

## КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ СУДНОБУДІВНОГО КРЕСЛЕННЯ

У процесі експлуатації елементи суднових конструкцій піддаються постійним змінам під впливом навігаційних чинників. Для підтримки технічного стану судна на рівні вимог по забезпеченню безпеки мореплавання необхідно проведення судноремонтних робіт. Ремонт корпусу полягає в заміні ушкоджених або втрачених у процесі експлуатації свої параметри частин новими конструкціями у вигляді секцій або блоків, виготовлених на "нульовому етапі" ремонту судна.

Загальний технологічний процес ремонту секційно-блоковим способом характеризується значним числом підготовчих і робочих етапів таких, як: визначення числа і розмірів секцій і блоків; встановлення меж вирізки замісних ділянок при видаленні замінованих конструкцій, видалення замісних частин; монтаж на місце нових секцій і блоків і з'єднання їх з корпусом; контроль якості зварювання й іспит на водонепроникність. У цих умовах якість проведених робіт прямо пов'язана з рівнем професійної підготовленості інженерно-технічного складу.

Одним із показників високої професійної підготовленості морського інженера є його вміння швидко і правильно орієнтуватися в технічній документації, основну частину якої складають графічні матеріали. Сучасний інженер повинен досконало володіти графічною мовою, знати особливості суднобудівного креслення і нормативні документи галузі. Одним із шляхів якісного підвищення рівня підготовки та здійснення судноремонтних робіт є використання систем автоматизованого проектування (САПР). Використання САПР дозволяє не тільки прискорити підготування документації і зменшити вартість її опрацювання, але також звільнити інженера від рутинних операцій, вирішувати за допомогою ЕОМ принципово нові задачі, зв'язані з пошуком оптимальних рішень.

Метою статті є ознайомлення з основними визначеннями і спеціальною термінологією; вивчення особливостей зображення форми корпусу судна, вимог нормативних і регламентуючих документів галузі (ДОСТів, ДСТУ, ОСТів, нормалей), основних прийомів моделювання елементів суднових конструкцій у середовищі графічного редактора AutoCad.

Для виконання креслення графічного образу засобами комп'ютерної графіки необхідно мати програми, охоплюючи весь процес проектування – ввід інформації, створення зображення на екрані, збереження результатів роботи з одержанням твердих копій документа. Програми складаються на підставі математичних моделей геометричного образу. При розробці математичної моделі необхідно виконати наступні дії:

1. Провести аналіз форми геометричного образу з метою виділення базових елементів. Для базових елементів відносяться графічні примітиви, поверхні, тіла.

2. Скласти математичні моделі базових елементів.

3. Вивчити структуру геометричного образу, що складається із базових елементів.

5. Доповнити математичну модель параметрами зв'язку, за допомогою яких представляється система взаємозв'язаних елементів геометричного образу.

6. Об'єднати однойменні параметри елементів у групи.

У суднобудуванні використовується велика кількість спеціальних термінів. Офіційна термінологія, дозволена до застосування в галузі визначена ГОСТ 1062-68 "Корабли и суда надводные. Термины, условные обозначения и определения главных размерений". Регламентовані ДОСТом визначення та терміни повністю відповідають міжнародним нормам, що знайшли відбиток у Правилах класифікаційних товариств, у Правилах обмірювання суден. ДОСТом визначені головні площини корпусу судна, осі та їх орієнтація (рис. 1) і пов'язані з ними параметри. До останніх відносяться:

*Основна площина (ОП)* – горизонтальна площина, що проходить через нижню точку теоретичної поверхні корпусу без виступаючих частин.

*Діаметральна площина (ДП)* – вертикальна подовжня площина симетрії теоретичної поверхні корпусу судна.

*Площина мідель-шпангоута* – вертикальна поперечна площина, що проходить посередині довжини судна, на базі якої будується теоретичне креслення.

*Шпангоут (Шп)* – теоретична лінія на теоретичному кресленні, а на конструктивних кресленнях – практичний шпангоут.

*Конструктивна ватерлінія (КВЛ)* – ватерлінія, що відповідає розрахунковій повній водотоннажності суден.

*Ватерлінія (ВЛ)* – лінія перетинання теоретичної поверхні корпусу горизонтальною площиною.

*Кормовий перпендикуляр (КП)* – лінія перетинання діаметральної площини з вертикальною поперечною площиною, що проходить через точку перетинання осі баллера з площиною конструктивної ватерлінії; КП на теоретичному кресленні збігається з 20-м теоретичним шпангоутом.

*Носовий перпендикуляр (НП)* – лінія перетинання діаметральної площини з вертикальною поперечною площиною, що проходить через крайню носову точку конструктивної ватерлінії.

Головні розмірності показують *геометричні розміри судна*, які обов'язково вказуються на наступних кресленнях:

- теоретичному;
- загального розташування;
- мідель-шпангоута;
- конструктивному.

Для опису судна використовують такі розміри, як-то:

- Довжина найбільша – відстань, обмірювання в горизонтальній площині між крайніми точками носового і кормового країв корпусу без виступаючих частин.

- Довжина по конструктивній ватерлінії – відстань, обмірювана в площині конструктивної ватерлінії між носовим і кормовим перпендикулярами.

- Довжина по будь-якій ватерлінії вимірюється, як довжина по конструктивній ватерлінії.

- Розміри по ширині судна вимірюються паралельно основній і перпендикулярно діаметральної площини.

- Ширина найбільша – відстань, обмірювана між крайніми точками корпусу без урахування виступаючих частин.

- Ширина на мідель-шпангоуті – відстань, обмірювана на мідель-шпангоуті між теоретичними поверхнями бортів на рівні конструктивної або розрахункової ватерлінії.

- Ширина по КВЛ – найбільша відстань, обмірювана між теоретичними поверхнями бортів на рівні конструктивної ватерлінії.

- Розміри по висоті – вимірюються перпендикулярно до ОП.

- Висота борта – вертикальна відстань, обмірювана на мідель-шпангоуті від горизонтальної площини, що проходить через точку перетинання кільової лінії з площиною мідель-шпангоута, до бортової лінії верхньої палуби.

- Осадка – вертикальна відстань, обмірювана в площині мідель-шпангоута від ОП конструктивної або розрахункової ватерлінії.

- Осадка носом, осадка кормою вимірюються на носовому і кормовому перпендикулярах до будь-якої ватерлінії.

- Середня осадка вимірюється від основної площини до ватерлінії в середині довжини судна.

- Надводний борт – відстань, обмірювана по вертикалі у борта на середині довжини судна від верхньої крайки палубної лінії до верхньої крайки відповідної вантажної марки.

У випадках застосування міжнародних Конвенцій – про охорону людського життя на морі, про вантажну марку, обмірюванні, класифікації будівництва суден – керуються визначеннями і розмірами, встановленими в Конвенціях або Правилах.

Корпус судна симетричний щодо його діаметральної площини. Обмежувальні поверхні і площини перерізів корпусу, а також об'єми майже неможливо описати математичними функціями. Тому для зображення форми корпусу розсікають його системою площин. Одержані при цьому лінії перерізів і обмежувальні лінії їхніх назв показані на рис. 2. Для зображення корпусу судна теоретичне креслення, як правило, повинно включати наступні проекції.

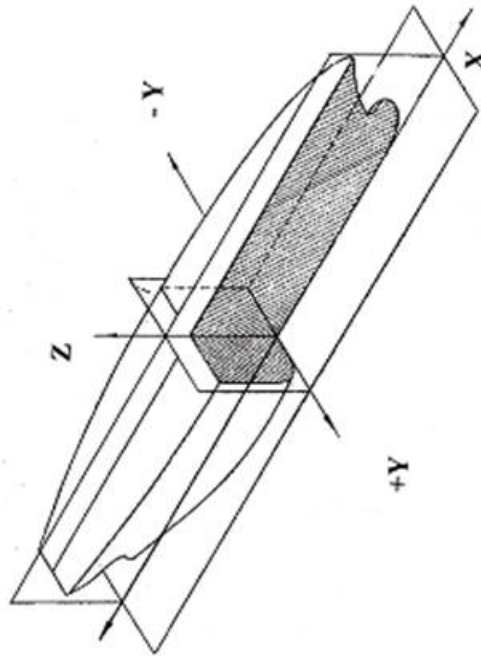


Рис.1. Основні площини та орієнтація координатних осей

**Корпус.** Контури теоретичних шпангоутів утворюються, при розсіканні корпусу судна вертикальною площиною під прямим кутом до основної площини. Теоретичні шпангоути поділяють довжину судна між перпендикулярами на парну кількість рівних частин. Щоб відбити складну форму країв судна, уводять половинні шпангоути. При переході в кормову частину проводять ще додаткові шпангоути, що від кормового перпендикуляра в корму позначаються контури краю палуби: вид із носа, палуби надбудов у краях судна і фальшборта.

На "корпусі" справа розташовані носові шпангоути, зліва – шпангоути кормові, на "напів широті" – ватерлінії лівого борту. Поздовжні перерізи можна вважати як перерізами правого, так і перерізами лівого борту. На цих кресленнях теоретичні лінії відбивають об'єм корпусу судна по зовнішній крайці шпангоутів.

**Бік.** Це креслення зображує зовнішні контури судна в розрізі по ДП, тому що січна площина проводиться вертикально в подовжньому напрямку корпусу. Крім того, креслення містить перерізи, що лежать на однакових відстанях один від одного і рівнобіжні ДП, - так звані батокси. У залежності від розмірів судна прийнято давати від трьох до п'ятих перерізів; для більш точного зображення форми судна при наявності конструктивних особливостей передбачається ще один переріз.

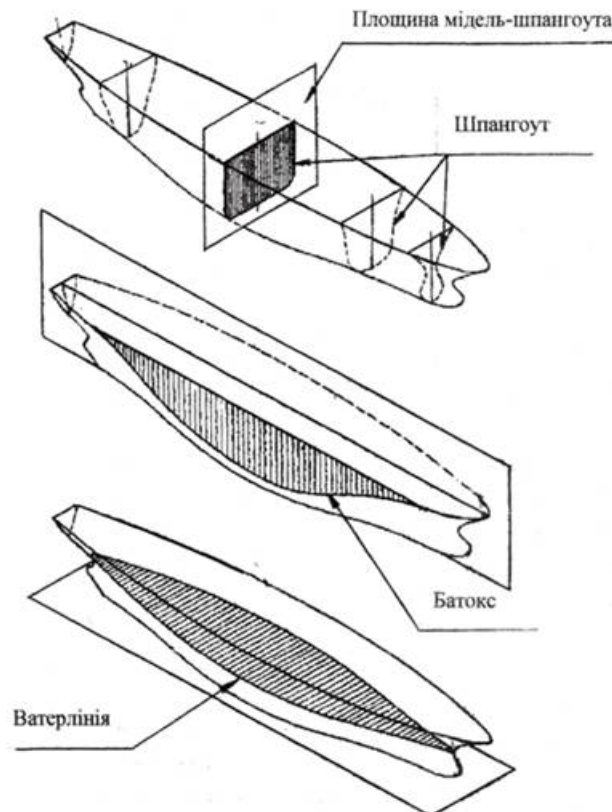


Рис.2. Теоретичні лінії поверхні суднового корпусу

**Напівширота.** Обводи по ватерлінії дають перерізи, які при нормальному положенні судна на плаву проводяться на рівних відстанях один від одного паралельно рівневі води. Таким чином, вони являють собою обмежувальні лінії корпусу судна в горизонтальних площинах. Ватерлінії поділяють

конструктивну осадку на рівне число однакових частин; іноді застосовують більш зручний поділ у метрах, а потім викреслюють конструктивну ватерлінію.

Ватерліній, починаючи від основної площини в напрямку до палуби, позначають арабськими цифрами. Щоб краще показати перехід шпангоутів у днище, часто проводять половинну ватерлінію. Крім того, на напівшироті зображують контури краю палуби – вид зверху, край палуби бака й інших надбудов, а також фальшборт.

З доведеного вище матеріалу видно, що теоретичні лінії суднового корпусу являють собою замкнуті криві лінії, які можуть задаватися на кресленні за допомогою множини точок або відрізків. У той же час, лінія є найпростішим об'єктом векторної графіки. В основі векторної графіки лежать математичне уявлення про властивості геометричних фігур. Тому в основі векторної графіки лежать насамперед математичне уявлення ліній і складових її точок.

**Точка.** Точка на площині задається двома числами (х,у), що визначають її розташування щодо початку координат.

**Пряма лінія.** Для завдання прямої лінії досить 2 параметрів. Звичайно графік прямої лінії описується рівням  $y=kx+b$ . Знаючи параметри k і b, завжди можна накреслити нескінченну пряму у відомій системі координат.

**Відрізок прямої.** Для завдання відрізка прямої і треба знати ще пару параметрів – координати x1 і x2 початку і кінця відрізка, тому для опису відрізка прямої лінії необхідні чотири параметри.

**Крива другого порядку.** До кривих 2-го порядку відносяться параболи, гіперболи, еліпси, кола й інші лінії, рівняння яких не містять ступенів вище другого. Прямі лінії – це окремий випадок кривих 2-го порядку, які не мають точок перегину. Сама загальна формула кривої другого порядку може виглядати, наприклад, так:

$$x^2+a_1y^2+a_2xy+a_3x+a_4y+a_5=0$$

Таким чином, для опису безкінечної кривої 2-го порядку досить 5 параметрів. Для запису відрізка кривої 2-го порядку необхідно на 2 параметри більше.

**Крива третього порядку.** Відмінна риса цих кривих полягає в тому, що вони можуть мати точку перетину, аналогічно перетину на початку координат графіка функції  $y=x^3$ . Криві третього порядку добре відповідають тим лініям, що використовуються в техніці. Тому як основні об'єкти векторної графіки використовують саме такі лінії. Усі прямі і криві 2-го порядку є окремими випадками кривих третього порядку.

У загального вигляді рівняння кривої 3-го порядку можна записати так:

$$x^3+a_1y^3+a_2x^2y+a_3xy^2+a_4x^2+a_5y^2+a_6xy+a_7x+a_8y=0$$

Для запису кривої 3-го порядку досить 9 параметрів. Для завдання відрізка кривої 3-го порядку, треба мати на два параметра більше.

**Криві Безьє.** Створення кривої 3-го порядку за заданими коефіцієнтами її рівняння досить трудомісткий процес. Для його спрощення у векторних редакторах застосовують не будь-які криві 3-го порядку, а їх особливий вид, що називається "кривими Безьє". Відрізки кривих Безьє – це окремий випадок відрізків кривих 3-го порядку. Вони описуються не 11 параметрами, як довільні відрізки 3-го порядку, а лише 8, і тому оперувати з ними зручніше.

Метод побудови кривої Безьє застосований на використанні пари дотичних, проведених до ліній в точках її кінців. На практиці ці дотичні виконують роль "важелів", за допомогою яких лінію вигинають так, як це необхідно. На форму лінії впливає не тільки кут нахилу дотичної, але і довжина її відрізка. Керування дотичної роблять перетаскуванням маркера за допомогою миші. У редакторі AutoCAD маркер зветься ручка і є активною вузловою точкою.

Теоретичне креслення – є основою всіх суднобудівних креслень, а також теоретичних розрахунків судна. Згідно з теоретичним кресленням, зовнішнє обмеження об'єму корпусу судна є гладкою поверхнею, що обмежена внутрішньою крайкою зовнішньої обшивки.

У інженерній графіці поверхні можна розглядати як кінематичні, тобто утворені безупинним переміщенням у просторі якісь лінії або поверхні.

Ці лінії і поверхні називають утворюючими кінематичної поверхні. Утворююча кінематичної поверхні переміщається у просторі по визначеному закону. Закон переміщення в просторі утворюючої зручно задавати нерухомими кривими, що називають направляючими лініями кінематичної поверхні.

Завдання поверхні на кресленні проєкціями її визначника забезпечує оборотність креслення, його метричну визначеність, але не дає наочності зображення. В AutoCAD побудова наочних тримірних моделей поверхонь здійснюється за допомогою команди 3DMESH (3-МЕРЕЖА). За цією командою формується поверхні у вигляді мережі з регулярною топологією на основі двох параметричного масиву вершин.

Таким чином, використовуючи три координати кожної точки теоретичного шпангоута (ватерліній, батокса), можливо задати параметри тримірної мережі. При виконанні даного завдання ця операція виконується в кілька етапів:

1. Зробити перерахунок координат точок, відповідно до масштабу і довжини судна між перпендикулярами.
2. За отриманими даними побудувати двомірну модель.
3. Перетворити двомірну модель на тримірну (рис.3).

Одержані внаслідок виконання цієї операції зображення є максимально наближеними до дійсних суднових обводів.

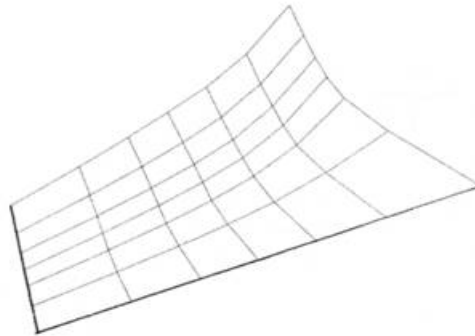


Рис.3. Тримірна згладжена мережа – модель ділянки суднового корпусу

## ЛІТЕРАТУРА

1. Начертательная геометрия [Текст] : учебник для вузов / А.В. Бубенков, М.Я. Громов. – М.: Высшая школа, 1973. – 157 с.
2. Книга о судах [Текст] : учебн. пособие / Р. Допатко, А. Перепечко; Судостроение – Л., 1981. – 83 с.
3. Судостроительное черчение [Текст] : учебник для вузов / А.В. Гажигов, М.В. Кашкалда. – Л. : Судостроение, 1981. – 218 с.
4. Специальная информатика [Текст] : учебн. пособие / С.В. Симинович, Г.А. Евсеев, А.Г. Алексеев. – М. : АСТ Пресс, 1998. – 156 с.

Подано до редакції 26.02.10

## РЕЗЮМЕ

У статті наведено метод виконання суднобудівного креслення з використанням засобів комп'ютерної графіки.

**Ключові слова:** інженерна графіка, корпус судна, геометричний образ, геометричний розмір судна, графічний матеріал, суднобудівне креслення, математична модель.

**M.V. Korkh**

## КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕННЯ

## РЕЗЮМЕ

В статье представлен метод выполнения судостроительного черчения с применением средств компьютерной графики.

**Ключевые слова:** инженерная графика, корпус судна, геометрический образ, геометрический размер судна, графический материал, судостроительный чертеж, математическая модель.

**M.V. Korkh**

## APPLICATION OF COMPUTER GRAPHICS IN THE STUDY OF SHIPBUILDING DRAWING

## SUMMARY

The article presents the method of performing shipbuilding drawing via application of computer graphics means.

**Keywords:** engineering graphics, ship's hull, geometric image, geometric dimension of the ship, graphic material, shipbuilding scheme, mathematical model.