

УДК 004.891

DOI <https://doi.org/10.32782/IT/2024-3-18>

Марина ФАЛЕНКОВА

старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, вул. 68 Десантників 10, Миколаїв, Україна, 54000

ORCID: 0000-0001-7797-0142

Scopus Author ID: 57222762475

Бібліографічний опис статті: Фаленкова, М. (2024). Модернізація аварійно-попереджувальних систем суден шляхом інтеграції експертної системи підтримки прийняття рішень. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 3, 169–179, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-3-18>

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВАРІЙНО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМ СУДЕН ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Мета роботи полягає у детальному вивченні та розробці ефективних методів і моделей для швидкої діагностики та усунення несправностей в електричних системах автоматизації суден. Зокрема, досліджується процес побудови дерев відмов і дерев рішень для ідентифікації дефектів у специфічних об'єктах діагностики та їх структурних одиницях, з акцентом на підвищення швидкості та точності виявлення несправностей. **Методологія.** У дослідженні використано інтегрований підхід до аналізу систем діагностики, що включає застосування сучасних методів побудови дерев відмов і дерев рішень. Пропонується новаторська система підтримки прийняття рішень (СППР), яка дозволяє підвищити ефективність процесів пошуку несправностей за рахунок використання математичних моделей. У дослідженні також здійснено систематизацію основних суб'єктивних та об'єктивних факторів, які впливають на час, що витрачається на відновлення системи після виявлення несправностей. Обґрунтовано необхідність переходу від паперової документації до електронної з використанням сучасних експертних систем, що значно прискорює та полегшує процеси технічного обслуговування.

Наукова новизна роботи полягає у впровадженні нового підходу до підвищення ефективності аварійно-попереджувальних систем (АПС) суден завдяки використанню СППР, що базується на нових математичних моделях для діагностики несправностей. Впроваджена СППР дозволяє значно скоротити час на пошук несправностей, підвищити точність діагностики та знизити вплив людського фактора, що є критичним для забезпечення безпеки та стабільної роботи суднових систем.

Висновки. Результати дослідження свідчать, що удосконалення аварійно-попереджувальних систем суден через впровадження СППР може суттєво покращити рівень безпеки та ефективності експлуатації суден. СППР не лише знижує ризики, пов'язані з технічними несправностями суднового обладнання, але й мінімізує можливі фінансові втрати, які можуть виникнути внаслідок аварійних ситуацій. Використання математичних моделей та алгоритмів для діагностики несправностей забезпечує швидке і точне реагування на аварійні ситуації, що є ключовим для безпечної експлуатації суден в умовах сучасного морського транспорту.

Ключові слова: автоматизовані системи судна, експертна система, система підтримки прийняття рішень, об'єкт діагностики, пристрої електроавтоматики, складна технічна система, оператор, система моніторингу тривоги.

Maryna FALENKOVA

Senior Lecturer at the Department of Software Engineering, Petro Mohyla Black Sea National University, 10, 68-Desanynykiv Str., Mykolaiv, Ukraine, 54003, marynakotova@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7797-0142

Scopus Author ID: 57222762475

To cite this article: Falenkova, M. (2024). Modernizatsiia avariino-poperedzhuvalnykh system suden shliakhom intehratsii ekspertnoi systemy pidtrymky pryiniattia rishen [Modernization of ship emergency warning systems by integrating an expert decision support system]. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, 3, 169–179, doi: <https://doi.org/10.32782/IT/2024-3-18>

MODERNIZATION OF SHIP EMERGENCY ALARM SYSTEMS BY INTEGRATION OF AN EXPERT DECISION SUPPORT SYSTEM

Purpose of study is to thoroughly investigate and develop efficient methods and models for the rapid diagnosis and troubleshooting of electrical systems in ship automation. The research focuses on the construction of fault trees and decision trees for defect identification in specific diagnostic objects and their structural units, with an emphasis on improving the speed and accuracy of fault detection. **Methodology.** An integrated approach was applied to analyze diagnostic systems, including the use of advanced methods for building fault trees and decision trees. A novel Decision Support System (DSS) is proposed, which enhances the efficiency of fault detection processes through the application of mathematical models. The study also systematizes the key subjective and objective factors that influence the time required for system recovery after faults are detected. The need for a shift from paper-based to electronic maintenance documentation, utilizing modern expert systems, is substantiated as a crucial step for accelerating and facilitating maintenance processes.

Scientific novelty of the work lies in the introduction of a new approach to improving the efficiency of ship emergency warning systems (EWS) through the use of a DSS based on innovative mathematical models for fault diagnostics. The implemented DSS significantly reduces the time required for fault detection, improves diagnostic accuracy, and minimizes the impact of human factors, which is critical for ensuring the safety and reliability of ship systems.

Conclusions. The results of the study indicate that enhancing ship emergency warning systems through the implementation of a DSS can substantially improve the safety and operational efficiency of ships. The DSS not only reduces risks associated with technical malfunctions of ship equipment but also minimizes potential financial losses that may arise from emergency situations. The use of mathematical models and algorithms for fault diagnostics ensures quick and accurate responses to emergencies, which is crucial for the safe operation of ships in modern maritime transport conditions.

Key words: automation devices, decision support system, expert system, diagnostic object, electromechanical complex technical system, operator, ship automated systems, alarm monitoring system.

Аналіз досліджень і публікацій. Сучасні електронні технології знайшли широке застосування у сфері навігації. Водночас ускладнення конфігурації електрообладнання, збільшення його кількості та широке впровадження інтегрованої автоматизації на кораблях неминує призводить до збільшення кількості відмов судових систем. Досвід експлуатації складних технічних систем показує, що основна частина часу витраченого на відновлення роботи пристроїв електроавтоматики (ЕАД), припадає на пошук дефектів. Актуальність статті полягає у необхідності знайти рішення для зменшення негативного впливу так званого «людського фактора» при експлуатації та технічному обслуговуванні судового обладнання, що зазначено у резолюції ІМО А.884(21). Включаючи, потребу в підвищенні безпеки екіпажу, а також збільшення експлуатаційного періоду електрообладнання суден.

Аналіз наукових праць показав, що багато дослідників вивчали проблему прогнозування і передбачення відмов систем суден. Розроблені та впроваджені методи допомогли знизити кількість відмов електрообладнання. Однак недоліком такого підходу є відсутність координації дій оператора при фактичній відмові, що може призвести до катастрофічних наслідків.

Принципи розробки експертних систем були описані ще в наукових працях А. Брукінга (Брукінг, 1980), К. Нейлора (К. Нейлор, 1991) та інших. Використання сучасних технологій

у розробці інтелектуальних систем досліджували Р. Баженов і Д. Лопатін (Баженов, Лопатін, 2014). Також існує низка праць, що розглядають підходи до формування експертних груп. У роботах (Коваленко, Давиденко, Швед, 2019) запропоновано підхід, що дозволяє виділити групи експертів із «близькими» думками, проаналізувати їх з метою розробки фінальної (групової) оцінки, яка враховує думки (аргументи) кожного експерта. Б. Палюх та інші розглядали інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень для управління складними об'єктами з використанням динамічних нечітких когнітивних карт (Палюх, Какатунова, Багузова, 2013). У дослідженнях Інституту електроенергетики США в галузі розробки та використання експертних систем особливу увагу приділено трьом основним напрямкам: управління, діагностика обладнання та інформаційна підтримка. Досвід розробок зарубіжних вчених описано в роботах (Морено, Еспехо, 2015; Ліберато, 2015).

На даний час використовується і розробляється багато інформаційних систем, методів та інструментів для моніторингу та діагностики технічного стану електрообладнання (Крайник, Давиденко, Томаш, 2019, с. 258–262). Аналіз їх ефективності показує, що, поряд із багатьма конкретними перевагами, вони мають декілька недоліків (Афромєєв, 2013). Як правило, це методи вилучення інформації з досить великої кількості контрольних точок. У такому разі процес діагностики включає реалізацію

розгалужених алгоритмів, складність яких зростає із збільшенням розмірів діагностованого електричного кола.

Постановка проблеми. Процес усунення несправностей є найскладнішим під час ремонту електрообладнання. Щоб показати можливу кількість часу, витраченого на пошук і ремонт, був проведений експеримент на одному з контейнеровозів компанії Mediterranean Shipping Company (MSC) – судні MSC «LETIZIA». Ми використовували архівний журнал системи моніторингу тривог Kongsberg K-Chief 600, яка встановлена на контейнеровозі MSC «LETIZIA», побудованому у 2015 році. Загальна кількість параметрів, які контролюються AMS, складає 3410 одиниць (Консберг, 2013).

Дані про несправності судна, зафіксовані у судовому журналі протягом шести місяців, були умовно поділені за рівнем складності систем, у яких вони виникали, і підсумовані в таблиці, показаній у Таблиці 1. Метою

експерименту було підрахувати середню кількість можливих причин цих несправностей, а також кількість можливих способів їх усунення та час, витрачений на їх усунення.

Загальна кількість несправностей, зафіксованих системою AMS за шість місяців. Початкові дані з журналу зведені у таблицю 2.

На основі отриманих даних ми будуємо варіаційний ряд спостережень за кількістю несправностей, що відбулися протягом шести місяців на судні, та кількістю їх можливих причин. Знайдемо відносну частоту подій за шість місяців W_i для кожного рівня складності систем.

$$W_i = \frac{N_i}{n}, \quad (1)$$

де N_i – кількість несправностей на даному інтервалі; n – загальна кількість несправностей за шість місяців.

Підставляємо числові дані, отримуємо: $W_1 = 0.05$; $W_2 = 0.235$; $W_3 = 0.367$; $W_4 = 0.321$; $W_5 = 0.027$.

Таблиця 1

Таблиця несправностей системи моніторингу тривог Kongsberg K-Chief 600 на контейнеровозі MSC «LETIZIA»

Прості елементи	Прості системи	Системи середньої складності	Складні системи	Дуже складні системи
1. Pipe Duct BW level high.	1. Ballast valve 061 open fail.	1. SCU 0800 NET COMMERR.	1. Boiler burner swing out.	1. PTG synchronization fails.
2. HFO TK (PS) level high.	2. WBV064 Feedback fail.	2. Bilge water oil content is high.	2. SW cool. pump No.1 inverter abnormal.	2. Elevator abnormal.
...
24. ULS HFO Tk (PS) temp. low.	126. Heating temp. of oil st-by AE 1 too low.	198. Working air compressor fail.	168. EDG common alarm.	12. Bow thruster not operation.
Всього – 26	Всього – 123	Всього – 192	Всього – 168	Всього – 14

Таблиця 2

Таблиця вихідних даних

№	Змінна	Значення	Характеристики
1	M	180	Кількість днів, протягом яких фіксувалися несправності
2	n	523	Середня кількість несправностей за шість місяців
3	m	5	Кількість категорій несправностей за рівнем складності
4	X1	5	Середня кількість можливих причин несправності для простих елементів
5	X2	11	Середня кількість можливих причин несправності для простих систем
6	X3	18	Середня кількість можливих причин несправності для систем середньої складності
7	X4	23	Середня кількість можливих причин несправності для складних систем
8	X5	27	Середня кількість можливих причин несправності для дуже складних систем
9	N1	26	Піврічна середня частота несправностей для простих елементів
10	N2	123	Піврічна середня частота несправностей для простих систем
11	N3	192	Середня частота несправностей за шість місяців для систем середньої складності
12	N4	168	Піврічна середня частота несправностей для складних систем
13	N5	14	Піврічна середня частота несправностей для дуже складних систем

Знайдемо числові параметри: середнє значення і дисперсію.

Вибіркове середнє:

$$\underline{X}_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m N_i * X_i \approx 18 \quad (2)$$

Дисперсія дискретної випадкової величини:

$$D_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (X_i - \underline{X}_B)^2 = 30.12 \quad (3)$$

Стандартне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{30.12} \approx 5 \quad (4)$$

Таким чином, середня кількість можливих причин випадкової несправності, зафіксованої системою AMS, $\underline{X}_B = 18$, зі стандартним відхиленням $\sigma_B = 5$.

Інтервал у межах одного сигма (ймовірність довіри 67%) для цієї випадкової величини становить від 13 до 23 можливих причин. Це означає, що навіть досвідчені електрики часто будуть витрачати досить багато часу на здогадки про причини поломок та їх усунення.

Методи дослідження. Техніка діагностики SAS (Автоматизовані системи корабля) включає ієрархічний принцип пошуку дефектів. На кожному етапі діагностики поступово уточнюється місце знаходження дефекту. Визначається несправний блок (структурно спроектований елемент OOD (об'єкт діагностики), який надіслав повідомлення про помилку). Виявлений блок діагностується з глибиною пошуку до вузла/елемента функціональної схеми тощо. Результатом є діагностика на рівні елемента функціональної схеми з глибиною пошуку до елемента принципової схеми.

Після підтвердження факту збою системи починається період пошуку дефекту. Оскільки

основна частина часу від моменту збою до відновлення працездатності системи витрачається саме на пошук дефекту, ми розглянемо цей період детальніше.

Будь-яку технічну систему можна представити у вигляді дерева відмов, показаного на Рисунку 1.

На першому етапі реєструється факт відмови конкретної корабельної системи. Завдання спеціаліста, відповідального за працездатність систем – повернути систему зі стану несправності до робочого стану.

На другому етапі об'єкт діагностики умовно розбивається на його складові частини – структурні одиниці (SU), з'єднані послідовно. Для графічного подання SU зазвичай використовуються моделі OOD у вигляді структурних, функціональних, електромонтажних і принципових схем. Кожна SU може бути окремим модулем, блоком, вузлом, сектором тощо.

Спеціаліст обирає стратегію подальшого пошуку дефекту, тобто якими методами буде локалізовано несправність в конкретній SU. Існує три методи:

1. **Послідовний метод пошуку** – пошук дефекту здійснюється шляхом вимірювання сигналу в контрольних точках по черзі від однієї SU до іншої. Вихідний сигнал кожної SU перевіряється. Найбільш зручними моделями для вибору контрольних точок є принципові та структурні схеми OOD.

2. **Паралельний метод пошуку** – OOD розділяється на дві рівні або майже рівні частини при кожній перевірці, якщо кількість SU у OOD є парною або непарною.

3. **Комбінований метод пошуку** – комбінація послідовного і паралельного методів.

Універсальні алгоритми пошуку несправної SU представлені на Рисунку 2, де:

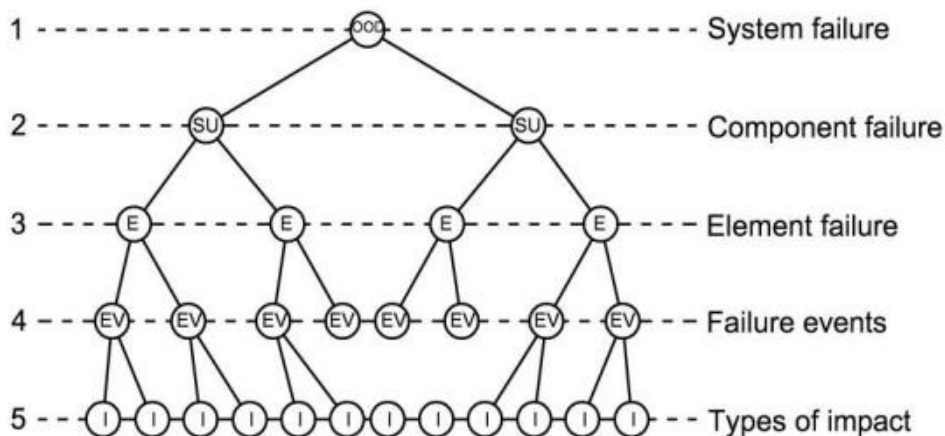


Рис. 1. Умовна схема побудови дерева відмов корабельної системи

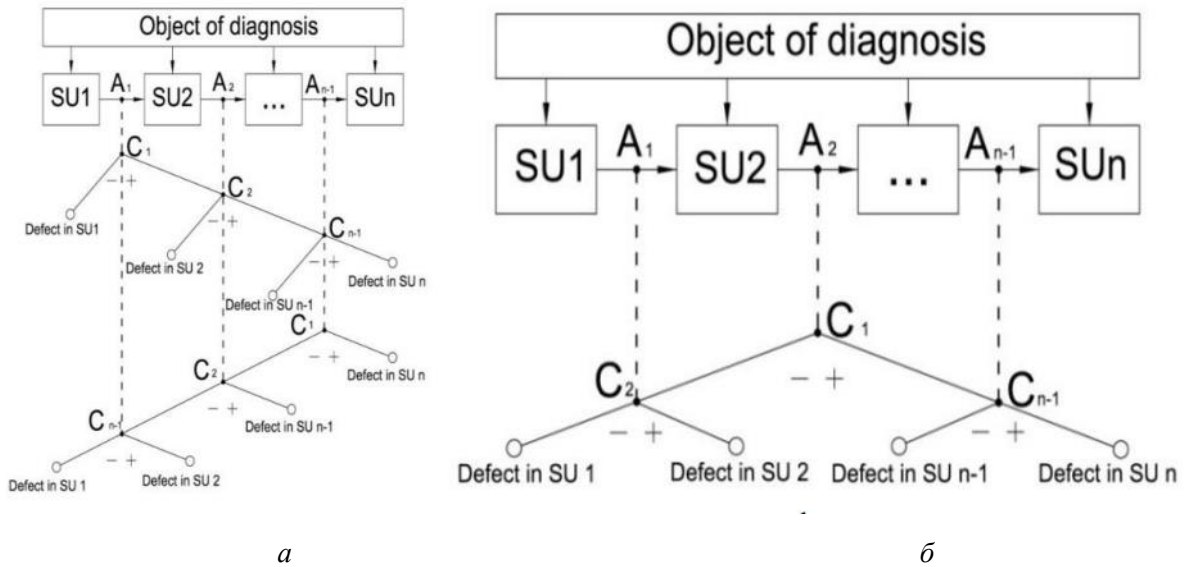


Рис. 2. Універсальні алгоритми пошуку дефектних SU:
а – послідовним методом, б – паралельним методом

SU_1, SU_2, SU_n – структурні одиниці об'єкта діагностики.

A_1, A_2, A_{n-1} – контрольні точки (вихідні сигнали з кожної SU).

C_1, C_2, C_{n-2} – перевірки.

n – порядковий номер SU у схемі.

Послідовність перевірок під час пошуку дефекту представлена у вигляді графа (дерева), де вершини – це перевірки, а гілки вказують напрям переходу в залежності від результату перевірки, кінцеві вершини – це виявлені дефекти.

Перевірка дефекту в SU може проводитися двома способами: з початку до кінця і з кінця до початку.

Наприклад, для OOD, що складається з 4 структурних одиниць ($n = 4$), пошук виконується (див. Рис. 2): а) *послідовним методом*.

У першому випадку необхідно перевірити C_1 у точці A_1 . Якщо сигнал знаходиться в допустимих межах, тоді перевірка C_2 повинна бути виконана у точці A_2 , що визначить стан SU_2 . Якщо результат перевірки негативний, дефект знаходиться у структурній одиниці. Якщо результат позитивний, необхідно виконати перевірку у наступній точці.

У другому випадку (з кінця до початку), якщо результат перевірки C_1 у точці A_{n-1} негативний, наступну перевірку C_2 слід виконати у точці A_{n-2} (A_2). Якщо результат позитивний, дефект знаходиться у SU_{n-1} ; якщо результат негативний, виконується наступна перевірка.

В результаті послідовності перевірок пошук призводить до певного стану, що відповідає виявленню несправної SU.

б) *паралельним методом*.

Перша перевірка C_1 виконується у точці A_2 . Якщо результат негативний, наступна перевірка C_2 виконується у точці A_1 , що дозволяє визначити місце дефекту (SU_1 або SU_2). В іншому випадку, перевірка C_{n-1} призначається у точці A_{n-1} ; це дозволяє визначити дефект у CE_{n-1} або CE_n .

На третьому етапі усунення несправності для дефектної SU будується дерево рішень. Для складання алгоритму пошуку дефекту у вигляді дерева рішень використовуються моделі OOD принципових схем, електромонтажних схем і схем з'єднань. SU розбивається на окремі взаємопов'язані вузли або прості елементи, і кожен з них перевіряється (див. Рисунок 3).

Алгоритм пошуку дефекту в SU являє собою дерево рішень у вигляді послідовних перевірок вузлів та елементів цієї SU. Перевірки виконуються різними методами в залежності від рішення оператора. Найбільш використовувані методи для перевірки ймовірних дефектів: зовнішній огляд, прозвонка, оцінка експлуатаційних даних, порівняння з робочим блоком, моделювання, тимчасова модифікація схеми, метод заміни, перевірка робочого режиму елемента, провокаційні впливи.

Для типових несправностей використовуються таблиці дефектів OOD. Після виявлення дефекту в SU починається четвертий етап аналізу причин. Визначається подія, яка призвела до дефекту цього елемента. Це може бути поганий контакт, корозія, окислення,

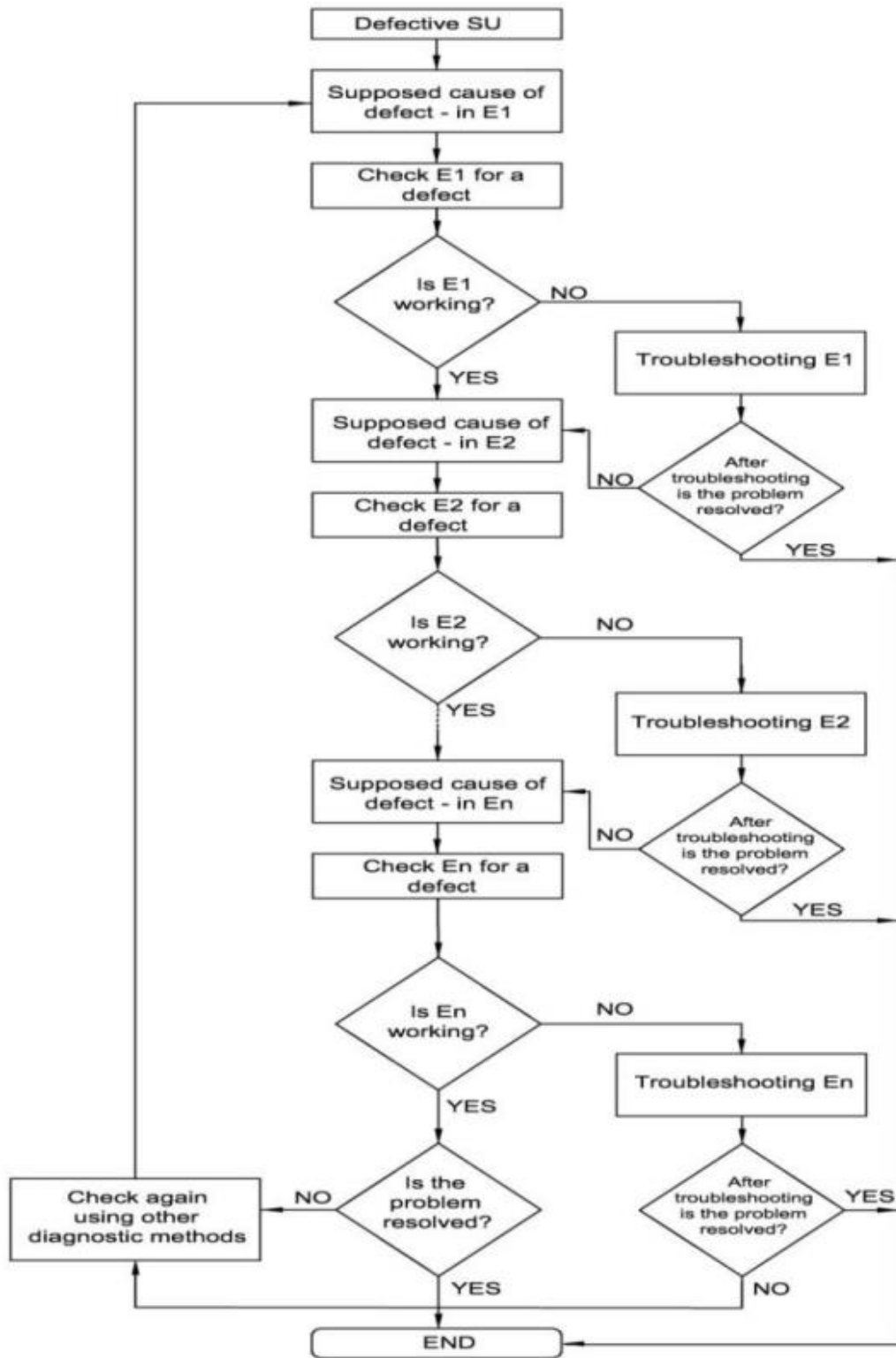


Рис. 3. Універсальний алгоритм пошуку дефектів в SU у вигляді дерева рішень

пробій ізоляції, стрибки напруги, перевантаження струму, дефект матеріалу тощо. Після усунення події, що призвела до відмови елемента, починається фінальний етап. На останньому етапі визначаються та усуваються види впливу, які сприяли виникненню події, що

викликала відмову елемента OOD. Найпоширеніші типи впливу: температура, вологість, вібрація, механічні навантаження, електромагнітне керування, пил тощо.

Реалізація. Запропонована система буде побудована на основі знань, які включають

досвід експертів у галузі ремонту та усунення несправностей. База знань формується на основі експертних оцінок (експерти – це електрики з досвідом роботи не менше 5 років, а також суперінтенданти кріюнгових компаній з таким же досвідом). Система використовує підхід, який реалізує завдання розділення інформації, що зберігається в загальній базі даних, і безпосередньо в базі знань (набір таблиць рішень).

Для реалізації цього підходу використовуються змінні зв'язку (з'єднувальні таблиці). За допомогою цих таблиць зв'язку змінна з бази знань пов'язується з даними, що зберігаються у загальній базі даних обладнання, та готовими алгоритмами усунення несправностей.

Блок-схема експертної системи показана на Рисунку 4.

База знань включає знання та оцінки експертів щодо несправностей, а також бази даних зі структурними схемами, принциповими схемами елементів та компонентів, а також алгоритмами усунення несправностей.

Заповнення відбувається на основі суднових журналів. Фіксується кількість несправностей, виявлених системою APS для суден типу контейнеровоз. Для введення у базу даних несправності ранжуються за рівнем складності. Усі записи передаються до кріюнгової компанії суперінтендантом. База даних заповнюється на основі даних журналів, зібраних з усіх суден кріюнгу протягом усього періоду експлуатації.

Кінцевим продуктом є програмне забезпечення, яке надає оператору повну, але не

надмірну інформацію про необхідну несправність, а також чітку послідовність дій для її швидкого усунення. На Рисунку 5 показані деякі вікна запропонованої експертної системи:

Операція прийняття рішення в експертній системі електрика судна виглядає так: зареєстрована помилка системи AMS вводиться у вікно системи. Користувач отримує усю необхідну документацію на блок, що видав сигнал помилки, а також набір стратегій для усунення несправності.

Висновки. Структурні, схематичні та технологічні варіанти підвищення надійності SAS обмежені, і більшість часу, витраченого обслуговуючим персоналом на відновлення працездатності суднового електрообладнання, витрачається на пошук несправностей. Очевидним способом усунення цих суперечностей є розробка методів, що мінімізують час, необхідний для пошуку та усунення несправностей. Терміни обробки і аналізу судової документації скорочуються на 50%. Використовуючи запроповану систему, час, необхідний для усунення причини несправності скорочується на 25-50%. В результаті впровадження системи отримано значно поліпшення якості прийнятих рішень.

Ця стаття чітко демонструє нагальну необхідність впровадження спеціальних інформаційних експертних систем, які при низькій кваліфікації обслуговуючого персоналу та низькій ефективності контролю об'єктів діагностики можуть швидко здійснювати пошук дефектів у несправній судовій системі.

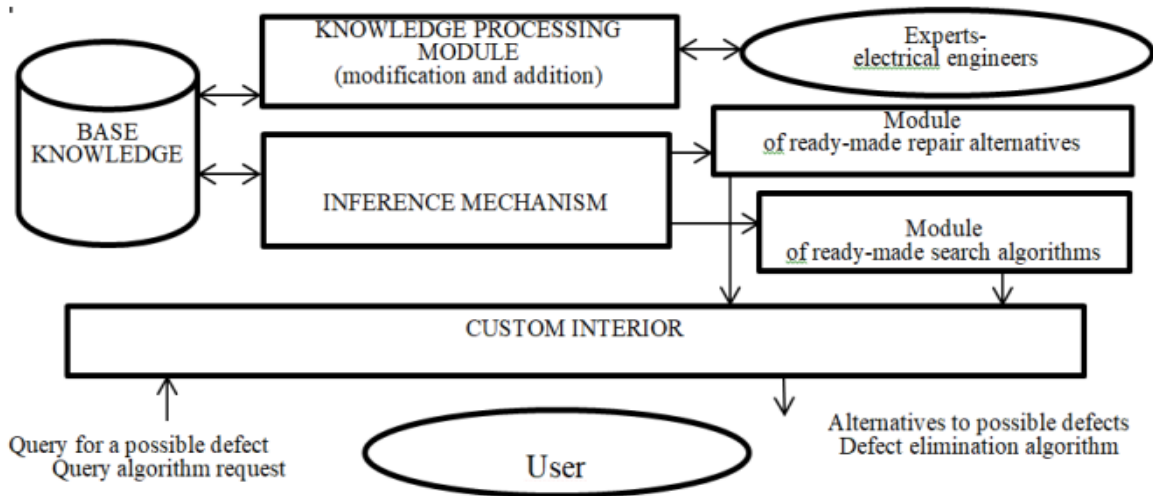


Рис. 4. Блок-схема експертної системи

filter by like value to filter

id	name	level	group_name	e...	d...
2	Aux. Engine #1	Very complex system	Generators		
3	Aux. Engine #2	Very complex system	Generators		
4	Aux. Engine #3	Very complex system	Generators		
5	Aux. Engine #4	Very complex system	Generators		
6	Fresh water generator	Simple system	Aux_System		
7	Emergency Generator	Complex system	Generators		
8	Control Systems	Complex system	Main_Engine		
9	FO system	Medium system	Main_Engine		
10	Air condition system	Complex system	Aux_System		
11	Bilge system	Very simple system	Aux_System		


10 First Prev 1 2 3 Next Last

Рис. 5.1. Сторінка СППР з описом суднових систем

Decision Support System

Info Systems Alarms Reasons Attributes Experts admin

SHIP'S SYSTEM: AIR CONDITION SYSTEM



Location: U-deck, Air Cond. Room

General Information
[Manual Air condition system.pdf](#)

Factory settings for the system
[Factory settings.pdf](#)
[Pages from Air condition system-1](#)
[Pages from Air condition system-3](#)

Alarms & Defects
[Manual Air condition system-1](#)
[Manual Air condition system-2](#)

Electrical diagrams
[Manual Air condition system-1](#)
[Manual Air condition system-2](#)
[Manual Air condition system-3](#)

Power diagrams:




Рис. 5.2. Суднова система кондиціонування повітря

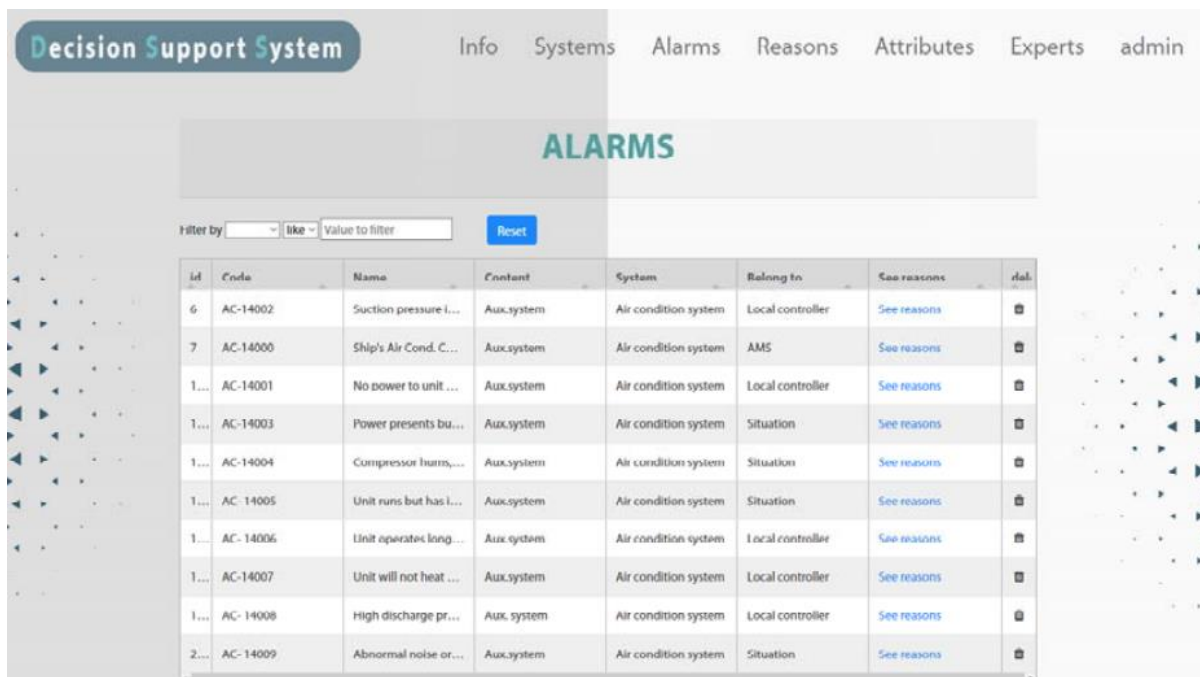


Рис. 5.3. Вікно СППР з описом всіх можливих несправностей суднової системи кондиціонування повітря



Рис. 5.4. Пошук необхідної несправності по конкретній системі

REASONS
SUCTION PRESSURE IS EXCESSIVELY LOW

Find reason:

Priority*	Name	Attrib...	Experts count	Opinion of experts in %	Action
★★★★★	Low refrigerant charge	Attributes	10	<div style="width: 100%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★★☆	Filter-drier partially plugged	Attributes	10	<div style="width: 80%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★★☆	Expansion valve defective	Attributes	10	<div style="width: 40%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★★☆	Liquid solenoid valve not opened	Attributes	10	<div style="width: 10%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★★☆	No evaporator air flow or restricted air flow	Attributes	...	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★★☆	Excessive frost on evaporator coil	Attributes	10	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★★☆	Evaporator fan(s) rotating backwards	Attributes	10	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★☆☆	Discharge pressure regulator valve defective	Attributes	10	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★☆☆	Faulty suction pressure transducer	Attributes	10	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★☆☆	Incorrect software and/or controller configuration	Attributes	10	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>
★★★☆☆	EEV control malfunction	Attributes	10	<div style="width: 5%; height: 15px; background-color: green;"></div>	<input type="button" value="edit"/> <input type="button" value="delete"/>

*1. The coil is not warm if touch it.
2. The valve no click if test it by magnet.
3. No visible Freon flow in sight glass*

Рис. 5.5. Вікно СППР з можливими причинами конкретної несправності

ЛІТЕРАТУРА:

1. Брукінг А., Експертні системи. Принципи роботи і приклади, радіо і зв'язок. 1980.
2. Нейлор К.: Як створити власну експертну систему. Енергоатомиздат. 1991.
3. Баженов Р., Лопатін Д. Про застосування сучасних технологій у розвитку інтелектуальні системи. *Журнал наукових публікацій аспірантів і докторантів*. 2014.
4. Коваленко І., Давиденко Є. та Швед А. Формування узгоджених груп експертних свідчень на основі показників відмінності в теорії доказів. *Праці 14-ї міжнар. Конференція з комп'ютерних наук та інформаційних технологій (CSIT)*. Львів. 2019. С. 113–116. doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929858
5. Швед А., Коваленко І., Давиденко Є. Метод виявлення узгоджених підгруп експертних оцінок у групі на основі мір відмінності в теорії доказів. *Досягнення інтелектуальних систем та обчислень IV. CCSIT*. Том 1080. 2019. С. 36–53. doi: 10.1007/978-3-030-33695-0_4
6. Палюх Б., Какатунова Т., Багузова О. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень для управління складними об'єктами за допомогою динамічних нечітких когнітивних карт, програмних продуктів і систем. *Програмні продукти та системи*. 2013.
7. Морено К., Еспехо Е. Оцінка продуктивності трьох механізмів висновку як експертних систем для ідентифікації режиму відмови у валах, аналіз інженерних відмов. 2015.
8. Ліберато Е. Нова експертна система для визначення компенсаторів якості електроенергії. *Експертні системи. Додатки*. 2015.

9. Крайник Я., Давиденко Є. та Томаш В. Конфігурований вузол керування для бездротової сенсорної мережі. *Матеріали 3-ї міжнародної конференції з передових інформаційних та комунікаційних технологій (AICT)*. Львів. 2019. С. 258–262. doi: 10.1109/AIACT.2019.8847732
10. Афромеев Е. Критерии технической досконалости суден. 2005.
11. Консберг. Стандартна система сигналізації та моніторингу K-Chief 600. 2013.
12. Консберг. Керівництво по встановленню системи морської автоматизації. 2013.

REFERENCES:

1. Brooking, A. (1980). *Expert systems: Principles of work and examples*. Radio and communications.
2. Naylor, K. (1991). *How to build your own expert system*. Energoatomizdat.
3. Bazhenov, R., & Lopatin, D. (2014). On the application of modern technologies in the development of intelligent systems. *Journal of Scientific Publications of Graduate Students and Doctoral Students*.
4. Kovalenko, I., Davydenko, Y., & Shved, A. (2019). Formation of consistent groups of expert evidences based on dissimilarity measures in evidence theory. In *Proceedings of the 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)* (pp. 113–116). Lviv. <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2019.8929858>
5. Shved, A., Kovalenko, I., & Davydenko, Y. (2019). Method of detection of the consistent subgroups of expert assessments in a group based on measures of dissimilarity in evidence theory. In N. Shakhovska & M. Medykovskyy (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing IV* (pp. 36–53). CCSIT. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_4
6. Palyukh, B., Kakatunova, T., & Baguzova, O. (2013). Intelligent decision support system for managing complex objects using dynamic fuzzy cognitive maps. *Software Products and Systems*.
7. Moreno, C., & Espejo, E. (2015). A performance evaluation of three inference engines as expert systems for failure mode identification in shafts. *Engineering Failure Analysis*.
8. Liberado, E. (2015). Novel expert system for defining power quality compensators. *Expert Systems with Applications*.
9. Krainyk, Y., Davydenko, Y., & Tomas, V. (2019). Configurable control node for wireless sensor network. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)* (pp. 258–262). Lviv. <https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847732>
10. Afromeev, E. (2005). *Criteria for the technical excellence of ships*.
11. Kongsberg. (2013a). *Standard K-Chief 600 Alarm and Monitoring System: Marine Automation System Installation Manual*.
12. Kongsberg. (2013b). *Kongsberg K-Chief 500/600 Marine Automation System Installation Manual*.