представлені фотографічні зображення. Зроблено висновок щодо необхідності таких досліджень для розробки нових креативних геометричних форм.

## Література


1. *Бідніченко О.Г.* Особливості геометричних поверхонь та способи їх комп'ютерного моделювання / *Міжвідомчий науково-технічний збірник* «*Прикладна геометрія та інженерна графіка*». Київ : КНУБА, 2022. Вип.102. С. 3 – 15. DOI:10.32347/0131-579x.2021.102.
2. *Ботвіновська С.*І., Ковальов С.М., Мостовенко О.В. Властивості деяких параболоїдів n-го порядку */ Управління розвитком складних систем*. Київ : КНУБА, 2015. № 22. С. 134-137.
3. *Бідніченко О.Г.* Криві та поверхні другого порядку в природі та архітектурних спорудах / *Міжвідомчий науково-технічний збірник «*Прикладна геометрія та інженерна графіка». Київ : КНУБА, 2022. Вип.103. С. 3 – 15. DOI:10.32347/0131-579x.2022.103.
4. *Ковальов С.Н., Ботвіновська, С.І., Золотова А.В.* Геометричне моделювання поверхонь із заданими властивостями у дизайні та архітектурі / *Управління розвитком складних систем*. Київ : КНУБА, 2016. № 25. С. 121 – 126.
5. *Ботвіновська С.І.* Моделювання криволінійних поверхонь об'єктів дизайну та управління їх формою / *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. Київ : КНУБА, 2017. № 47. С.451 – 457.
6. *Бідніченко О.Г.* Прямі лінії та лінійчаті поверхні в науці, природі та архітектурних спорудах / *Міжвідомчий науково-технічний збірник* «*Прикладна геометрія та інженерна графіка*». Київ : КНУБА, 2023. Вип.104. С. 3 – 15. dx.doi.org/https://doi.org/10.32347/0131-579x.2023.104.
7. *Борисенко В.Д., Бідніченко О.Г.* Основи нарисної геометрії : підручник / В.Д.Борисенко, О.Г.Бідніченко. Миколаїв : НУК, 2014. 328 с.
8. *Аналітична геометрія. URL: https://ukrayinska.libretexts.org. (дата звернення 12.11.2023).*
9. *https://stud.com.ua/54939/tovaroznavstvo/liniychati_poverhni_negativnoyu_gaussovoy_krivizni.*
10. *Лінійчаті поверхні. https://studfile.net/preview/16416254/page:2/. (дата звернення 01.11.2023).*
11. *https://stud.com.ua/54938/tovaroznavstvo/analitichni_poverhni_arhitekturi_budivel_konstruktsiy_virobiv.*

12. *Iraida Mamieva.* Analytical Surfaces for Parametric Architecture In Modern Buildings and Erections */ Scientific journal «Academia architecture and construction». March 2020. DOI:10.22337/2077-9038.*
13. *Рівняння конуса.*
*URL : https://vm.kname.edu.ua/images/Files/metod_literatura/Yakunin.*
14. *Циліндричні поверхні.*
*URL : https://www.youtube.com/watch?v=VED03zUy48I.*

## References

1. *Bidnichenko O.H.* Osoblyvosti heometrychnykh poverkhon ta sposoby yikh kompiuternoho modeliuvannia / Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «*Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*». Kyiv : KNUBA, 2022. Vyp.102. S. 3 – 15. DOI:10.32347/0131-579x.2021.102. {inUkrainian}.
2. *Botvinovska S., Kovalev S., Mostovenko O.* (2015). Some properties paraboloids n-th order. *Management of Development of Complex Systems*, 22 (1), 134-137. {inUkrainian}.
3. *Bidnichenko O.H.* Kryvi ta poverkhni druhoho poriadku v pryrodi ta arkhitekturnykh sporudakh / Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «*Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*». Kyiv : KNUBA, 2022. Vyp.103. C. 3 – 15. DOI:10.32347/0131-579x.2022.103. {inUkrainian}.
4. *Kovalev, S.N.* (2016). Geometric modeling of the surfaces with given properties in design and architecture / S.N. Kovalev, S.I. Botvinovska, A.V.Zolotova / *Management of development of complex systems*, Vol. 25,121-126. {inUkrainian}.
5. *Botvinovska S. (2017).* Modeling of curvilinear surfaces of objects of design and management of their form. *Journal for Modern problems of Architecture and Town planning.* (47). 451–457. {inUkrainian}.
6. *Bidnichenko O.H.* Priami linii ta liniichati poverkhni v nautsi, pryrodi ta arkhitekturnykh sporudakh / Mizhvidomchyi naukovo-tekhnichnyi zbirnyk *«Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika».* Kyiv : KNUBA, 2023. Vyp.104. S. 3 – 15. dx.doi.org/https://doi.org/10.32347/0131-579x.2023.104.
7. *Borysenko V.D., Bidnichenko O.H.* Osnovy narysnoi heometrii : pidruchnyk / V.D.Borysenko, O.H.Bidnichenko. Mykolaiv : NUK, 2014. 328 s.
8. Analitychna heometriia. URL: https://ukrayinska.libretexts.org. (data zvernennia 12.11.2023). {inUkrainian}.
9. https://stud.com.ua/54939/tovaroznavstvo/liniychati_poverhni_negativnoyu_gaussovoy_krivizni.
10. Liniichati poverkhni. https://studfile.net/preview/16416254/page:2/. (data zvernennia 01.11.2023).
11. https://stud.com.ua/54938/tovaroznavstvo/analitichni_poverhni_arhitekturi_budivel_konstruktsiy_virobiv.

12. *Iraida Mamieva*. Analytical Surfaces for Parametric Architecture In Modern Buildings and Erections / March 2020. *Scientific journal «Academia architecture and construction»*. DOI:10.22337/2077-9038. {in In English}.
13. Rivniannia konusa.
URL : https://vm.kname.edu.ua/images/Files/metod_literatura/Yakunin.
14. Tsylindrychni poverkhni.
URL : https://www.youtube.com/watch?v=VED03zUy48I.

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

## RULED BUT NOT FLAT SURFACES IN SCIENCE, TECHNOLOGY AND ARCHITECTURAL BUILDINGS

*This work is devoted to the analysis of features of linear surfaces of rotation and their application in various areas of human activity. The article carries out a geometric and practical study of the surfaces of a cone, a cylinder, and a single-cavity hyperboloid as representatives of linear surfaces of rotation. Their mathematical description is presented and geometric models are developed: visual image schemes in a rectangular coordinate system and two-picture complex drawings are created. Special attention is paid to the practical application of these surfaces in various fields, in particular in the fields of mechanical engineering and architecture. Due to its geometric shape, the conical surface of rotation is used when connecting parts, at the ends of shafts, in water fittings, etc. Objects of everyday life have the surface of a truncated cone: vases for flowers, buckets, funnels for pouring liquids, a lamp with a lampshade in the form of a cone, etc. In architecture, the conical surface has been used since ancient times as a roof for residential premises and ancient castles, for chimneys, lighthouse towers, etc. In Muslim cities, a cylindrical surface of rotation is used for the construction of minarets, which ends at the top with a conical roof, symbolizing the desire for heaven. The cylindrical surface was used for the construction of towers of ancient fortresses and modern buildings of various purposes. Products having the shape of a cylinder of rotation are widely used in engineering and military industry, medicine, computer graphics, etc. Numerous cooling towers, high-rise towers, etc., have the geometric shape of a single-cavity hyperboloid. In the article, the most characteristic vivid examples of the use of the surfaces of a cone, cylinder, and single-cavity hyperboloid are selected, their features are analyzed, and photographic images are presented.*

*Keywords: linear surfaces, surfaces of rotation; geometric models; practical application, mechanical engineering, architectural structures.*