

# ПЕРСПЕКТИВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ СУДНА

*В статті обґрунтовано необхідність та перспективи теоретичних і практичних розробок у напрямку автоматизованого управління позиціонуванням судами, їх важливість на сучасному етапі розвитку транспортної інфраструктури, зокрема водного транспорту України як морської Європейської країни з перспективою розвитку її експортно-імпортних відносин*

*Ключові слова: позиціонування судна, автоматизоване управління, система управління, автоматизована система управління позиціонуванням судна*

*В статье обосновывается необходимость и перспективность теоретических и практических разработок в области автоматизированного управления позиционированием судами и их важность на современном этапе развития транспортной инфраструктуры, в частности водного транспорта Украины как одной из морских держав Европы с перспективой развития ее экспортно-импортных отношений*

*Ключевые слова: автоматизированное управление, система управления, автоматизированная система управления позиционированием судна*

**А. П. Смольянов**

Аспірант

Кафедра судових енергетичних установок та загальноінженерної підготовки

Херсонська державна морська академія  
вул. Ушакова, 20, м. Херсон, Україна, 73000

E-mail smol68@inbox.ru

**Н. А. Соколова**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри

Кафедра економічної кібернетики  
Херсонський національний технічний університет  
Бериславське шосе, 24, м. Херсон, Україна, 73008

## 1. Вступ

Розвиток сучасного морського та річкового флоту є одним із стратегічних напрямків розвитку транспортної інфраструктури будь-якої країни. Особливо актуальним це питання є для України як однієї із морських країн Європи з огляду на перспективи розвитку її експортно-імпортних відносин та інтеграцією у світову економічну спільноту в цілому. Очевидно, що в цих умовах розвитку сучасного морського та річкового флоту нашої країни в значній мірі визначається технічним та технологічним рівнем автоматизації процесів управління судами, зокрема їх позиціонуванням, спрямованим на підвищення безпеки життя пасажирів, вантажів та навколишнього середовища.

## 2. Аналіз останніх джерел і публікацій

Показав, що питання автоматизованого управління позиціонуванням судів на сьогодні виділилось в окремий та актуальний напрямок наукових і практичних досліджень [1].

## 3. Постановка завдання

Як відомо [2], водні судна - це складні об'єкти управління. Означене безперечно вказує на складність і самого процесу управління позиціонуванням судів, який в сучасних умовах розвитку водної транспортної інфраструктури України вимагає нових ефективних рішень, направлених на забезпечення заданої точності

позиціонування, навігаційних переміщень, безпеки пасажиро- та вантажоперевезень, екологічної безпеки, тощо. Вказане може бути забезпечено за рахунок створення спеціальних систем управління спрямованих на автоматизоване управління позиціонуванням судів із застосуванням різних методів і спеціальних засобів (вентильних пристроїв, інтерактивних комп'ютерних систем, штучного інтелекту тощо), що відповідають передовим досягненням науки та техніки.

## 4. Основний матеріал

Позиціонування судів є однією із найскладніших задач управління судами. Складність цієї задачі обумовлюється технічною складністю самого судна як об'єкта управління, а також багатоваріантністю, різноманітністю, випадковістю та швидкою зміною вхідної інформації, сигналів від контрольно-виміральної апаратури судна та інших зовнішніх джерел інформації, множиною різноманітних збурюючих впливів зовнішнього середовища з яким взаємодіє судно, складністю навігаційної апаратури, силових засобів, виконавчих механізмів, датчиків тощо. Крім того відносно швидка зміна інформації і умов зовнішнього середовища вимагають від особи, що управляє судном швидкої обробки інформації та прийняття якісних рішень в обмежених часових інтервалах, режимі реального часу, та в умовах часткової невизначеності.

Вказане може бути забезпечено за рахунок застосування так званої системи управління позиціонуванням судна (СУПС), яка повинна бути орієнтована на обробку значних обсягів швидко змінюваної різномір-

ної за змістом і значенням інформації та забезпечувати можливість силового впливу на виконавчі механізми та рушійну установку в цілому в автоматичному або автоматизованому режимах.

Управління позиціонуванням судна – це процес, який розвивається в реальному часі і забезпечує нормальний рух судна, а система управління в рамках якої функціонує процес управління позиціонуванням судна, складає спеціальний підклас динамічних систем. При цьому позиціонування судна можна означити як процес при якому судно із початкового положення (стану) переводиться у точно визначене кінцеве положення (стан) відносно деяких поверхонь або сукупностей точок, що їх замінюють під дією відповідних управляючих впливів. При цьому довільне положення судна доцільно називати первинним неорієнтованим положенням (ПНП), а кінцеве наперед задане положення – кінцевим орієнтованим положенням (КОП).

До параметрів, що можна використовувати для формалізованого опису процесу управління позиціонуванням, можна віднести множину лінійних  $h \in (x; y; z;)$  та кутових  $b \in (\varphi; \theta; \psi;)$  координат положення судна. Координати положення судна змінюються в процесі кутових та лінійних переміщень судна відносно абсолютної системи координат  $X, Y, Z$ . При виконанні позиціонування змінюється значення хоча б однієї із координат судна, що описують його положення. Крім того, процес позиціонування судна можна представити як перетворення  $f_{op}: C \rightarrow (b; h;)$  кінцевої множини положень судна, що позиціонується, у просторі  $C$  в кінцеве наперед задане положення, де  $b$  та  $h$  – відповідно кутові та лінійні координати судна. Цей процес можна представити як переведення системи координат  $X^c, Y^c, Z^c$ , зв'язаної з судном, із ПНП у КОП відносно абсолютної системи координат  $X, Y, Z$  (рис. 1).

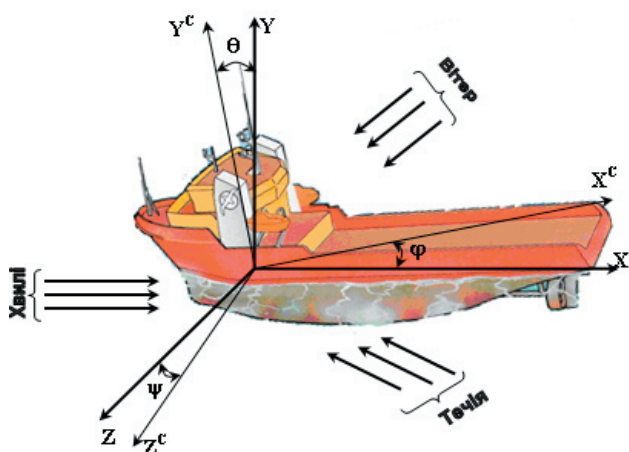


Рис. 1. Приклад управління позиціонуванням судна

Сучасними вченими накопичений значний досвід щодо проектування та застосування СУПС [2 – 4], які являють собою системи, що максимально пристосовані до вирішення задач динамічного позиціонування судів та є інструментом для надання допомоги особам, що приймають рішення при управлінні судами, і фактично є системою підтримки прийняття рішень (СППР). В літературі [2] визначено головний напрямок розвитку систем управління рухом судна,

який полягає в тому, щоб дозволити одному вахтенному помічнику у відкритому морі та у прибережних водах забезпечувати безпечність і ефективність судноводіння, а також значно полегшити штурманському складу управління судном.

На сьогодні із інформаційних джерел [4 – 10] відомо декілька зарубіжних компаній, що займаються відповідними розробками. Зокрема в літературі [9] згадується, розроблений норвезькою фірмою KONGSBERG комплекс СУПС «Альбатрос» (АДП 503), що встановлюються на російських бурових суднах; розроблений англійською компанією GE (General Electric) комплекс СУПС GEM80, встановлено на російському СВС «Спрут»; аналогічними розробками СУПС російських судів-постачальників займається Щецинський політехнічний інститут (Польща) на замовлення Судоімпорт Росії; російською компанією «Звезда» розроблено СУПС, що встановлена на російському буровому судні «Глубина-1» [9], ОАО «Концерн «НПО «Аврора»» займається розробкою та постачає інтегровані системи і комплекси управління динамічним позиціонуванням судів різного призначення [8]. На Україні розробки у даному напрямку поки що не вийшли за межі теоретичних та лабораторних досліджень [1 – 3].

СУПС може бути представлена класичною схемою організації управління, що застосовуються в динамічних системах із зворотнім зв'язком по стану (рис. 2). Всі судна піддаються впливу вітру, хвиль та течій, які є збурюючими впливами  $F(t)$  зовнішнього середовища, що обумовлюють відхилення системи координат  $X^c, Y^c, Z^c$ , зв'язаної з судном від абсолютної системи координат  $X, Y, Z$  відносно якої здійснюється позиціонування судна (рис. 1). Вхідною інформацією  $Z(t)$  є динамічні тобто змінювані в часі дані про задане положення та курс судна. Задане положення судна. Вихідною інформацією  $Y(t)$  є дані про фактичне положення та курс судна, що також змінюються в часі. Сигнал похибки або неузгодженості  $e(t)$  це динамічна величина, що визначається як різниця між заданим положенням і курсом судна та їх фактичними значеннями. Положення та курс судна регулюється підсистемою регулювання (ПР), яка містить оптимальні регулятори, що випрацьовують сигнали управління гребними гвинтами, підрулюючими пристроями та кермом, взаємодіючи сукупність яких розглядається як підсистема керування (ПК). Процес управління в системах із зворотнім зв'язком (ЗЗ) організовується відповідно до програми управління, що задається для всіх моментів часу або відомо тільки для поточних моментів часу. Цей процес полягає у визначенні відхилень  $e(t)$  оцінок поточного стану  $Y(t)$  від стану, передбаченого на даний момент часу  $Z(t)$  відповідно до програми формування закону управління в системі, з метою утримання судна на заданій траєкторії руху або позиції за умови виконання заданих обмежень та обов'язкового забезпечення прийнятих показників ефективності управління. ЗЗ здійснюється через відповідну комп'ютерну систему, в основу якої покладено математичну модель, що імітує динаміку судна та здійснює перевірку достовірності вихідної інформації  $Y(t)$ . Як результат роботи системи забезпечується стабілізація положення судна та економія палива (рис. 2).

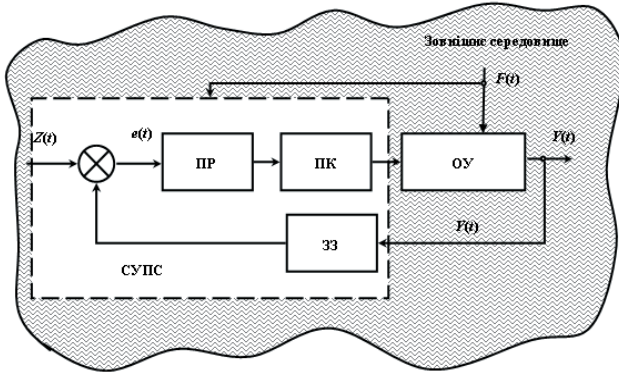


Рис. 2. Узагальнена структурна схема СУПС:  $Z(t)$  - вхідний сигнал (інформаційний потік),  $e(t)$  - сигнал похибки або неузгодженості,  $Y(t)$  - вихідний сигнал (інформаційний потік),  $F(t)$  - збурюючий вплив, СУ - система управління, ПР підсистема регулювання, ПК підсистема керування, ОУ - об'єкт управління, ЗЗ - зворотній зв'язок

Проте, як свідчить інформація зі ЗМІ, навіть із судами таких провідних країн як Італія, США, Великобританія та ін., що оснащені відповідними СУПС відбуваються різноманітні резонансні аварії. Вказане підтверджує недосконалість наявних на сьогодні СУПС, їх не спроможність забезпечити основні вимоги до управління судами [5, 6].

Зазначене безперечно вимагає впровадження нових методів та засобів сучасних інформаційних технологій щодо автоматизації позиціонування судна, які базуються на застосуванні нових математичних апаратів, штучного інтелекту (наприклад, еволюційних алгоритмів, штучних нейронних мереж, нечіткої логіки тощо), методах системного підходу, теорії множин, математичної логіки, обчислювальної математики, комп'ютерного моделювання тощо та дозволяють підвищити якість і зменшити трудомісткість прийняття рішень при управлінні судами з перспективою підвищення рівня безпеки судноводіння в цілому.

З огляду на ступінь автоматизації процесу управління позиціонуванням судами можливі різні варіанти управління:

- ручне, при якому всі функції процесу управління виконуються людиною;
- автоматичне, при якому процеси управління реалізуються без особистої участі людини;
- автоматизоване, при якому частина функцій виконується людиною (в основному при ухваленні рішень), а інша частина машинами (при зборі та обробці інформації).

З огляду на те, що судно може бути охарактеризоване як складна детермінована система функціонально взаємодіючої множини компонентів, що включають різні види зв'язків, поява яких має достатньо складну закономірність, а число параметрів, якими описується система дуже велике, крім того багато параметрів не піддаються кількісному опису та виміру, а мета управління позиціонуванням судна є функцією часу, то управління позиціонуванням судна доцільно здійснювати в автоматизованому режимі не виключаючи «людський фактор».

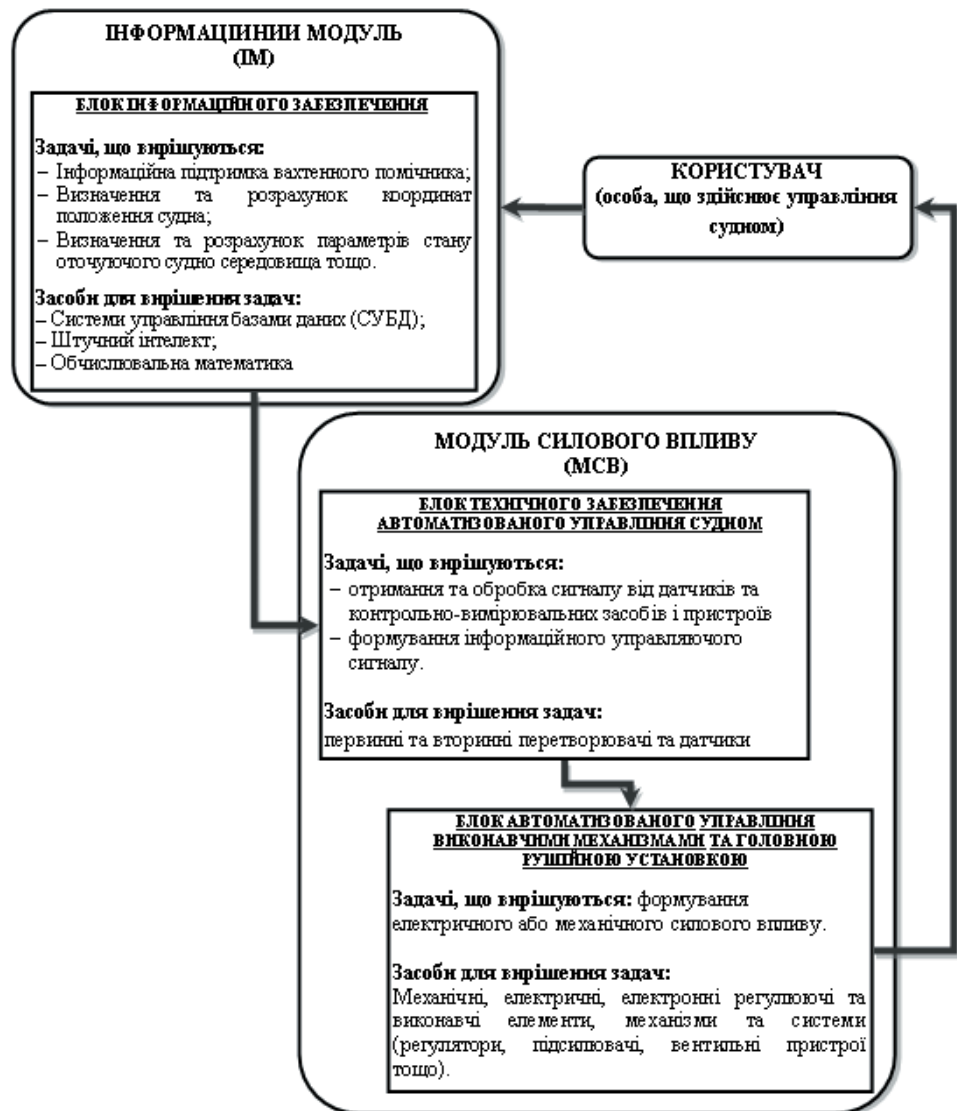


Рис. 3. Організаційна структура АСУПС

На основі вище вказаного, автоматизація процесу управління позиціонуванням судна передбачає формування автоматизованої СУПС (АСУПС) як інформаційно-програмного комплексу інтерактивних функціональних підсистем або модулів, між якими розподілені окремі етапи управління позиціонуванням судна із застосуванням інструментів для аналізу, моделювання та прийняття технічних рішень, що функціонують на загальній методологічній основі. З врахуванням цього АСУПС може бути організована як функціональна сукупність інтерактивних автоматизованих модулів, що містять відповідні блоки для вирішення окремих складових глобальної задачі автоматизованого управління позиціонуванням судна (рис. 3). При цьому задачі вирішувані АСУПС полягають у формуванні та видачі інформації про задане та дійсне положення судна, раціональний склад управляючих впливів, відповідно до заданої програми управління та формуванні закону управління.

Так, наприклад, визначення відхилення заданих координат положення судна від їх дійсних значень та пошук оптимальних законів управління для зменшення величини цього відхилення, тобто похибки позиціонування, може бути здійснено за допомогою інформаційного модуля (ІМ). Робота модуля полягає у визначенні відповідності між множиною дійсних

значень змінюваних в часі координат положення судна, яке необхідно позиціонувати та множиною заданих координат для забезпечення заданого просторового положення судна.

Формування та реалізація управляючих та регулюючих силових впливів на відповідні конструктивні елементи судна виконується у модулі силового впливу (МСВ).

---

## 5. Висновки

---

Таким чином, робота сучасної АСУПС синтезованої із використанням сучасних інформаційних технологій та засобів автоматизації полягає у забезпеченні автоматизованого позиціонування судна за оптимальними законами управління.

Подальша інтеграція АСУПС у загальному програмно-інформаційному середовищі призведе до підвищення якості та зменшення трудомісткості рішень, що приймаються особою при керуванні судном, на етапі його позиціонування, та підвищення рівня і екологічної безпеки та безпеки пасажиро- і вантажоперевезень в цілому. Зазначене безперечно вказує на перспективність досліджень та розробок у даному напрямку.

---

## Література

1. Баранов, Г. Л. Аксиоматика алгоритмічних перетворень в інтелектуальних системах навігації та управління рухом суден [Текст] / Г. Л. Баранов, В. Л. Міронова, І. В. Тихонов // Автоматизация судовых технических средств. – 2012. – Вып.18. – С. 3-12.
2. Вагущенко, Л. Л. Системы автоматического управления движением судна [Текст] / Л. Л. Вагущенко, Н. Н. Цымбал. – 3-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
3. Габрук, Р. А. Оценка безопасности мореплавания судов, осуществляющих динамическое позиционирование [Текст] / Р. А. Габрук // Системы управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2011. – Вып. 2 (18). – С. 19-21.
4. Интеллектуальные решения для кораблей и судов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: <http://avrora-systems.com/ru/>.
5. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года [Текст]. – СПб: ЗАО ЦНИИМФ, 2002. – 928 с.
6. Международная конвенция по предупреждению столкновения судов в море 1972 года (МППСС-72) [Текст]. – СПб: ЗАО ЦНИИМФ, 2004. – 118 с.
7. Миусов, М. В. Проблемы обеспечения безопасности судоходства Черного и Азовского морей [Текст] / М. В. Миусов, В. Г. Торский // Современные проблемы повышения безопасности судоходства: материалы научно-методической конференции. – Одесса: ИздатИнформ ОНМА, 2009. – С. 76 – 80.
8. Позиционирование судов. ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: <http://www.cfmc.ru/index.php/positioning>.
9. Холодов, Г. Г. Требования национальных морских классификационных обществ к работам на морских шельфах и системам ориентации судов, оснащенных системами динамического позиционирования, и их классификация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: [http://vestnik.mstu.edu.ru/v13\\_4\\_n41/articles/14\\_kholod.pdf](http://vestnik.mstu.edu.ru/v13_4_n41/articles/14_kholod.pdf).
10. Холодов, Г. Г. Обеспечение безопасности при выполнении позиционирования судна в заданной точке [Текст] / Г. Г. Холодов, А. Н. Калитёнков, В. И. Меньшиков // Депонированная рукопись; МГТУ. – Мурманск, 2010. – С.19.