

рівання ЗВТ. У цьому випадку виміряне значення температури треба знаходити розрахунковим методом за перехідною кривою нагрівання ЗВТ.

8. *Динаміка процесу вимірювання.* При виборі ЗВТ для дослідження нестационарних процесів вимірювання особливу увагу необхідно звертати на динамічні характеристики ЗВТ, які визначаються його показником теплової інерції.
9. *Ресстрація результатів вимірювання.* Похибка реєстрації результатів вимірювання визначається класом точності вимірювального приладу, який характеризує значення його зведеної похибки. Серійні прилади для реєстрації на діаграмній стрічці забезпечують фіксацію результатів з похибкою не більше  $\pm 0,5\%$ . Для зручності контролю і керування технологічними процесами широкого використання набули цифрові вторинні прилади, основна похибка яких не перевищує  $\pm 0,25\%$ .

Основними технологічними чинниками в процесі конструювання та виготовлення ЗВТ є критерії: технологічних можливостей, трудомісткості виготовлення, надійності.

Критерій технологічних можливостей відображає простоту і принципову можливість виготовлення ЗВТ. Кількісно оцінюється коефіцієнтом технологічних можливостей, який змінюється в межах від 0 до 1. Чим він більший, тим довше зберігаються відомі рішення в ЗВТ, тим більшою мірою використовуються покупні й уніфіковані елементи, багаторазово перевірені в роботі та виготовленні. Але необхідно враховувати, що при надмірному захопленні уніфікацією, використанням того, що вже створено і випробувано, неможливо забезпечити зростання рівня показників якості ЗВТ та неможливо лідувати на ринку. Однак це не означає, що необхідно розробляти тільки нові ЗВТ. Зазвичай, потрібного результату можна досягнути під час комбінації відомих рішень з новими, побудованими на сучасних фізичних і технологічних принципах.

*Критерій трудомісткості* виготовлення визначається як відношення сумарної трудомісткості проектування, виготовлення і підготовки до експлуатації ЗВТ до головного показника ефективності технологічного об'єкта, яким може бути його продуктивність, потужність або інший показник.

*Критерій надійності* відображає властивість ЗВТ виконувати свої функції за умови збереження експлуатаційних показників у заданих межах протягом потрібного проміжку часу або необхідного напрацювання. Кількісно критерій надійності оцінюють імовірністю безвідмовної роботи, числом або інтенсивністю відмов, напрацюванням на відмову та іншими.

У процесі конструювання ЗВТ необхідно також враховувати критерій *ергономічності*, який характеризує використання у системі "людина-ЗВТ" фізичних, психологічних та інтелектуальних можливостей людини та критерій *безпеки та екологічності*, який характеризує зовнішній вигляд ЗВТ, його безпеку та здатність не завдавати шкоди людині і навколишньому середовищу.

Правильний вибір технічних і технологічних чинників повинен забезпечити основні технічні та метрологічні характеристики вибраного ЗВТ і технологічність під час його виготовлення в умовах виробництва і забезпечити максимальну пристосованість людини до ЗВТ і умов вимірювання.

*Економічні чинники* необхідно вибирати залежно від особливостей конкретного технологічного об'єкта, на якому проводяться вимірювання темпера-

тури. Основними економічними критеріями можуть бути затрати на придбання ЗВТ, річний економічний ефект, термін окупності та коефіцієнт економічної ефективності.

**Висновки.** Наведено загальні підходи до вибору методу та засобів вимірювання температури промислових технологічних об'єктів з урахуванням основних технічних, технологічних та економічних чинників.

## Література

1. Луцик Я.Т. Енциклопедія термометрії / Я.Т. Луцик, Л.К. Буняк, Ю.К. Рудавський, Б.І. Стадник. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2003. – 428 с.
2. Луцик Я.Т. Вимірювання температури: теорія та практика / Я.Т. Луцик, О.П. Гук, О.І. Лях, Б.І. Стадник. – Львів : Вид-во "Бескид Біт", 2006. – 560 с.
3. Фединець В.О. Вплив захисних екранів термометровуювача на похибку від випромінювання при вимірюванні температури газових потоків / В.О. Фединець // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2003. – № 476. – С. 67-72.

## **Фединец В.А., Фединец А.В. Технико-экономическое обоснование выбора методов и средств измерения температуры технологических объектов**

Предложен комплекс технических, технологических и экономических факторов, которые необходимо учитывать при выборе метода и средств измерения температуры технологических объектов. Правильный выбор комплекса факторов обеспечит основные технические и метрологические характеристики процесса измерения, технологичность при изготовлении средства измерения и достижении необходимых экономических показателей.

**Ключевые слова:** температура, методы и средства измерения температуры, метрологические характеристики.

## **Fedynets V.O., Fedynets O.V. Feasibility study of choice methods and facilities of measuring of temperature of technological objects**

The complex of technical, technological and economic factors which must be taken into account during the choice of method and facilities of measuring of temperature of technological objects is offered in the article. The correct choice of complex of factors will provide basic technical and metrology descriptions of measuring process, technologicalness during making of mean of measuring and achievement of necessary economic indicators.

**Keywords:** temperature, methods and facilities of measuring of temperature, metrology descriptions.

УДК 614.843(075.32)

Доц. О.Е. Васильєва, канд. техн. наук;  
курсант В.В. Палканинець – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

## **АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЇХ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

Проаналізовано сучасний стан прогнозування надійності машин і, зокрема, пожежних автомобілів. Досліджено наявні методи прогнозування надійності пожежних автомобілів для удосконалення та оптимізації процесу їх технічного обслуговування і запобігання цим самим ймовірності виходу з ладу вузлів пожежних автомобілів.

**Ключові слова:** методи прогнозування, надійність, пожежний автомобіль, технічне обслуговування.

**Постановка проблеми.** У наш час в Україні гостро стоїть проблема збільшення ресурсу роботи, зниження трудомісткості і покращення рівня тех-

нічного обслуговування автомобілів. Ці вимоги цілком стосуються і парку пожежних автомобілів. Одним із найголовніших критеріїв ефективності дій оперативно-рятувальних підрозділів є витрачений час на доставку до місця пожежі та тривалість її гасіння. Тому будь-яка затримка на шляху проходження або відмова будь-якої системи пожежного автомобіля під час ліквідації надзвичайної ситуації може призвести до значних збитків, а часто – і до людських жертв.

Прогнозування працездатності пожежних автомобілів – це своєчасне виявлення несправностей, які можуть вплинути на надійність пожежного автомобіля, здійснення необхідних заходів щодо їх усунення та розроблення рекомендацій для підтримання надійності вузлів та пожежних автомобілів у цілому. Тому питання надійності є актуальним у сучасному розвитку машинобудування, зокрема пожежної техніки.

**Метою роботи** є дослідження сучасних методів прогнозування надійності пожежних автомобілів для вдосконалення та оптимізації процесу їх технічного обслуговування і запобігання цим самим ймовірності виходу з ладу вузлів пожежних автомобілів.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Важливість питання забезпечення працездатності і постійної готовності машин зумовила проведення наукових досліджень стосовно обґрунтування методів технічного обслуговування і ремонту. Є праці, які присвячені проблемам якості та вимогам до машин і їх обслуговування [1]. Було визначено чинники та їх вплив на надійність техніки, обґрунтовано заходи, спрямовані на підтримання її працездатності та ефективного використання [2]. Запропоновано методичний підхід до визначення впливу технічного обслуговування машин на підвищення рівня їх безвідмовності та виконано його оцінювання [3]. Також існує методика визначення технічного стану машин з урахуванням випадкового характеру зміни параметра стану [4].

Говорушенко Н.Я. у своїх роботах описав три основних групи методів прогнозування технічного стану автомобіля: методи експертних оцінок, методи моделювання та статистичні методи. Разом з традиційними методами прогнозування, відомими з теорії надійності машин та конструкцій (статистичний аналіз навантажень, впливів і механічних властивостей, обґрунтування вибору розрахункових навантажень та їх поєднань, методологія визначення коефіцієнта запасу), також розвиваються нові методи прогнозування. Серед них методологія оцінки надійності й залишкового (безпечного) терміну служби технічного об'єкта з метою ухвалення рішень про його подальшу експлуатацію, методи прогнозування надійності за розрахунковими схемами, максимально наближеними до реальних об'єктів [5].

Крім цього, проблеми надійності свого часу досліджувало багато відомих вчених, серед яких Д.М. Решетов, Т.І. Рибак та О.С. Проніков, А.В. Ашеулов. Завдяки їхнім працям у галузь машинобудування було впроваджено безліч методів підвищення та забезпечення надійності вузлів машин і технічних систем [6]. На сьогодні не виявлено даних щодо методик для прогнозування надійності пожежних автомобілів загалом, а не окремих вузлів з використання методу статистичного моделювання та основних положень планово-попереджувального ремонту (ППР).

**Виклад основного матеріалу.** Пожежні автомобілі, на відміну від звичайних транспортних засобів, експлуатуються у жорсткіших умовах, а під час гасіння пожеж – в екстремальних. Це відображається на характері змін їх технічного стану. Під час експлуатації транспортних засобів безперервно відбуваються процеси, які призводять до зниження, а в деяких випадках – і до втрати їх працездатності, причому для пожежних автомобілів ці процеси можуть протікати більш інтенсивно [7].

Щоб спрогнозувати надійність пожежного автомобіля насамперед треба проаналізувати якісну оцінку відмов його вузлів і агрегатів. Основними причинами відмов є низька якість матеріалів і комплектуючих, недосконалість технології виробництва і низька культура експлуатації. Через нестабільне економічне становище нерідко доводиться використовувати не оригінальні матеріали, а заміники, для того щоб забезпечити один із принципів організації виробничого процесу – безперервність.

Нерідко заміники здешевлюють конструкцію загалом, що, зазвичай, спочатку позитивно відображається на собівартості з погляду споживача. Усе це відбувається тому, що гарантія не враховує тимчасових труднощів, пов'язаних з безперервністю виробничого процесу. Питання про прогнозування навантажень, що виникають у період експлуатації, з урахуванням заміни можна віднести до найбільш складних. Динамічні навантаження, що впливають на втому матеріалу, можуть передчасно вивести машину з ладу.

З погляду надійності [8], заміни матеріалів необхідно проводити з метою досягнення граничного ресурсу чи забезпечення рівномірності виробу (усі елементи машини повинні вийти з ладу приблизно в один період часу і не піддаватися ремонту). Як видно, заміни з погляду надійності не мають нічого спільного із замінами у сучасному технологічному процесі.

Отже, передусім варто вести мову про відповідний рівень надійності на етапі виробництва. Оскільки, зазвичай, кількісні та якісні показники відмов напряму залежать від специфіки виробництва. Тут доцільно ввести обмеження відносно якості відмов: рекламації з випадання осей сателітів, випадання ступорних кілець та інших відмов, пов'язаних із відхиленнями від конструкторсько-технологічної документації. Також для прогнозування поведінки пожежного автомобіля, як складної системи, успішно можна застосовувати метод статистичного моделювання (статистичних випробувань), який отримав назву методу Монете-Карло.

Основна ідея цього методу полягає в багаторазовому розрахунку параметрів за формалізованою схемою, що є математичним описом цього процесу (в нашому випадку – процесу втрати працездатності (1)).

$$P(T) = 0,5 + \Phi \left[ \frac{x_{\max} - \gamma_{\text{сер}} T}{T \sigma_x} \right]. \quad (1)$$

Нехай зміна вихідного параметра  $X$  залежить від зношування  $U$  одного з елементів виробу, тобто  $X=F(U)$ , де  $F$  – відома функція, що залежить від конструктивної схеми виробу. Прийmemo, що зношування пов'язане з питомим тиском  $p$  і швидкістю ковзання пари тертя  $v$  степеневу залежністю  $U=kp^{m_1}v^{m_2}t$ ,

де коефіцієнти  $m_1$  і  $m_2$  відомі (наприклад, з випробувань матеріалів пари). Коефіцієнт  $k$  оцінює зносостійкість матеріалів і умови роботи спряження (змащення, захаращення поверхонь).

При цьому для випадкових параметрів, що входять у формули, перебираються найбільш вірогідні їх значення відповідно до закону розподілу.

Таким чином, кожне статистичне "випробування" полягає у виявленні однієї з реалізацій випадкового процесу, оскільки підставляючи, хоча і випадковим чином, вибрані, але зафіксовані аргументи, отримуємо детерміновану залежність, яка описує цей процес за прийнятих умов. Багаторазово повторюючи випробування по даній схемі (що практично можливо в складних випадках лише зі застосуванням ЕОМ), отримуємо велике число реалізацій випадкового процесу, яке дасть змогу оцінити хід цього процесу і його основні параметри.

Особливу увагу під час прогнозування надійності виробів із застосуванням методу статистичного моделювання приділяють розподілу Вейбулла. Це досить універсальний розподіл напрацювання об'єктів до відмови, тому що охоплює шляхом варіації параметрів широкий діапазон випадків. Розподіл Вейбулла описує напрацювання об'єктів у період нормальної експлуатації і деградаційних відмов. Густина розподілу Вейбулла:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (2)$$

де:  $a$  – параметр масштабу;  $b$  – параметр форми.

Графіки функцій густини розподілу Вейбулла наведено на рис., якщо  $b=1$ , то розподіл Вейбулла перетворюється в експоненціальний з параметром  $\lambda=1/a=const$ . Якщо  $b=1$ , то розподіл Вейбулла перетворюється у розподіл Релля з лінійною функцією інтенсивності відмов (рис.) і якщо  $b=3,3$ , то розподіл Вейбулла стає близьким до нормального розподілу.

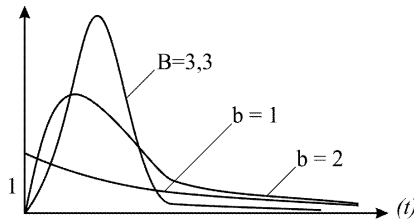


Рис. Густина розподілу Вейбулла імовірність безвідмовної роботи

$$R(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^b\right], \quad (3)$$

де:  $t$  – час виконання роботи (або потрібна кількість виконаних певних операцій, або подолання необхідного шляху переміщення тощо);  $a$  – параметр масштабу, який задається максимально можливим часом роботи (або максимально можливою кількістю виконаних певних операцій, або максимально можливим граничним шляхом переміщення тощо) об'єкта або системи;  $b$  – параметр форми. Інтенсивність відмов

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1}. \quad (4)$$

Серед розрахункових методів, орієнтованих на використання обчислювальної техніки, значного поширення набув метод кінцевих елементів (МКЕ). Він успішно заміняє методи опору матеріалів і механіки під час розрахунку деталей простої конфігурації, а при розрахунку деталей складної геометрії на цей час є практично єдиним інженерним методом. Конструкція розбивається на дрібні частини, структура цих частин повинна бути проста для збереження і розпізнавання за допомогою ЕОМ, це можуть бути трикутники, прямокутники, піраміди, призми. У середині кожного елемента рішення видається в максимально простій формі звичайно це поліном першого, другого, третього чи четвертого ступеня по всій границі досліджуваного тіла. Головна особливість МКЕ полягає в тім, що точність наближення підвищується не за рахунок більш складних апроксимуючих функцій, а за рахунок більш дрібної розбивки конструкції зі збереженням тих же апроксимуючих поліномів, що і раніше.

Вибір виду розрахунку пожежного автомобіля на надійність залежить від наслідків відмов. Зміст такого виду розрахунку залежить від складності конструкції автомобіля (його компонування та використовуваних матеріалів).

Структурний аналіз надійності складальної одиниці пожежного автомобіля можна проводити з метою визначення за даними конструкторської документації всіх можливих комбінацій втрати працездатності складальної одиниці за обраним критерієм. Логічний метод структурного аналізу надійності використовують у тих випадках, коли потрібно визначити всі можливі сполучення появи граничного стану складальної одиниці за критерієм необхідної заміни базової деталі (чи її від'єднання від інших деталей при їхній необхідній заміні).

Статистичне прогнозування (планування експерименту) реалізується шляхом аналітичного дослідження або оброблення даних експерименту. Закон розподілення знаходять шляхом аналізу фізичної природи якогось явища або процесу визначення математичних операцій. У другому випадку проводиться збір необхідних експериментальних даних (статистики). Статистична оброблення накопиченої інформації дає змогу отримати аналітичну залежність шуканого закону розподілу ймовірностей. Використання статистичних даних дає змогу на основі попередніх досліджень оцінити працездатність техніки, але не дає змогу розрахувати точний момент відмови вузлів, а лише із певною ймовірністю прогнозує вихід машини з ладу.

Діагностичне прогнозування передбачає проведення випробувань на надійність для визначення основних причини втрати працездатності окремих деталей і вузлів. Для основних вузлів не існує єдиного інформаційного показника, який би повністю характеризував їх технічний стан, у зв'язку з чим для контролю роботи вузла бажано фіксувати як можна більшу кількість показників і критеріїв працездатності, оскільки у сукупності вони досить повно описують картину реального технічного стану.

Відомо, що для систем автомобіля, який створює безпеку руху, рекомендований рівень імовірності напрацювання до відмови знаходиться в межах 0,9-

0,98, для всіх інших – 0,85-0,9 [11]. Проведення порівняльного аналізу фактичної надійності елементів системи пожежного автомобіля із допустимим значенням дає змогу прогнозувати залишковий ресурс безвідмовної роботи із заданою імовірністю. Такий підхід дає змогу попередити відмову та вчасно виконати необхідні профілактичні роботи. Розподіл відмов елементів на групи залежно від часу їх настання дає змогу встановити види додаткових технічних обслуговувань. Відповідно переліки робіт із додаткових технічних обслуговувань встановлюються на основі раніше зробленого аналізу відмов елементів за зібраними статистичними даними.

Використовуючи положення з надійності пожежного устаткування, було визначено ймовірність безвідмовної роботи пожежного автомобіля АЦ-40(130)127А, яка становила  $R(t_1, t_2) = 0,82$ , а ймовірність відмови  $F(t_1, t_2) = 0,18$ . Крім цього, середній наробіток до відмови привода насосної установки становить  $t_{сер} = 1600...1700$  год. Такі значення основних показників надійності не відповідають сучасним вимогам до пожежної техніки [7]. Тому основним напрямком роботи щодо надійності пожежної техніки є визначення технічного стану систем пожежного автомобіля, що забезпечує підтримку заданого рівня надійності за рахунок попередження відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи систем автомобіля, оптимальної періодичності додаткових робіт.

Оскільки довговічність – здатність виробу зберігати працездатність до настання граничного стану за встановленої системи обслуговування та ремонтів і є однією з найважливіших якостей надійності, розглянемо показники надійності загалом. Показники надійності ділять на дві групи.

Одиничні показники характеризують тільки одну якість надійності виробу (наприклад довговічність) та комплексні – характеризують одночасно дві та більше якості (наприклад довговічність і ремонтпридатність). При встановленні вимог до надійності на будь-які вироби, зокрема і на пожежні автомобілі, вибирають найменш можливе число показників. Цей вибір повинен бути технічно обґрунтований. Відсутність такого обґрунтування може призвести до неправильних рішень під час розроблення та конструювання техніки.

Необхідно, щоб показник надійності [9] задовольняв певні вимоги, на основі яких можна зробити висновок, чи є цей показник нормуючим. За цим показником під час розроблення виробу будуть порівнювати та вибирати його конструктивні варіанти, а також контролювати досягнутий рівень надійності серійного зразка.

Кількісні та якісні вимоги до надійності, спрямовані на забезпечення необхідного рівня працездатності за мінімальних витрат у процесі експлуатації, повинні містити в собі сукупність групових, індивідуальних показників і норм надійності (під груповою нормою розуміють показник надійності усіх виробів цього типу (виду, марки, моделі); під індивідуальною нормою розуміють показник надійності одиничного виробу). Таким чином, введення індивідуальних показників також забезпечує потрібний рівень надійності кожного автомобіля, стабілізує цей рівень всією генеральною сукупністю.

## Висновки:

1. На правильність прогнозу надійності пожежного автомобіля вирішальний вплив здійснює достовірність інформації про закономірності зміни технічного стану в процесі експлуатації.
2. Можливість визначення технічного стану систем пожежного автомобіля забезпечує підтримку заданого рівня надійності завдяки запобіганню відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи систем автомобіля, оптимальної періодичності додаткових робіт.
3. Розроблення методики визначення технічного стану пожежного автомобіля дасть змогу зменшити кількість поточних ремонтів і експлуатаційні витрати.

Враховуючи закономірності розподілу відмов та умови експлуатації, можна зробити висновок, що ретельний аналіз основних видів відмов, причин їх усунення та оптимізація процесу їх технічного обслуговування, попередження цим самим ймовірності виходу з ладу – шлях до підвищення та максимального забезпечення надійності пожежних автомобілів. Розглядаючи сучасний стан цієї проблеми, розуміємо, що необхідно продовжувати роботу у цьому напрямку: розробити моделі поступових і раптових відмов; дослідити надійність складних систем пожежної техніки; провести розрахунок схемної і параметричної надійності складних систем і, як кінцевий результат, – прогнозування надійності.

Отримані дані потребують подальшого удосконалення з використанням результатів експериментальних досліджень, що сприятиме підвищенню надійності пожежної техніки.

## Література

1. Молодик М.В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві / М.В. Молодик. – Кіровоград : Вид-во КОД, 2009. – 180 с.
2. Смашнюк О. Означення чинників у системі забезпечення надійності сільськогосподарської техніки / О. Смашнюк // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів : Вид-во ЛНАУ, 2008. – № 12 (2). – С. 75-79.
3. Канарчук В.С. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. – У 3-ох кн. Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія : підручник / В.С. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринь. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1994. – 342 с.
4. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н.Я. Говорущенко. – Харьков : Изд-во "Вища шк.", 1984. – 312 с.
5. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов / Т.А. Сырицын. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1990. – 248 с.
6. Основные пути повышения надежности гидроприводов // Гидравлика пневматика и приводы. – 2010. – № 1 (3). – С. 4-7.
7. Ашеулов А.В. Анализ интенсивности отказов гидравлического оборудования / А.В. Ашеулов // Гидравлика пневматика и приводы. – 2010. – № 1 (3). – С. 8-9.
8. Авдолькин Ф.Н. Изменение технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф.Н. Авдолькин. – Саратов : Изд-во Саратовского ун-та, 1973. – 192 с.
9. Базовский И.Н. Надежность, теория и практика / И.Н. Базовский. – М. : Изд-во "Мир", 1975. – 373 с.
10. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.budinfo.org.ua/doc/1812459/DSTU-2860-94-Nadiinist-tekhniki-Termini-taviznachennia>

**Васильєва О.Е., Палканинець В.В. Аналіз сучасних методів прогнозування надійності пожежних автомобілів з метою удосконалення їх технічного обслуговування**

Проанализировано современное состояние прогнозирования надежности машин и, в частности, пожарных автомобилей. Проведены исследования существующих методов прогнозирования надежности пожарных автомобилей для совершенствования и оптимизации процесса их технического обслуживания и предупреждения тем самым вероятности выхода из строя узлов пожарных автомобилей.

**Ключевые слова:** методы прогнозирования, надежность, пожарный автомобиль, техническое обслуживание.

**Vasilyeva O.E., Palkanynets V.V. Analysis of modern methods of predicting the reliability of fire engines to improve their maintenance**

The current state prediction of machinery reliability, particularly fire trucks. Conducted a study of existing methods of predicting the reliability of fire engines to improve and optimize the process of maintenance and prevent thereby the probability of failure nodes fire trucks.

**Keywords:** forecasting methods, reliability, fireman car maintenance.

УДК 681.518.22

Аспір. А.П. Смольянов<sup>1</sup> –

Херсонський національний технічний університет

**АНАЛІЗ НАЯВНИХ ЗАСОБІВ КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМ ПОЗИЦІОНУВАННЯМ СУДНА**

Проаналізовано відомі засоби активного керування, які використовують для динамічного позиціонування судна. Визначено, що очевидні переваги мають електрорушійні системи типу AZIPOD. Показано, що важливим при цьому є вибір електричного двигуна та вказано на перспективність застосування при цьому вентильних двигунів.

**Ключові слова:** динамічне позиціонування, активні засоби керування, електрорушійні системи AZIPOD, вентильний двигун.

**Постановка проблеми.** Унікальне геостратегічне положення України між країнами Європи, Азії та Близького Сходу, зокрема вихід до Азовсько-Чорноморського та Середземноморського басейнів стимулює розвиток власного морського транспорту, який за період реорганізації економіки на ринковій відносини більшою частиною був знищений через його застарілість, арешт, продаж суден за борги тощо. В таких умовах особливої актуальності набувають питання дослідження та застосування вітчизняних інноваційних технологій управління суднами з врахуванням сучасних світових вимог судноплавства. Перспективними та актуальними напрямками досліджень є роботи щодо динамічного позиціонування (ДП) судна. Останнє передбачає розроблення автоматизованих систем керування ДП судна із застосуванням відповідних технічних засобів, – так званих активних засобів керування (АЗК).

**Аналіз відомих інформаційних джерел і публікацій** показав, що питання автоматизованого керування ДП судна становлять окремий та актуальний напрямок досліджень [1, 2, 5-9].

**Формування цілей.** Задача динамічного позиціонування (ДП) судна передбачає вирішення двох основних завдань: 1) розроблення технічного забезпечення та 2) розроблення інформаційного забезпечення з попереднім аналізом існуючих сучасних засобів забезпечення вирішення вказаних завдань. Технічні

засоби забезпечення автоматизованого керування ДП судна застосовують для утворення штучних силових впливів під час його ДП. Із [3] відомо, що задача ДП судна, яка істотно відрізняється від традиційних задач керування рухом водних об'єктів. Це пояснюється тим, що під час ДП рух судна здійснюється відносно нерухомого балансувального режиму з малими значеннями лінійної швидкості. Тому вплив на корпус судна гідродинамічних сил, які викликані власним рухом судна, незначний та не утворює значного впливу на динаміку процесів керування. Визначальними під час ДП є сили та моменти збурювальних впливів зовнішнього середовища, засобів керування та реакція технологічного обладнання. З огляду на це особливої уваги потребують питання аналізу відомих технічних засобів для забезпечення ДП судна та визначення інноваційних і перспективних напрямків їх розроблення і застосування.

**Основний матеріал.** Під час ДП гідродинамічна сила та момент на кермі значно вищі, ніж на корпусі судна завдяки потоку води від гвинтів. Проте вони є недостатніми для ефективного керування процесом позиціонування в умовах інтенсивних зовнішніх збурювальних впливів. Тому під час ДП на судах використовують активні засоби керування (АЗК): підкермовувальні пристрої, крильчасті рушії, активні керма, поворотні гвинтові колонки та роздільні поворотні насадки [3, 5, 7]. АЗК застосовують для покращення маневрених характеристик.

На сучасному етапі еволюції науково-технічного прогресу та необхідності економії паливних ресурсів, а також освоєння альтернативних енергетичних джерел АЗК, пропонувані до застосування на судах, повинні забезпечувати:

1. Економію паливно-енергетичних ресурсів;
2. Добру маневреність судна на малих швидкостях;
3. Можливість свого (АЗК) застосування на судах різних типів та різного призначення.

Аналіз відомих інформаційних джерел [1-3, 5-7] вказує, що на сучасних судах використовують різні типи АЗК, які відрізняються особливостями конструктивного виконання, методами та способами забезпечення маневреності судна, зручністю використання тощо. Порівняльний аналіз відомих типів АЗК судна, які використовують для його динамічного позиціонування (табл. 1), дає змогу зробити висновок, що очевидні переваги мають електрорушійні системи (ЕС) типу AZIPOD [1, 2, 7], які відповідають вказаним вимогам, зокрема забезпечують значну економію паливно-енергетичних ресурсів та, водночас, добру маневреність судна, крім того, застосування таких систем як АЗК дає змогу, завдяки порівняно невеликому діаметра гребного гвинта, зменшити вібрації корпусу судна, знизити ефект кавітації та виключити ефект резонансу гребного гвинта. Тому очевидно є перспективність застосування саме таких АЗК для ДП судна.

Крім того, на сьогодні під час використання електрорушійних систем ДП одночасно впроваджують технологію CRP (contra-rotating propeller), яка полягає в тому, що гвинти розташовуються навпроти один одного та мають протилежний напрямок обертання, через що досягається максимальний рушійний ефект [4].

<sup>1</sup> Наук. керівник: проф. Н.А. Соколова, д-р техн. наук