

Головань А.І.

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ СУДЕН

У статті розглянуто важливу проблему вдосконалення систем технічного обслуговування вантажних суден. Аналізуються останні дослідження і публікації в цій області, які вказують на необхідність моніторингу ефективності системи технічного обслуговування та використання інформаційно-комунікаційних технологій для покращення обслуговування суден.

Метою дослідження є розробка та обґрунтування методики моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи технічного обслуговування вантажних суден. Завданням статті є розробка загальної методики моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи технічного обслуговування в складі інтелектуального управління параметрами системи технічного обслуговування на основі аналітичного центру ShipDiMRO. Також розглядаються структури систем моніторингу експлуатаційних характеристик системи технічного обслуговування для суден, які обладнані або не обладнані вбудованою мережею CANopen.

Ця дослідницька робота спрямована на вдосконалення систем технічного обслуговування вантажних суден шляхом впровадження моніторингу, що дозволить ефективно контролювати технічний стан суден, планувати обслуговування та вчасно виявляти несправності.

Результати статті включають описану методику моделювання, структури систем моніторингу та рекомендації щодо впровадження моніторингу ефективності системи технічного обслуговування вантажних суден. Висновки підкреслюють важливість використання інформаційно-комунікаційних технологій, аналізу експлуатаційних даних та різних підходів до вимірювання продуктивності для забезпечення надійності і ефективності технічного обслуговування. Метод дослідження базується на аналізі інформаційних потоків та використанні інформаційно-комунікаційних технологій для забезпечення надійного моніторингу та контролю ефективності технічного обслуговування вантажних суден.

***Ключові слова:** моніторинг, технічне обслуговування, вантажні судна, ефективність, інформаційні технології, аналіз даних.*

Постановка проблеми. Сучасні вантажні судна вимагають систем, які дозволили б контролювати технічний стан та різні показники ефективності в режимі реального часу. Постійна взаємодія інфраструктури водних шляхів та суден, що рухаються в транспортних потоках, створює необхідність для точної ідентифікації та моніторингу цих суден. Зазначені обставини формують запит практики у створенні системи, яка забезпечуватиме збір, аналіз та передачу даних про технічний стан суден, включаючи інформацію про експлуатаційні характеристики та параметри системи технічного обслуговування.

Головною проблемою, яка висвітлюється в статті, є необхідність створення і впровадження єдиної системи моніторингу для вантажних суден з метою забезпечення постійного контролю за різними показниками ефективності системи технічного

обслуговування. Відправною точкою є вплив ефективності технічного обслуговування на надійність та безпеку судноплавства.

Проблема полягає у відсутності однієї єдиної системи моніторингу, яка об'єднувала б всі ці аспекти та дозволила б вирішити їх в комплексі. Створення такої системи є актуальним завданням, оскільки воно допоможе підвищити надійність та безпеку судноплавства та зменшити ризики збоїв у технічному стані суден.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В цілому, аналіз останніх досліджень і публікацій вказує на важливість впровадження моніторингу ефективності систем технічного обслуговування. Важливими постають питання: застосування концепцій електронного обслуговування при розробці системи вимірювання ефективності технічного обслуговування [1]; представлення методу вимірювання ефективності технічного обслуговування за допомогою аналізу експлуатаційних даних, який включає оцінку впливу на навколишнє середовище та аналіз подій ремонту/обслуговування [2]; дослідження моніторингу ефективності управління в режимі реального часу як інструменту для віддаленого технічного обслуговування [3]; впровадження різних підходів до вимірювання ефективності технічного обслуговування, включаючи вартісні показники, збалансовану систему показників, системний аудит і аналіз оболонки даних [4]. Найпоширенішими методами, що використовуються для моніторингу, є комплексний підхід, загальна ефективність обладнання та система збалансованих показників [5]. Системи вимірювання ефективності мають вирішальне значення для тих, хто зацікавлений в технічному обслуговуванні, щоб гарантувати, що вони не суперечать загальним потребам бізнесу [6]. Комплексний метод оцінки технічного обслуговування все ще не винайдено [7]. Надійна звітність про продуктивність незамінна для управління технічним обслуговуванням [8]. Відсутність показників ефективності ускладнює планування, контроль і вдосконалення процесу технічного обслуговування [9].

Всі ці дослідження разом підкреслюють важливість використання інформаційно-комунікаційних технологій, аналізу експлуатаційних даних і розгляду різних підходів до вимірювання продуктивності для ефективного моніторингу роботи системи технічного обслуговування.

Мета дослідження полягає в розробці та обґрунтуванні методики моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи технічного обслуговування вантажних суден.

Основні результати дослідження. Управління параметрами системи технічного обслуговування будь-яких транспортних засобів можливо досягти за умов наявності комплексного підходу та використання передових цифрових технологій. Для досягнення оптимальної ефективності системи ТО у аналітичному центрі ShipDiMRO реалізовано такі процеси: інтеграція даних, моніторинг в реальному часі, аналітика та прогнозування, віддалене управління, структурування документації, участь екіпажу.

У процесі інтеграції даних забезпечується надходження інформації з різних джерел, включаючи сенсори, моніторингові системи, дистанційне зондування тощо, для забезпечення повної картини стану транспортного засобу.

У процесі моніторингу в реальному часі здійснюється постійний моніторинг параметрів судна, що дозволяє оперативно виявляти будь-які аномалії та вживати негайні заходи.

У процесі аналітики та прогнозування використовуються аналітичні методи та методи штучного інтелекту для обробки великих обсягів даних, а також для прогнозування змін у стані судна.

У процесі віддаленого управління забезпечується можливість віддаленого керування параметрами системи ТО та внесення коригувань для оптимізації роботи безпосередньо в експлуатації.

В процесі структурування документації забезпечується ведення актуальної та структурованої документації щодо історії обслуговування та ремонтів, що сприяє відслідковуванню та аналізу попередніх впливів.

Процес участі екіпажу визначає важливість навчання та підготовки екіпажу щодо користування технічними засобами системи ТО та швидкого реагування на проблеми, що виникли.

Тільки за умови такого комплексного підходу та інтеграції передових технологій системи ТО можна досягти високої ефективності та надійності транспортних засобів.

Забезпечення єдиного підходу до моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу експлуатаційних характеристик системи ТО базуючись на яких виконується аналіз показників ефективності системи ТО в умовах інтелектуальних транспортних систем була розроблена загальна методика побудови та структури системи моніторингу показників ефективності системи ТО вантажного судна, включаючи інтелектуальне управління параметрами системи технічного обслуговування. Для створення комплексної системи, яка гарантує підвищення ефективності системи технічного обслуговування, були визначені принципи та запропонована методика моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи ТО в контексті інтелектуального управління параметрами системи технічного обслуговування на основі аналітичного центру ShipDiMRO (рис. 1) по аналогії із методикою створення автоматизованого бортового комплексу ACMS [10, 11, 12].

У процесі розробки інтелектуального комплексу управління параметрами системи ТО, інтеграції та уніфікації загального підходу до створення інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи ТО вантажних суден в умовах інтелектуальних транспортних систем, для формування структури аналітичного центру ShipDiMRO з урахуванням його функціональних можливостей, аналогічно було проведено аналіз, узагальнення та порівняння існуючих даних з використання інтелектуальних транспортних систем у морському транспорті, з урахуванням важливості їх впровадження в сфері вантажних суден і загальної системи водного транспорту.

Для цієї мети була вирішена системна задача, яка полягала у розробці аргументованих стратегій для створення систем моніторингу вантажних суден з метою збору інформації про системи ТО окремих вантажних суден, що експлуатуються як в Україні, так і у різних частинах світу.

Основна концепція інтелектуального управління параметрами системи ТО вантажних суден полягає в його здатності постійно контролювати характеристики системи ТО, показники ефективності системи ТО, дії екіпажу, умови технічного використання судна, а також допомагати екіпажу найбільш ефективно та безпечно виконувати технічну експлуатацію судових технічних засобів, конструкцій, систем і комплексів, зокрема в умовах максимальної складності.

Запропонована концепція передбачає наявність додаткового інтегрованого системного рішення, яке може функціонувати як комплексний помічник, визнаний також як "віртуальний екіпаж: ефективність ТО". Відзначено, що цей елемент віртуального екіпажу сприяє ефективному та безпечному обслуговуванню судових технічних засобів, конструкцій, систем і комплексів навіть в найбільш вимогливих ситуаціях [13]. До того ж, важливо враховувати, що вантажні судна постійно перебувають в активному взаємодії з навколишнім середовищем, водними шляхами та іншими суднами, що також пересуваються в межах транспортних потоків. У цьому контексті надзвичайно важливо, що вантажні судна здатні точно ідентифікуватися з боку інфраструктури водних шляхів і приймати активну участь у системі моніторингу технічних параметрів та характеристик. Ця інформація відіграє критичну роль у забезпеченні ефективної координації руху суден та виконанні вимог міжнародного законодавства [14].

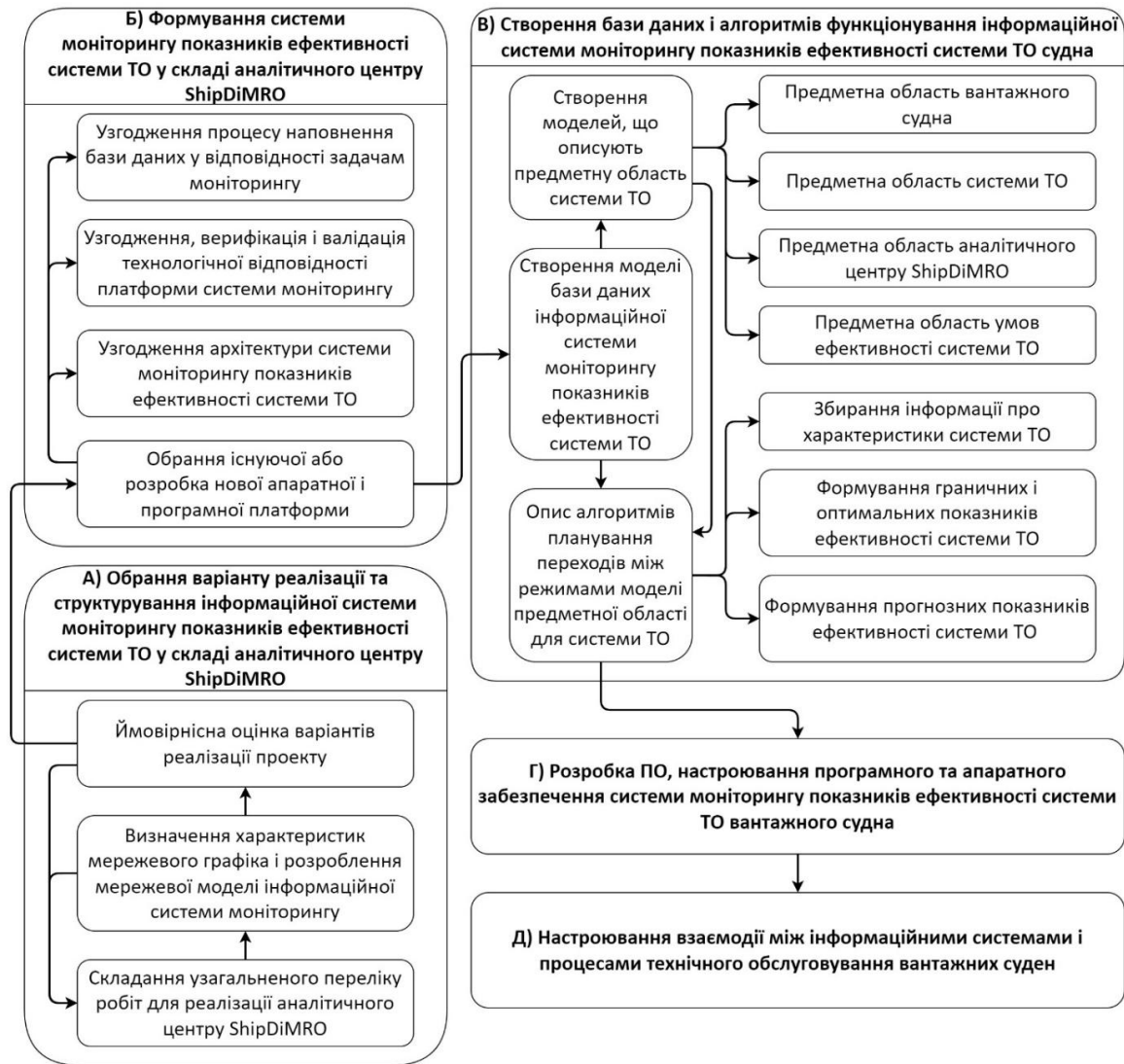


Рисунок 1 – Загальна методика моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи ТО у складі інтелектуального управління параметрами системи ТО на основі аналітичного центру ShipDiMRO

З метою впровадження описаних у розділі присвяченому створенню автоматизованого бортового комплексу АСМС підходів у реальну практику водного транспорту та формування єдиної системи моніторингу суден у складі аналітичного центру ShipDiMRO, враховуючи раніше проведені наукові дослідження [15, 16], рекомендується [17, 18], в тому числі в інтелектуальному управлінні параметрами системи ТО, передбачити не тільки модуль визначення параметрів технічного стану суднових засобів, телематики супутникової навігації та зв'язку, а і замкнути всі інформаційні системи судна: екіпаж, бортову систему контролю з накопиченням даних і засоби автоматичної ідентифікації судна, на виробничі інформаційні системи водного транспорту, геоінформаційні системи оцінювання рівня шкідливого забруднення середовища водних шляхів конкретних водних шляхів, на процес моніторингу показників ефективності системи ТО через аналіз експлуатаційних характеристик системи ТО. Підходи до вирішення вказаної задачі для вже існуючих суден, які оснащені вбудованою мережею CANopen – можна знайти на рис. 2; для суден, що не оснащені вбудованою мережею CANopen – на рис. 3.

Особливістю структури, що представлено на рис. 2, є здійснення об'єднання всіх інформаційних потоків що містять інформацію про експлуатаційні характеристики системи ТО через використання вбудованої мережі CANopen судна. В даному контексті, для контролю

системи ТО в процесі експлуатації застосовується бортова система моніторингу, що відповідає стандарту OBD-M, а також інтегрована захищена система моніторингу і технічної діагностики, яка включає контролери-сканери, комунікатори, трекери і, за необхідності, відповідні датчики для контролю експлуатаційних характеристик системи ТО.

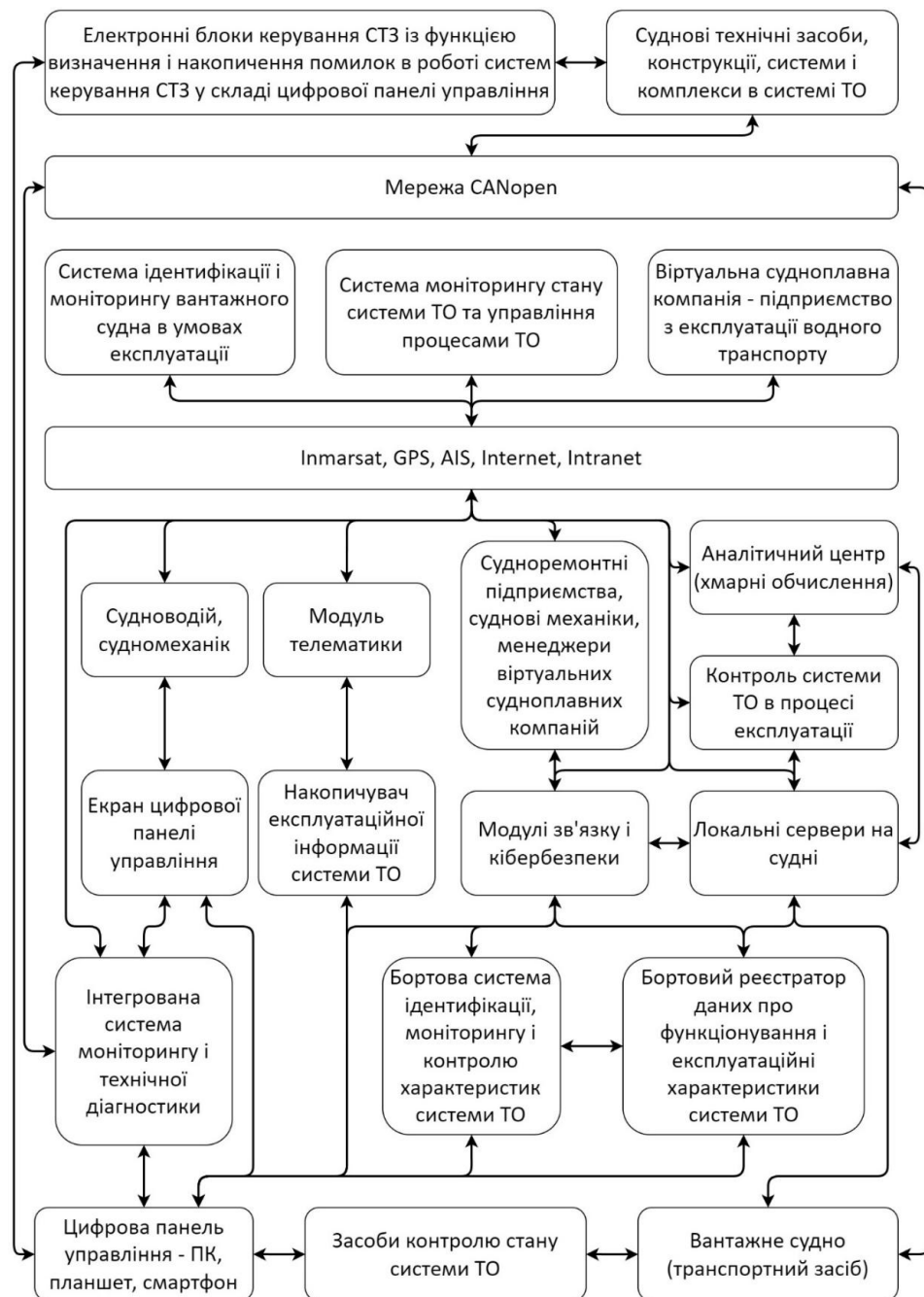


Рисунок 2 – Структура системи моніторингу експлуатаційних характеристик системи ТО вантажних суден, обладнаних вбудованою мережею CANopen

В даній структурі судна передбачається можливість використання модуля зв'язку, який співпрацює не лише з зовнішніми сервісами, а також може взаємодіяти з внутрішньою бортовою системою для ідентифікації, моніторингу та контролю експлуатаційних характеристик системи технічного обслуговування вантажних суден. Крім того, цей модуль призначений для зберігання даних про ефективність системи технічного обслуговування

вантажного судна, умови його експлуатації, напрацювання та технічні впливи на судно, а також подібні параметри.

Крім того, враховуючи взаємодію суден з іншими суднами в морських маршрутах, їх ідентифікацію в транспортному потоці можна здійснювати за допомогою системи AIS, яка встановлюється безпосередньо на судах. Процес передачі інформаційних потоків із суден здійснюється постійно в процесі їх технічної експлуатації та включає в себе використання засобів Inmarsat, GPS, AIS, Internet, Intranet для передачі даних до віртуальної судноплавної компанії – підприємства, яке займається обслуговуванням водного транспорту. Це передбачає відстеження експлуатаційних характеристик системи ТО та управління параметрами системи ТО, а також для оперативного прийняття рішень з метою запобігання небезпечному рівню забруднення водних шляхів і навколишнього середовища. Інформація про технічний стан і умови технічного обслуговування суден, а також дані про рівень забруднення водних шляхів і параметри судноплавства передаються до відповідних систем оцінки рівня забруднення навколишнього середовища на конкретних судноплавних маршрутах і систем ідентифікації та моніторингу вантажних суден в транспортному потоці.

Особливістю структури, що представлено на рис. 3 є те, що об'єднання всіх інформаційних потоків, що містять інформацію про експлуатаційні характеристики системи ТО відбувається шляхом використання уніфікованих захищених промислових протоколів для контролю системи ТО, які безпосередньо впроваджуються на судні.

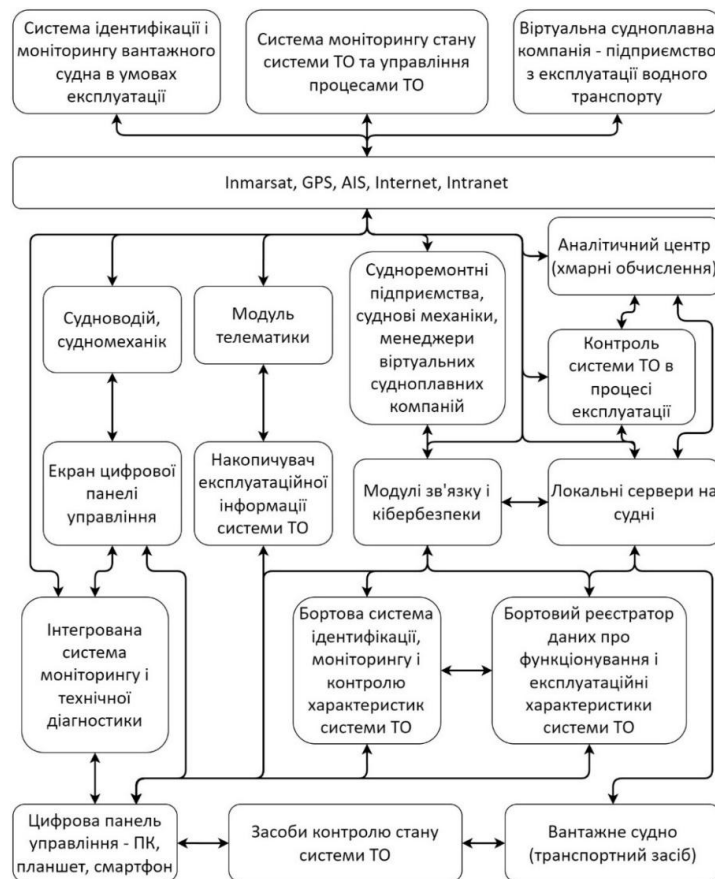


Рисунок 3 – Структура системи моніторингу експлуатаційних характеристик системи ТО вантажних суден, що не обладнані вбудованою мережею CANopen

В структурі судна має бути передбачена можливість використання модуля зв'язку, локальних серверів і засобів передачі інформаційних потоків що містять інформацію про експлуатаційні характеристики системи ТО із судна до єдиної системи моніторингу вантажних суден. Ця система функціонує аналогічно описаним вище компонентам бортового комплексу інтелектуальних транспортних систем на судні, які оснащені вбудованою мережею CANopen.

Розроблена процедура обґрунтування комплексу функцій інтелектуальних транспортних систем може стати корисним методичним інструментом для обґрунтування технічних вимог та завдань щодо розробки і створення систем моніторингу, спрямованих на збір технічної інформації про експлуатаційні характеристики системи ТО окремих вантажних суден по всьому світу.

Для потенційного вирішення зазначеної проблеми, яка може виникнути на етапі створення нових суден (рис. 4), або експлуатації суден, оснащених сучасними сторонніми комплексними системами управління і (або) вбудованими комплексами моніторингу систем ТО, які застосовують спеціалізовані версії операційної системи реального часу *RTOS, необхідно поєднання всіх інформаційних потоків що містять інформацію про експлуатаційні характеристики системи ТО.

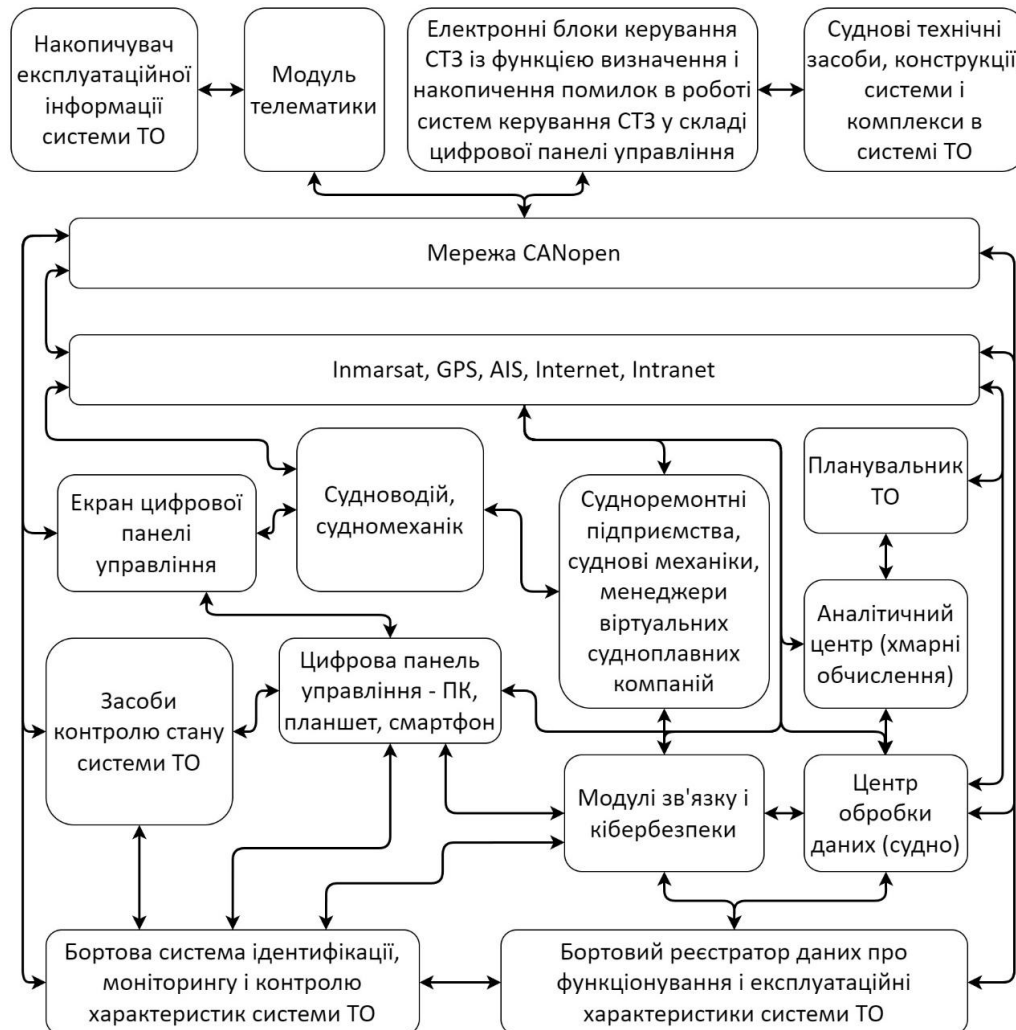


Рисунок 4 - Структура системи моніторингу системи ТО вантажних суден (нових або в експлуатації) у складі комплексної системи прескриптивного технічного обслуговування

Цей комплекс включає в себе модуль телематики, який слугує для зв'язку з судноводіями та судномеханіками, а також для контролю судна під час взаємодії з транспортними потоками, при виконанні прескриптивного технічного обслуговування, як на судні так і в умовах судноремонтного підприємства та інші дії, які можуть бути об'єднані в єдину мережу CANopen. Для забезпечення цього, конструкція судна має передбачити можливість використання модулів зв'язку, які можуть взаємодіяти не лише з внутрішньою бортовою системою ідентифікації, моніторингу експлуатаційних характеристик системи ТО, а також локальні сервери і системи

зберігання даних про показники ефективності системи ТО, працездатність суднових технічних засобів, напрацювання і технічний стан механізмів.

Додатково, конструкція судна повинна передбачати можливість при виконанні ідентифікації судна в транспортному потоці використовувати не тільки центр обробки даних на судні, а й хмарні обчислення в аналітичному центрі із залученням модуля планування ТО.

Передача інформаційних потоків з судна в процесі його функціонування до єдиної системи моніторингу суден повинна відбуватися засобами Inmarsat, AIS, Internet, Starlink безпосередньо модулями кібербезпеки.

Як підсумок, запропоновано системний підхід для вирішення завдання створення єдиної системи моніторингу показників ефективності системи ТО у складі інтелектуального управління параметрами системи ТО, незалежно від їх статусу (нові або вже експлуатовані). Цей підхід передбачає створення структури інтелектуальних транспортних систем на основі аналітичного центру ShipDiMRO та може бути використаний як методичний інструмент для обґрунтування технічних вимог при розробці та впровадженні систем моніторингу систем обслуговування вантажних суден по всьому світу.

Висновки. З урахуванням вище зазначених розроблених методик та структур систем моніторингу, можна сформулювати такі висновки:

1. Розроблена загальна методика моделювання та побудови інформаційної системи моніторингу показників ефективності системи технічного обслуговування вантажних суден на основі аналітичного центру ShipDiMRO. Ця методика надає можливість збирати та аналізувати дані щодо стану технічного обслуговування суден для підвищення їх надійності та безпеки.

2. Створено структури систем моніторингу експлуатаційних характеристик системи технічного обслуговування вантажних суден, які оснащені вбудованою мережею CANopen та без неї. Ці структури дозволяють забезпечити відстеження та аналіз різних параметрів обслуговування суден та їх компонентів.

3. Представлена структура системи моніторингу системи технічного обслуговування вантажних суден, незалежно від їх статусу (нові або вже в експлуатації), в складі комплексної системи прескриптивного технічного обслуговування. Ця структура включає в себе різні модулі та методи збору інформації, що допомагають підвищити ефективність обслуговування суден.

В цілому, стаття надає поглиблене розуміння методів і структур систем моніторингу, які можуть бути використані для вдосконалення системи технічного обслуговування вантажних суден. Ці розробки є важливими для галузі водного транспорту та сприятимуть покращенню безпеки та надійності судноплавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Parida, A. (2006). Maintenance performance measurement system: application of ICT and e-maintenance concepts.
2. Zhou, Y., Kou, G., & Ergu, D. (2014). Analysing Operating Data to Measure the Maintenance Performance. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(2), 251–263. <https://doi.org/10.1002/qre.1584>
3. Ketonen, M., & Marttinen, A. (2001). Real-Time Control performance monitoring as a tool for remote maintenance service. *IFAC Proceedings Volumes*, 34(9), 41–46. [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)41679-x](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)41679-x)
4. Tsang, A., Jardine, A., & Kolodny, H. F. (1999). Measuring maintenance performance: a holistic approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(7), 691–715. <https://doi.org/10.1108/01443579910271674>
5. Samat, H.A., Kamaruddin, S., & Azid, I.A. (2011). Maintenance Performance Measurement: A Review.
6. Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z., & Sharp, J. M. (2001). A framework for managing maintenance using performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2), 173–195. <https://doi.org/10.1108/01443570110358521>

7. Amoedo, M., & Modarres, M. (2006). A structured methodology for identifying performance metrics and monitoring maintenance effectiveness. *Proceedings of Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS '06)*. <https://doi.org/10.1109/rams.2006.1677381>
8. Pintelon, L., & Van Puyvelde, F. (1997). Maintenance performance reporting systems: some experiences. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(1), 4–15. <https://doi.org/10.1108/13552519710161508>
9. Kumar, U. (2008). Development and implementation of Maintenance Performance Measurement System: Issues and challenges. In *Springer eBooks* (pp. 738–743). https://doi.org/10.1007/978-1-84628-814-2_78
10. Golovan, A., Honcharuk, I., Deli, O., Kostenko, O., & Nykyforov, Y. (2021). System of Water Vehicle Power Plant Remote Condition Monitoring. *IOP Conference Series*, 1199(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1199/1/012049>
11. Golovan, A., Gritsuk, I., Rudenko, S., Saravas, V., Shakhov, A., & Shumylo, O. (2019). Aspects of Forming the Information V2I Model of the Transport Vessel. In *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. <https://doi.org/10.1109/mees.2019.8896595>
12. Golovan, A., Gritsuk, I., and Honcharuk, I., “Reliable Ship Emergency Power Source: A Monte Carlo Simulation Approach to Optimize Remaining Capacity Measurement Frequency for Lead-Acid Battery Maintenance,” *SAE Int. J. Elect. Veh.* 13(2):2024, doi:10.4271/14-13-02-0009 <https://doi.org/10.4271/14-13-02-0009>
13. The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling. (2021). In *Elsevier eBooks*. <https://doi.org/10.1016/c2019-0-00129-x>
14. Kister, T. C., & Hawkins, B. L. (2006). Metrics: Measuring Planning and Scheduling Performance. *Maintenance Planning and Scheduling*. <https://doi.org/10.1016/b978-075067832-2/50012-4>
15. Lazakis, I., Dikis, K., Michala, A. L., & Theotokatos, G. (2016). Advanced Ship Systems Condition Monitoring for Enhanced Inspection, Maintenance and Decision Making in Ship Operations. *Transportation Research Procedia*, 14, 1679–1688. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.133>
16. Lazakis, I., Turan, O., & Aksu, S. (2010). Increasing ship operational reliability through the implementation of a holistic maintenance management strategy. *Ships and Offshore Structures*, 5(4), 337–357. <https://doi.org/10.1080/17445302.2010.480899>
17. Golovan, A., Gritsuk, I., Kurtsev, M., Ischuka, O., & Vrublevskyi, R. (2020). Aspects of remote monitoring of the transport vessel under operating conditions. In *Lecture notes in intelligent transportation and infrastructure*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6_37
18. Golovan, A., Gritsuk, I., Honcharuk, I. (2023). Principles of transport means maintenance optimization: equipment cost calculation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 077 – 084. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-5/077>

REFERENCES

1. Parida, A. (2006). Maintenance performance measurement system: application of ICT and e-maintenance concepts.
2. Zhou, Y., Kou, G., & Ergu, D. (2014). Analysing Operating Data to Measure the Maintenance Performance. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(2), 251–263. <https://doi.org/10.1002/qre.1584>
3. Ketonen, M., & Marttinen, A. (2001). Real-Time Control performance monitoring as a tool for remote maintenance service. *IFAC Proceedings Volumes*, 34(9), 41–46. [https://doi.org/10.1016/s1474-6670\(17\)41679-x](https://doi.org/10.1016/s1474-6670(17)41679-x).

4. Tsang, A., Jardine, A., & Kolodny, H. F. (1999). Measuring maintenance performance: a holistic approach. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(7), 691–715. <https://doi.org/10.1108/01443579910271674>.
5. Samat, H.A., Kamaruddin, S., & Azid, I.A. (2011). Maintenance Performance Measurement: A Review.
6. Kutucuoglu, K. Y., Hamali, J., Irani, Z., & Sharp, J. M. (2001). A framework for managing maintenance using performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(1/2), 173–195. <https://doi.org/10.1108/01443570110358521>.
7. Amoedo, M., & Modarres, M. (2006). A structured methodology for identifying performance metrics and monitoring maintenance effectiveness. *Proceedings of Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS '06)*. <https://doi.org/10.1109/rams.2006.1677381>.
8. Pintelon, L., & Van Puyvelde, F. (1997). Maintenance performance reporting systems: some experiences. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(1), 4–15. <https://doi.org/10.1108/13552519710161508>.
9. Kumar, U. (2008). Development and implementation of Maintenance Performance Measurement System: Issues and challenges. In *Springer eBooks* (pp. 738–743). https://doi.org/10.1007/978-1-84628-814-2_78.
10. Golovan, A., Honcharuk, I., Deli, O., Kostenko, O., & Nykyforov, Y. (2021). System of Water Vehicle Power Plant Remote Condition Monitoring. *IOP Conference Series*, 1199(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1199/1/012049>.
11. Golovan, A., Gritsuk, I., Rudenko, S., Saravas, V., Shakhov, A., & Shumylo, O. (2019). Aspects of Forming the Information V2I Model of the Transport Vessel. In *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. <https://doi.org/10.1109/mees.2019.8896595>.
12. Golovan, A., Gritsuk, I., and Honcharuk, I., “Reliable Ship Emergency Power Source: A Monte Carlo Simulation Approach to Optimize Remaining Capacity Measurement Frequency for Lead-Acid Battery Maintenance,” *SAE Int. J. Elect. Veh.* 13(2):2024, doi:10.4271/14-13-02-0009 <https://doi.org/10.4271/14-13-02-0009>.
13. *The Handbook of Reliability, Maintenance, and System Safety through Mathematical Modeling*. (2021). In *Elsevier eBooks*. <https://doi.org/10.1016/c2019-0-00129-x>.
14. Kister, T. C., & Hawkins, B. L. (2006). Metrics: Measuring Planning and Scheduling Performance. *Maintenance Planning and Scheduling*. <https://doi.org/10.1016/b978-075067832-2/50012-4>.
15. Lazakis, I., Dikis, K., Michala, A. L., & Theotokatos, G. (2016). Advanced Ship Systems Condition Monitoring for Enhanced Inspection, Maintenance and Decision Making in Ship Operations. *Transportation Research Procedia*, 14, 1679-1688. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.133>.
16. Lazakis, I., Turan, O., & Aksu, S. (2010). Increasing ship operational reliability through the implementation of a holistic maintenance management strategy. *Ships and Offshore Structures*, 5(4), 337–357. <https://doi.org/10.1080/17445302.2010.480899>.
17. Golovan, A., Gritsuk, I., Kurtsev, M., Ischuka, O., & Vrublevskiy, R. (2020). Aspects of remote monitoring of the transport vessel under operating conditions. In *Lecture notes in intelligent transportation and infrastructure*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39688-6_37.
18. Golovan, A., Gritsuk, I., Honcharuk, I. (2023). Principles of transport means maintenance optimization: equipment cost calculation. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), 077 – 084. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-5/077>.

Golovan A.I.**FEATURES OF THE MODELING METHODOLOGY AND INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE EFFICIENCY OF THE CARGO SHIP MAINTENANCE SYSTEM**

The article explores enhancing maintenance systems for cargo ships. It examines recent research and publications revealing the necessity of monitoring maintenance system effectiveness and employing information and communication technologies to upgrade ship maintenance.

The purpose of this study is to establish and validate a methodology for modeling and constructing an information system to monitor the maintenance system's efficiency on cargo ships. The objective of the article is to create a comprehensive approach for modeling and constructing an information system that observes the maintenance system's performance as a component of an intelligent maintenance system's parameter management plan, utilizing the analytical center ShipDiMRO. The study examines systems that monitor the performance of maintenance systems for cargo ships. Whether equipped with an integrated CANopen network or not, these systems will be analyzed.

The ultimate goal of this research is to enhance the maintenance systems of cargo ships through effective monitoring, providing the ability to control for technical issues, plan maintenance, and detect malfunctions promptly.

The article presents a modeling methodology for monitoring cargo ship maintenance efficiency. The text explains the monitoring system structures and offers recommendations for their implementation. The conclusion emphasizes the importance of performance measurement for efficient maintenance. The study demonstrates the significance of utilizing various approaches in data analysis and technology application to ensure the system's reliability and efficiency. The research methodology relies on analyzing information flows and implementing information and communication technologies to guarantee dependable monitoring and control of maintenance effectiveness for cargo vessels.

Keywords: *monitoring, maintenance, cargo ships, efficiency, information technology, data analysis.*

УДК 621.396:629.564.7

doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.04

Давидов В.С., Кліндухова В.М., Ляшко О.В., Любарець І.О.

**ПРО СТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РУХУ ВЕЛИКОГАБАРИТНОГО
КОНТЕЙНЕРНОГО СУДНА У МІЛКОВОДНОМУ СТИСНУТОМУ РАЙОНІ В
СКЛАДНИХ НАВІГАЦІЙНО-ГІДРОГРАФІЧНИХ І ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ
УМОВАХ ПЛАВАННЯ**

У статті обговорюється проблема забезпечення навігаційної безпеки плавання великогабаритних контейнеровозів в умовах складних навігаційно-гідрографічних та гідрометеорологічних умов. Автори вказують на те, що впровадження електронних картографічних навігаційних систем (ЕКНІС) і глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) не призвело до значного зниження аварійності суден, зокрема при посадках на мілини. Розглядаються об'єктивні чинники, які в суттєвій мірі ускладнюють безпечне плавання великогабаритних суден, включаючи обмеження по експлуатації головної енергетичної установки і морехідні характеристики. Наявність великої вітрильності також ускладнює утримання суден на курсі. Конструктивні особливості суден, такі як довгий гальмівний шлях і