

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ СУДЕН
НА ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХАХ

Долинська Н.Б. аспірант, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1347-0538>, e-mail: tala.borisovna2011@gmail.com;

Калініченко Є.В. канд. техн. наук, доцент, Одеський національний морський університет, м. Одеса, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2898-7313>, e-mail: kalinichenko.yevgeniy1964@gmail.com

У статті досліджено можливості застосування сучасних цифрових технологій для вирішення проблем забезпечення належного рівня безпеки судноплавства. Зокрема, розглянуто використання систем автоматичної ідентифікації суден, річкових інформаційних служб, геоінформаційних систем, технологій обробки великих даних, а також інструментів Індустрії 4.0. Акцентовано увагу на необхідності інтеграції цифрових технологій для створення єдиного інформаційного середовища, що дозволяє забезпечити повноцінний обмін навігаційною, гідрографічною та метеорологічною інформацією між усіма учасниками транспортного процесу. У межах дослідження проведено класифікацію інформаційних потреб користувачів систем моніторингу суден залежно від типів інформації (динамічна, напівдинамічна та статична), а також визначено функціональні вимоги до цифрових систем супроводження та відстеження суден. Встановлено, що для підвищення ефективності таких систем необхідно забезпечити високу швидкість оновлення інформації в реальному часі, сумісність форматів обміну даними, інтеграцію з існуючими системами управління судноплавством і можливість використання прогностичних моделей для прийняття оптимальних управлінських рішень. Результати дослідження підтверджують доцільність впровадження комплексних цифрових платформ, які поєднують можливості сучасних інформаційних технологій для покращення якості управління судноплавством на внутрішніх водних шляхах. У статті сформульовано рекомендації щодо подальшого розвитку інтелектуальних систем моніторингу та супроводження суден, які передбачають інтеграцію цифрових рішень на основі технологій штучного інтелекту та обробки великих даних, розробку єдиної цифрової архітектури для управління рухом суден, а також впровадження сучасних методів прогнозування та аналізу навігаційних ризиків. Отримані результати мають практичне значення для проєктування та впровадження сучасних інформаційних систем у сфері внутрішнього водного транспорту, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності та сталому розвитку транспортної галузі України та Європейського Союзу.

Ключові слова: цифрові технології, внутрішні водні шляхи, навігаційна безпека, відстеження суден, супроводження суден, інформаційні системи, безпека судноплавства, транспортна логістика.

Постановка проблеми

Забезпечення ефективного управління судноплавством на внутрішніх водних шляхах є одним із ключових факторів розвитку транспортної інфраструктури та підтримання високого рівня безпеки судноплавства. Зростання інтенсивності вантажних і пасажирських перевезень, поява змішаних зон руху, обмеженість судноплавного простору та збільшення кількості надзвичайних ситуацій створюють додаткові виклики для навігаційної безпеки та координації руху суден.

Традиційні методи відстеження та супроводження суден, які базуються переважно на візуальному спостереженні, використанні радіолокаційних засобів і ручному обміні інформацією, не забезпечують необхідного рівня оперативності, точності та повноти даних для прийняття обґрунтованих рішень в умовах динамічного транспортного середовища.

Водночас, сучасні інформаційні технології відкривають нові можливості для цифровізації процесів моніторингу та управління рухом суден. Використання цифрових технологій, таких як системи автоматичної ідентифікації суден (AIC), річкові інформаційні служби (PIC), інтегровані платформи обміну даними,

Інтернет речей і геоінформаційні системи (ГІС), дозволяє не лише забезпечувати постійний контроль за місцезнаходженням суден, але й створювати інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень для оптимізації транспортних потоків та підвищення безпеки судноплавства.

Однак, незважаючи на наявність окремих елементів цифрової інфраструктури, питання комплексної інтеграції цифрових технологій для відстеження та супроводження суден на внутрішніх водних шляхах залишається недостатньо дослідженим. Відсутність єдиних вимог до функціонування таких систем, несумісність форматів обміну даними, недостатня швидкість оновлення інформації та обмежена доступність навігаційних і гідрографічних даних стримують впровадження сучасних цифрових рішень у цій сфері.

Ці обставини зумовлюють необхідність вирішення актуальної комплексної задачі аналізу існуючих цифрових технологій, визначення вимог до їх функціональності та розробки рекомендацій щодо створення ефективних систем цифрового відстеження та супроводження суден на внутрішніх водних шляхах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Нещодавні дослідження підкреслюють важливість цифрових технологій для підвищення безпеки, ефективності та управління внутрішнім водним транспортом. АІС є ключовою технологією для відстеження суден, моніторингу руху та обміну інформацією [1]. РІС надають важливі дані про фарватери, правила та вантажі, покращуючи навігацію та готовність до стихійних лих [2]. Імітаційні моделі, засновані на теорії руху суден, можуть оцінити безпеку водних шляхів і ефективність транспорту [3]. Технології Індустрії 4.0, зокрема методи машинного навчання, застосовуються для вирішення проблем моніторингу дорожнього руху, розумної навігації, скорочення викидів, аналізу великих даних і кібербезпеки [4]. Ці досягнення сприяють загальному вдосконаленню систем внутрішнього водного транспорту, підвищуючи їх привабливість і конкурентоспроможність у глобальному транспортному середовищі.

Річкові інформаційні служби надають узгоджені інформаційні послуги з управління рухом суден для підвищення безпеки та зручності користування внутрішніми водними шляхами в Європі [5]. Система великих даних, інтегрована в загальне середовище обміну інформацією, може покращити морський нагляд і безпеку завдяки інтероперабельному обміну даними [6]. У статті [7] обговорюються цифрові рішення для морського транспорту та логістики, включаючи платформи для обміну даними, єдине морське вікно, системи портового співтовариства та «розумні» контейнери на основі блокчейну. У статті [8] обговорюється впровадження річкових електронних навігаційних систем та берегових інформаційних служб для підвищення безпеки та ефективності на внутрішніх водних шляхах України. Інтегровані системи управління рухом суден можуть оптимізувати транспортний потік на внутрішніх водних шляхах і використання інфраструктури [9]. У роботі [10] розглядаються технологічні розробки та виклики для вантажних перевезень внутрішніми водними шляхами в управлінні інтермодальними ланцюгами поставок, але не розглядаються конкретно цифрові технології та інформаційні рішення для відстеження та розшуку суден. Розглянуті комплексні підходи мають потенціал для більш ефективного управління навігаційною безпекою.

Проаналізовані статті разом підкреслюють важливість комплексного використання цифрових технологій для підвищення ефективності управління судноплаством на внутрішніх водних шляхах. Вони демонструють потенціал інтеграції автоматизованих систем ідентифікації, річкових інформаційних служб, технологій великих даних, методів штучного інтелекту та систем підтримки прийняття рішень для створення єдиних інформаційних просторів. Проте в більшості робіт основна увага приділяється окремим технологічним рішенням або прикладним аспектам, тоді як питання визначення узгоджених функціональних вимог до таких систем, їхньої інформаційної сумісності, оперативності обміну

даними та адаптації до умов внутрішніх водних шляхів залишаються недостатньо розробленими. Це обґрунтовує актуальність дослідження, спрямованого на формування єдиної концепції застосування цифрових технологій для відстеження та супроводження суден, що стане основою для підвищення навігаційної безпеки та ефективності транспортних операцій.

Мета статті

Метою статті є аналіз можливостей і визначення функціональних вимог до впровадження цифрових технологій відстеження та супроводження суден на внутрішніх водних шляхах з урахуванням сучасних інформаційних систем і потреб різних категорій користувачів.

Виклад основного матеріалу

У морській навігації Міжнародна морська організація (ІМО) запровадила систему автоматичної ідентифікації АІС. Усі морські судна в міжнародному рейсі, які підпадають під дію глави V SOLAS, повинні бути оснащені АІС з кінця 2004 року. Керівні принципи планування, впровадження та оперативне використання РІС визначають АІС для внутрішніх вод як важливу технологію. Через зони змішаного руху стандарти, технічні характеристики і процедури внутрішнього судноплавства повинні бути сумісні з уже визначеними стандартами, технічними специфікаціями та процедурами морської навігації.

Щоб задовольнити особливі вимоги внутрішнього судноплавства, АІС пішла далі – було розроблено відповідно до так званої технічної специфікації АІС для внутрішнього транспорту, зберігаючи повну сумісність з морською АІС ІМО та вже існуючими стандартами внутрішнього судноплавства.

У цьому розділі статті визначено всі необхідні функції і вимоги щодо відстеження та супроводження суден у внутрішньому судноплаванні. Описано інформаційні потреби для кожної сфери інтересів. Функціональні вимоги і вимоги на основі Європейського кодексу внутрішніх водних шляхів (СЕВНІ) та інших правил і правил судноплавства на внутрішніх водних шляхах та найкращі галузеві практики, які виділяють три групи інформації:

- Динамічна інформація – така, що змінюється кожні кілька секунд або хвилин;
- Напівдинамічна інформація – така, що змінюється кілька разів за рейс;
- Статична інформація – така, що змінюється рідше кількох разів на рік.

Для кожної групи інформації можуть бути різні способи обміну інформацією:

- Системи відстеження та відстеження суден повинні обмінюватися особливо динамічно;
- Електронні пристрої звітності, такі як електронна пошта, призначені для обміну напівдинамічною інформацією;

• Бази даних призначені для надання статичної інформації, яку можна отримати через інтернет або інші середовища транспорту даних.

У Таблиці 1 наведено огляд областей інтересів, що розглядаються. Кожна область інтересів поділена на завдання, і для кожного завдання визначено категорії користувачів.

Таблиця 1

Огляд сфер інтересів, завдань і користувачів.

Сфера інтересів	Завдання	Користувачі
Навігація	<i>Середньострокове:</i> Тривалістю наперед від хвилин до годин зовні бортового радару судна в залежності від обраної шкали відстані.	Капітан/вартовий помічник
	<i>Короткострокове:</i> Тривалістю наперед хвилини зовні бортового радару судна в залежності від обраної шкали відстані.	Капітан/вартовий помічник
	<i>Дуже короткий термін:</i> Тривалістю наперед від секунд до 1 хвилини	Капітан/вартовий помічник
Управління трафіком суден	Служба регулювання руху суден (CPPC/VTs)	CPPC оператори, Капітан/вартовий помічник
	Операції шлюзування	Оператор шлюзу, Капітан/вартовий помічник
	Планування діяльності та розкладу роботи шлюзів	Оператор шлюзу, Капітан/вартовий помічник, оператори флоту
	Операції з розведення мостів	Оператор мосту, Капітан/вартовий помічник
	Планування операцій з розведення мостів	Оператор шлюзу, Капітан/вартовий помічник, оператори флоту
Служба сприяння зниженню наслідків лиха		Оператор служби сприяння наслідкам лиха, оператор шлюзу, оператор (диспетчер мостового переходу), капітан/вартовий помічник, компетентний орган
Управління транспортом	Планування переходу	Капітан судна, фрахтовий брокер, менеджер флоту, оператор терміналу, оператор CPPC, оператор шлюзу диспетчер мостового переходу, оператор PIC.
	Транспортна логістика	Керівник флоту, капітан, вантажовідправник, вантажоодержувач, експедитор постачання
	Адміністрації портів та вантажних терміналів	Оператор терміналу, капітан, експедитор, портове управління, компетентний орган
	Управління вантажами та управління флотом	Керівник флоту, вантажовідправник, вантажоодержувач, експедитор постачання, фрахтовий брокер, капітан
Виконавчі органи	Перетин кордону	Митниця, компетентний орган, капітан
Інфраструктурні збори, та збори користування водними шляхами.		Компетентний орган, капітан судна, керівник флоту, управління водних шляхів
Інформаційні послуги із стану водного шляху.	Гідрографічні та метеорологічні зведення	Капітан/вартовий помічник
	Статус зведень та сигналів	Компетентний орган, капітан, керівник флоту
	Рівень води	Компетентний орган, капітан судна/вартовий помічник, керівник флоту

Порядок потреб у зведеннях та даних у кожному завданні не означає різну важливість цих зведень. Проте, безпекові навігаційні зведення мають певний пріоритет, врахування котрих визначає доцільність решти даних.

Обладнання для супроводження та відстеження суден (Рисунок 1) можна використовувати для підтримки активної навігації на борту.

Як зазначалося, процес навігації можна розділити на три етапи:

- Навігація, середньострокова перспектива;
- Навігація на короткий термін;
- Навігація, дуже короткий термін вперед.

Для кожного етапу вимоги користувача різні. Навігація на середньострокову перспективу – це фаза навігації, в якій капітан спостерігає та аналізує дорожню ситуацію на кілька хвилин до години вперед і розглядає можливість місця зустрічі, пропуску або капітального ремонту інших суден. Потрібне зображення дорожнього руху є типовою функцією «огляду за рогом» в основному за межами діапазону бортового радара.

Обмінювана інформація про дорожній рух включає ключові дані щодо судна, зокрема його ідентифікатор, назву, фактичне заглиблення, швидкість та курс відносно землі, пункт призначення чи планований маршрут, тип судна або конвою, розміри (довжина і ширина), кількість синіх конусів або вогнів, стан завантаження чи розвантаження, а також навігаційний статус

(наприклад, якірна стоянка, швартування, плавання або спеціальні умови).

Швидкість оновлення залежить від завдання та статусу судна. Максимальна швидкість оновлення становить 2 секунди.

Навігація на короткий термін – це етап прийняття рішень у процесі навігації. У цій фазі інформація про дорожній рух має значення для процесу навігації, включаючи заходи уникнення зіткнення, якщо це необхідно. Ця функція стосується спостереження за іншими рухомими об'єктами, розташованими в безпосередній близькості від судна.

Інформація обміну про рух містить важливі дані про судно, такі як його ідентифікатор, назву, фактичне заглиблення, швидкість із точністю до 1 км/год, курс та заголовок відносно землі, показчик спеціального маневру (синій знак), пункт призначення чи планований маршрут, тип судна або конвою, розміри (довжина і ширина), кількість синіх конусів або вогнів, стан завантаження чи розвантаження, а також навігаційний статус (наприклад, якірна стоянка, швартування, плавання або особливі умови).

Фактична інформація про рух щодо місця розташування, ідентифікації, імені, напрямку, швидкості, курсом, напрямком і позначкою спеціального маневру (синій знак), безперервно оновлюється, принаймні, кожні 10 секунд. Для деяких маршрутів адміністрації встановлюють попередньо визначену швидкість оновлення (максимум 2 секунди).

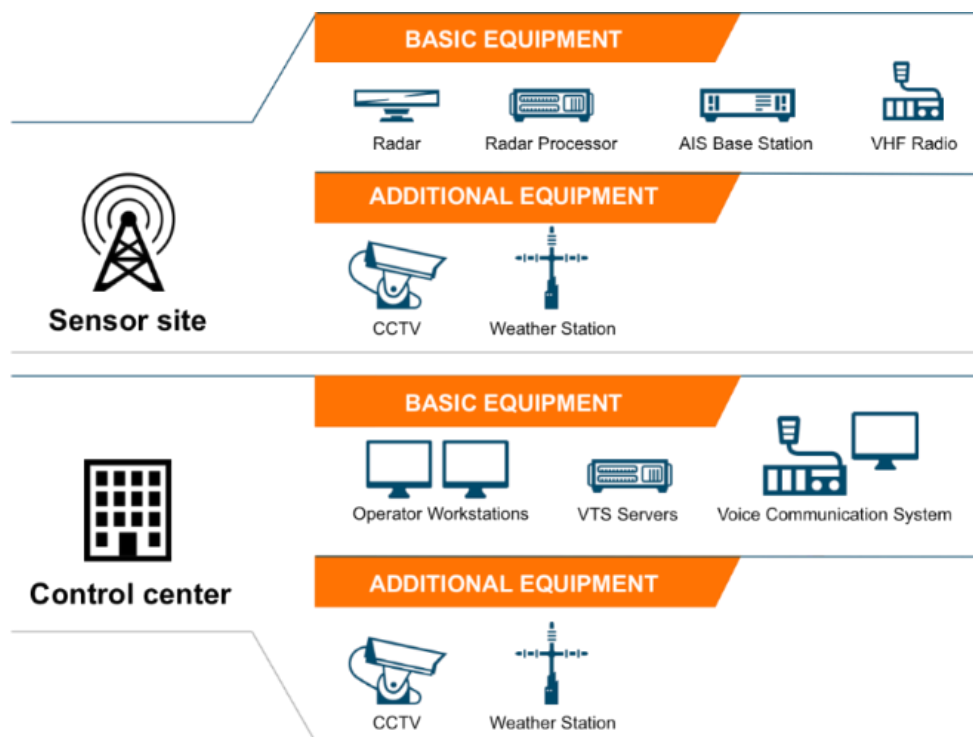


Рис. 1 – Базове та додаткове обладнання в системах моніторингу руху суден

На цьому етапі необхідно отримати високоточні дані, включаючи відповідне положення, назву, відносну швидкість, відносний дрейф та відносну швидкість повороту судна.

Виходячи з вищезазначених вимог, стає зрозуміло, що через дуже стислий час короткочасна навігація не може використовувати інформацію про супроводження та відстеження.

Управління рухом суден включає принаймні один із елементів, визначених нижче:

- Служби руху суден;
- Планування та експлуатація шлюзів;
- Планування та експлуатація мостів.

У службах руху суден (VTS) можна виділити різні служби:

- Інформаційна служба (Рисунок 2);
- Служба навігаційної допомоги;
- Служба організації руху.

В подальшому описуються потреби користувачів, пов'язані з інформацією про рух.



Рис. 2 – Робоче місце оператора системи управління рухом суден

Інформаційне обслуговування здійснюється шляхом трансляції інформації у встановлений час і інтервали або коли VTS вважає це необхідним, або на запит судна. Така інформація може включати, наприклад, повідомлення про заглиблення, умови водного шляху; погода; навігаційні небезпеки; або будь-які інші фактори, які може вплинути на прямування судна.

Для інформаційних послуг необхідний огляд трафіку в мережі або на ділянці фарватеру, який включає ключові дані про судно: ідентифікатор, назву, фактичне заглиблення, курс відносно землі, обмеження судноплавного простору, пункт призначення чи планований маршрут, тип судна або конвою, розміри (довжина і ширина), кількість синіх конусів або вогнів, стан завантаження чи розвантаження, кількість осіб на борту (у разі інциденту) та навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання або спеціальні умови).

Компетентний орган повинен встановити попередньо визначену частоту оновлення даних.

Служба навігаційної допомоги інформує капітана про складні навігаційні або метеорологічні обставини або надає допомогу у разі дефектів або недоліків. Це послуги, як правило, надаються на запит судна або

VTS, якщо це буде прийнято необхідно. Для надання індивідуальної інформації капітану оператору VTS потрібне фактичне детальне зображення трафіку.

Системи супроводження та відстеження суден надають ключову інформацію, зокрема ідентифікатор та назву судна, його фактичне заглиблення, швидкість, курс відносно землі, позначку спеціального маневру (синій знак), пункт призначення або планований маршрут, тип судна чи конвою, розміри (довжина і ширина), вертикальний габарит у разі перешкод, кількість синіх конусів або вогнів, стан завантаження чи розвантаження, а також навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання або особливі умови).

Будь-яка інша необхідна інформація складається з екологічної та географічної інформації та повідомлення капітанам (NtoS). Фактична інформація про трафік щодо ідентифікації, положення, напрямку, швидкості, курсу і спеціальні маневри (синій знак) необхідно змінювати безперервно (кожні 3 секунди, майже в режимі реального часу або з іншою заздалегідь визначеною швидкістю оновлення, яка встановлена компетентним органом). Вся інша інформація повинна бути доступна на вимогу оператора VTS або в умовах особливих обставин.

Служба організації руху суден (COPC) стосується оперативного управління рухом і перспективне планування руху суден для запобігання заторів і небезпечних ситуацій, і особливо актуальна в період великої інтенсивності руху або рух спеціальних транспортних засобів може впливати на потік іншого транспорту. Послуга також може включати встановлення і експлуатацію системи дозволів на рух або планів плавання за рекомендаціями COPC або обох, стосовно черговості руху, розподілу місць, обов'язковому повідомленні про рух до COPC.

Процеси планування та експлуатації шлюзів поділяються на довгострокові та середньострокові.

Планування на довгострокову перспективу передбачає планування на кілька годин на день вперед.

У цьому випадку інформація про рух використовується для покращення інформації про очікування та час проходження шлюзу і спочатку базується на статистичній інформації.

Для довгострокового планування блокування необхідно отримати інформацію про рух, яка включає ідентифікатор та назву судна, його фактичне місцезнаходження, курс і напрямок, розрахунковий (ETA) та рекомендований (RTA) час прибуття до шлюзу, тип судна або конвою, розміри (довжина і ширина), заглиблення, вертикальний габарит, кількість синіх конусів або вогнів, а також навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання чи спеціальні умови).

ETA має бути доступним на вимогу або має бути замінений у разі відхилення у часі від попередньо зазначеного. RTA – це відповідь на звіт про ETA.

Планування шлюзу на середньострокову перспективу стосується планування шлюзу до двох або чотирьох циклів роботи (зачинити-відкрити) наперед.

У цьому випадку інформація про рух використовується для відображення прибулих суден із наявними шлюзовими циклами та інформуваннями капітанів про РТА (запитуваний час прибуття) на основі планування.

Для середньострокового планування роботи необхідна інформація про прогнозований та реальний трафік.

Для середньострокового планування блокування необхідна детальна інформація про рух судна, включаючи ідентифікацію, назву, фактичне місцезнаходження, швидкість і курс відносно землі, розрахунковий час прибуття (ETA) до шлюзу, рекомендований час прибуття (RTA) при зачиненні камери шлюзу, тип судна або конвою, розміри (довжина, ширина), кількість допоміжних буксирів, заглиблення, вертикальний габарит, кількість синіх конусів або вогнів, а також навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання або особливі умови), при цьому ETA має бути доступним на вимогу або змінюватися у разі відхилення.

На етапі «Операція шлюзування» відбувається фактичний процес шлюзування.

Щоб полегшити процес шлюзування, необхідно отримувати інформацію про трафік, включаючи ідентифікацію та ім'я судна, його фактичну посаду, швидкість і курс відносно землі, тип судна або конвою, кількість допоміжних буксирів, розміри (довжина і ширина), заглиблення, вертикальний габарит, кількість синіх конусів або вогнів, а також навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання або спеціальні умови). Фактичні дані про рух, включаючи ідентифікацію, положення, напрямок, швидкість і курс, мають надходити постійно або з частотою оновлення, визначеною правилами проходу шлюзу чи місцевою адміністрацією відповідної водної ділянки.

Процеси планування роботи мостів поділяються на середньострокові та короткострокові з урахуванням процесу експлуатації мосту.

Процес планування мосту в середньостроковій перспективі стосується оптимізації.

Рух транспорту здійснюється таким чином, щоб мости відкривалися вчасно для проходу суден (зелена хвиля). Час наперед коливається від п'ятнадцяти хвилин до двох годин. Інтервал залежить від місцевої ситуації.

Для середньострокового планування роботи мосту необхідно отримувати інформацію про прогнозований і реальний трафік, включаючи ідентифікацію та назву судна, його фактичне місцезнаходження, швидкість і курс відносно землі, розрахунковий час прибуття (ETA) до мосту та рекомендований час прибуття (RTA) на мосту, тип судна або конвою, розміри (довжина і ширина), вертикальний габарит, а також навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання або особливі умови). ETA та позиція мають бути доступними на вимогу диспетчера мосту і оновлюватися у разі відхилення у часі.

У процесі короткострокового планування роботи мосту приймаються рішення щодо його відкриття, для чого необхідна інформація про дорожній рух, зокрема ідентифікація судна, його фактична позиція, швидкість і курс відносно землі, розрахунковий (ETA) і рекомендований (RTA) час прибуття до мосту, тип судна чи конвою, розміри (довжина і ширина), вертикальний габарит, а також навігаційний статус (якірна стоянка, швартування, плавання або особливі умови). Фактичні дані про трафік, включаючи положення, швидкість і напрямок судна, мають бути доступні на вимогу або відповідно до частоти оновлення. Приблизний час прибуття та місце розташування повинні бути доступними на вимогу або змінюватися в разі відхилення від попередньо наданого ETA.

На етапі експлуатації мосту, коли відбувається його відкриття та проходження судна, необхідно отримувати ключові дані щодо руху, зокрема ідентифікацію та назву судна, його фактичну позицію, швидкість і курс відносно землі, тип судна або конвою, розміри (довжина і ширина) та вертикальний габарит.

Для зменшення наслідків стихійного лиха необхідно отримати інформацію про рух судна, включаючи його ідентифікацію, назву, фактичну позицію, курс і напрямок відносно землі, пункт призначення, тип судна або конвою, кількість синіх конусів або вогнів, стан завантаження чи розвантаження та кількість осіб на борту. У разі аварії ці дані можуть надаватися автоматично або відповідно до обставин надзвичайної ситуації.

Стосовно інформаційних служб фарватеру наводяться три послуги:

- Попередження про погоду в разі екстремальних погодних умов;
- Статус сигналу;
- Рівні води.

Проект «ЕММА» (Система Європейської мульти-сервісної метеорологічної обізнаності) спрямований на стандартизацію попереджень про погоду, використовуючи розроблені символи для відображення повідомлень на системах електронних карт суден внутрішнього плавання (Inland ECDIS). EMMA не надає постійних даних про погоду, а лише попередження про особливі метеорологічні ситуації, які базуються на розподілі ділянок внутрішніх водних шляхів і включають параметри, такі як швидкість вітру, температура, кількість снігу, опади та видимість у тумані.

Запропонований склад даних включає дату та час початку і завершення терміну дії (з можливістю безстрокового позначення), координати початку та кінця ділянки шляху, тип метеорологічного попередження, мінімальні та максимальні значення параметрів, класифікацію попередження і напрямок вітру. Обмін цією інформацією відбувається лише під час спеціальних заходів у випадку екстремальних погодних умов.

Системи супроводження та відстеження суден можуть використовуватися для передачі статусу

світлофорів у внутрішньому судноплаванні, включаючи положення сигналу, ідентифікацію його типу (один чи два вогні), напрямок впливу та поточний стан. Розповсюдження цієї інформації має бути обмежене визначеними суднами.

Системи супроводження та відстеження суден можуть передавати фактичний рівень води, а зведення включатимуть дані про замірну станцію та значення рівня води, що надсилатиметься регулярно або на вимогу судноводія.

У різних регіонах Європи стягується плата за користування водними шляхами та портовою інфраструктурою, для чого необхідна інформація про рух судна, включаючи його ідентифікацію, назву, фактичну позицію, пункт призначення або планований маршрут, тип судна чи конвою, розміри (довжина, ширина, висота борту для розрахунку кубічного модуля або DWT) та заглиблення. Обмін цією інформацією здійснюється на вимогу або у визначених фіксованих точках, встановлених компетентним органом відповідного водного шляху чи порту.

Проведений аналіз підтверджує, що застосування цифрових технологій відіграє ключову роль у підвищенні ефективності та безпеки управління судноплаванням на внутрішніх водних шляхах. Інтеграція систем автоматичної ідентифікації, річкових інформаційних служб, технологій великих даних та елементів Індустрії 4.0 створює передумови для розвитку інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Однак впровадження таких систем потребує вирішення питань сумісності інформаційних платформ, стандартизації форматів обміну даними та забезпечення високої швидкості оновлення інформації в режимі реального часу.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку єдиної цифрової архітектури для відстеження та супроводження суден, що дозволить оптимізувати транспортні потоки, покращити управління навігаційною безпекою та сприяти розвитку сталого внутрішнього водного транспорту.

Висновки

У статті проаналізовано сучасні цифрові технології, що застосовуються для відстеження та супроводження суден на внутрішніх водних шляхах. Визначено, що ключовими інструментами цифровізації в цій сфері є системи автоматичної ідентифікації суден, річкові інформаційні служби, геоінформаційні системи, технології великих даних, а також інструменти Індустрії 4.0, зокрема штучний інтелект і машинне навчання.

Здійснено класифікацію інформаційних потреб користувачів, обґрунтовано функціональні вимоги до систем цифрового моніторингу судноплавання та наведено рекомендації щодо інтеграції цифрових рішень для підвищення ефективності управління рухом суден.

Отримані результати підтверджують доцільність подальшого розвитку комплексних цифрових платформ для моніторингу, аналізу та управління

судноплаванням на внутрішніх водних шляхах. Це дозволить підвищити навігаційну безпеку, зменшити ризики надзвичайних ситуацій та сприятиме розвитку сталого і конкурентоспроможного внутрішнього водного транспорту.

Перелік використаних джерел

- [1] Bazylev A.V., Plyushchayev V.I. Digital information system for inland water transport vessels based on AIS. *Journal of Physics Conference Series*. 2021. Vol. 2131(3). Article 032031. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2131/3/032031>.
- [2] Pfliegl R., Bäck A. Increasing the Attractiveness of Inland Waterway Transport with E-Transport River Information Services. *Transportation Research Record*. 2006. Vol. 1963(1). Pp. 15-22. DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198106196300103>.
- [3] Watanabe S., Hasegawa K., Rigo P. Inland Waterway Traffic Simulator. *Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries: Proceedings of the 7th International Conference*, Liege, Belgium, 21-23 April 2008. Pp. 578-588.
- [4] Industry 4.0 Technologies Applied to Inland Waterway Transport: Systematic Literature Review / J.F. Restrepo-Arias et al. *Sensors*. 2022. Vol. 22(10). Article 3708. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22103708>.
- [5] Broeke I.T., Willems C., Glansdorp C. River Information Services: a joint European effort to enhance safety and usability of the inland waterway. *Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems ITSC 2001*, Oakland, California, USA, 25-29 August 2001. Pp. 1108-1115. DOI: <https://doi.org/10.1109/itsc.2001.948817>.
- [6] A maritime big data framework integration in a common information sharing environment / Z. Paladin et al. *Proceedings of the 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 23-27 May 2022. Pp. 1161-1166. DOI: <https://doi.org/10.23919/mipro55190.2022.9803777>.
- [7] Maritime Transport And Logistics Digital Solutions Optimization Using Advanced Data Sharing Platforms: ePICenter Projects' Case / Z. Paladin et al. *Proceedings of the 37th Bled eConference – Resilience Through Digital Innovation: Enabling the Twin Transition*, Bled, Slovenia, 9-12 June 2024. Pp. 403-420. DOI: <https://doi.org/10.18690/um.fov.4.2024.23>.
- [8] Buravtsova J. Implementation of river electronic navigation systems and onshore information services on the inland waterways of Ukraine. *Shipping & Navigation*. 2021. Vol. 32(2). Pp. 10-17. DOI: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.32.2021.10-17>.
- [9] Skocibusic M.B., Brnardic M. Integrated vessel traffic management systems in the function of inland waterway traffic optimization. *Telematics in the Transport Environment. TST 2012. Communications in Computer and Information Science*. 2012. Vol. 329.

Pp. 117-123. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34050-5_14.

- [10] A systematic literature review of technological developments and challenges for inland waterways freight

transport in intermodal supply chain management / S. Gbako et al. *Benchmarking an International Journal*. 2024. Vol. 32, no. 1. Pp. 398-431. DOI: <https://doi.org/10.1108/bij-03-2023-0164>.

DIGITAL TECHNOLOGIES FOR TRACING AND TRACKING VESSELS ON INLAND WATERWAYS

Dolynska N.B.

postgraduate student, Odessa National Maritime University, Odessa, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1347-0538>, e-mail: tala.borisovna2011@gmail.com;

Kalinichenko Ye.V.

PhD (Engineering), associate professor, Odessa National Maritime University, Odessa, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2898-7313>, e-mail: kalinichenko.yevgeniy1964@gmail.com

The article explores the possibilities of using modern digital technologies to solve the problems of ensuring an adequate level of shipping safety. In particular, the use of automatic vessel identification systems, river information services, geographic information systems, big data processing technologies, and Industry 4.0 tools is considered. Attention is focused on the need to integrate digital technologies to create a single information environment that allows for the full exchange of navigational, hydrographic and meteorological information between all participants in the transportation process. The study classifies the information needs of users of ship monitoring systems depending on the types of information (dynamic, semi-dynamic and static), and defines the functional requirements for digital ship tracking and tracking systems. It is established that to increase the efficiency of such systems, it is necessary to ensure a high speed of updating information in real time, compatibility of data exchange formats, integration with existing shipping management systems, and the possibility of using predictive models to make optimal management decisions. The results of the study confirm the feasibility of introducing integrated digital platforms that combine the capabilities of modern information technologies to improve the quality of navigation management on inland waterways. The article formulates recommendations for the further development of intelligent systems for monitoring and tracking ships, which include the integration of digital solutions based on artificial intelligence and big data processing technologies, the development of a unified digital architecture for ship traffic management, and the introduction of modern methods for forecasting and analyzing navigation risks. The results obtained are of practical importance for the design and implementation of modern information systems in the field of inland waterway transport, contributing to the competitiveness and sustainable development of the transport industry in Ukraine and the European Union.

Keywords: digital technologies, inland waterways, navigation safety, ship tracking, ship escort, information systems, shipping safety, transport logistics.

References

- [1] A.V. Bazylev, and V.I. Plyushchayev, «Digital information system for inland water transport vessels based on AIS», *Journal of Physics Conference Series*, vol. 2131(3), article 032031, 2021. doi: [10.1088/1742-6596/2131/3/032031](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2131/3/032031).
- [2] R. Pfliegl, and A. Bäck, «Increasing the Attractiveness of Inland Waterway Transport with E-Transport River Information Services», *Transportation Research Record*, vol. 1963(1), pp. 15-22, 2006. doi: [10.1177/0361198106196300103](https://doi.org/10.1177/0361198106196300103).
- [3] S. Watanabe, K. Hasegawa, and P. Rigo, «Inland Waterway Traffic Simulator», in Proc. of the 7th Int. Conf. «Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries», Liege, Belgium, 2008, pp. 578-588.
- [4] J.F. Restrepo-Arias, J.W. Branch-Bedoya, J.A. Zapata-Cortes, E.G. Paipa-Sanabria, and M.A. Garnica-López, «Industry 4.0 Technologies Applied to Inland Waterway Transport: Systematic Literature Review», *Sensors*, vol. 22(10), article 3708, 2022. doi: [10.3390/s22103708](https://doi.org/10.3390/s22103708).
- [5] I.T. Broeke, C. Willems, and C. Glansdorp, «River Information Services: a joint European effort to enhance safety and usability of the inland waterway», in Proc. of the IEEE Intelligent Transportation Systems ITSC 2001, Oakland, California, USA, 2001, pp. 1108-1115. doi: [10.1109/itsc.2001.948817](https://doi.org/10.1109/itsc.2001.948817).
- [6] Z. Paladin et al., «A maritime big data framework integration in a common information sharing environment», in Proc. of the 45th Jubilee Int. Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), Opatija, Croatia, 2022, pp. 1161-1166. doi: [10.23919/mipro55190.2022.9803777](https://doi.org/10.23919/mipro55190.2022.9803777).
- [7] Z. Paladin, M. Šorović, S. Bauk, and F. Knoors, «Maritime Transport And Logistics Digital Solutions Optimization Using Advanced Data Sharing Platforms: ePICenter Projects' Case», in Proc. of the 37th Bled eConference – Resilience Through Digital

Innovation: Enabling the Twin Transition, Bled, Slovenia, 2024, pp. 403-420. doi: **10.18690/um.fov.4.2024.23.**

- [8] J. Buravtsova, «Implementation of river electronic navigation systems and onshore information services on the inland waterways of Ukraine», *Shipping & Navigation*, vol. 32(2), pp. 10-17, 2021. doi: **10.31653/2306-5761.32.2021.10-17.**

- [9] M.B. Skocibusic, and M. Brnardic, «Integrated vessel traffic management systems in the function of inland waterway traffic optimization», in Proc. of the Telematics in the Transport Environment TST 2012, Communications in Computer and Information

Science, 2012, vol. 329, pp. 117-123. doi: **10.1007/978-3-642-34050-5_14.**

- [10] S. Gbako, D. Paraskevadis, J. Ren, J. Wang, and Z. Radmilovic, «A systematic literature review of technological developments and challenges for inland waterways freight transport in intermodal supply chain management», *Benchmarking an International Journal*, vol. 32, no. 1, pp. 398-431, 2024. doi: **10.1108/bij-03-2023-0164.**

Стаття надійшла 21.04.2025

Стаття прийнята 11.05.2025

Стаття опублікована 30.06.2025

Цитуйте цю статтю як: Долинська Н.Б., Калініченко Є.В. Цифрові технології відстеження та супроводження суден на внутрішніх водних шляхах. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки.* 2025. Вип. 50. С. 226-234. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.50.2025.336406>.