

DOI: 10.18372/2310-5461.40.13275

УДК 519.873: 621.389(045)

**А. О. Трофименко**Державний університет інфраструктури та технологій  
orcid.org/0000-0002-6713-0534  
e-mail: trofimenko\_a\_o@ukr.net;**В. С. Давидов**, канд. техн. наук, доц.Державний університет інфраструктури та технологій  
orcid.org/0000-0002-4985-1143  
e-mail: davudovVS@ukr.net;**В. Л. Завітаєв**, канд. екон. наук, доц.Державний університет інфраструктури та технологій,  
orcid.org/0000-0001-7331-7023  
e-mail: zavitaev47@ukr.net

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

### Вступ

За допомогою засобів водного транспорту перевозиться більша частина вантажів у всьому світі. Це зумовлено перевагами водного транспорту: великою вантажопідйомністю, що дозволяє перевозити значні партії вантажу; відносно низька собівартість перевезень; практично відсутня обмеження на пропускну здатність [1; 2].

Доставляння вантажів засобами водного транспорту характеризується своєю універсальністю, надійністю та невисокою ціною, особливо ефективною при перевезенні великих обсягів [3].

Основною проблемою засобів водного транспорту України є значне моральне і фізичне зношення транспортних засобів і портового обладнання. Середній термін експлуатації суден України перевищує 15 років, і з огляду на їхній технічний стан переважна більшість західних портів забороняє таким суднам вхід на внутрішній рейд [2].

Відповідно до законодавства України потрібно забезпечувати технічний та судноплавний нагляд за морськими суднами незалежно від форм власності судна і його власника [1].

Основними елементами засобів водного транспорту, які відповідають за безпеку мореплавства, охорону людського життя та навколишнього природного середовища, є радіоелектронні системи, до яких відносять: суднові засоби зв'язку, електро-радіонавігаційні прилади, радіотехнічні та радіоелектронні прилади пошукової техніки та мореплавних інструментів [3–6].

Таким чином, для забезпечення безаварійної експлуатації радіоелектронних систем засобів

водного транспорту необхідна відповідна система контролю за їх технічним станом, яка задовольняє визначеним показникам ефективності.

### Постановка завдання дослідження

Існуюча апаратура контролю не повністю враховують особливості процесу технічного обслуговування та ремонту об'єктів судового обладнання засобів водного транспорту.

Засоби водного транспорту включають складні технічні системи, що складаються зі значної кількості модулів, вузлів, агрегатів (блоків) та окремих елементів, які є джерелами відмов з різними закономірностями зміни їх інтенсивності, можливостями з їх виявлення та усунення протягом експлуатації.

У зв'язку з цим для адекватного опису процесу технічної експлуатації судна як складної технічної системи доцільне представлення його як виробу, що складається з множини комплектуючих модулів [3].

Ще однією особливістю, яку необхідно враховувати при дослідженні ефективності системи контролю технічного стану засобів водного транспорту є те, що в реальній експлуатації відновлення працездатності складових елементів судна проводиться за фактом виявлення відмови об'єкта контролю, незважаючи на його працездатність в цей момент.

Наприклад, виявлена відмова резервного елемента працездатного об'єкту судових комплексів призводить до його заміни на повністю справний з подальшим відновленням всього працездатного засобу [4; 5; 7].

**Мета статті** — розв’язання важливого науково-технічного завдання — розробка методу синтезу контрольно-діагностичної апаратури (КДА) для оцінки технічного обслуговування засобів водного транспорту. Це дозволить при обмеженнях на матеріальні ресурси своєчасно та якісно проводити контроль технічного стану складових блоків (елементів) засобів водного транспорту.

#### Аналіз особливостей побудови контрольно-діагностичної апаратури

Існують два основних способи побудови КДА [8; 9]:

– спосіб, який заснований на агрегуванні у єдину систему ЕОМ та апаратних засобів (модулів), що спеціально створені для цієї системи, які об’єднуються стандартними інтерфейсами;

– спосіб, який передбачає агрегування у єдину систему ЕОМ та автономних засобів вимірювальної техніки на підставі стандартизації вимог до сумісності та застосування стандартних інтерфейсів.

За першим способом КДА будуються як єдина система функціональних блоків, які відповідають усім видам сумісності — конструктив-

ної, інформаційної, електричної тощо. Така класична КДА складається з функціональних модулів, які об’єднуються у функціональний блок більш високого рівня — так званий «крейт».

Декілька крейтів (до 7 шт.) розміщується один над одним на одній стінці. До переваг таких КДА слід віднести високу швидкодію та гнучкість, яка пояснюється його модульною структурою. Недоліками є порівняно висока вартість та складність.

Особливістю другого способу побудови КДА є те, що безпосередній побудові передують стандартизація вимог до інтерфейсу з’єднання їх у єдину систему. Відповідний інтерфейс отримав назву «приладного інтерфейсу» (або «каналу загального використання»).

На сьогодні актуальним є розвиток КДА на основі комп’ютерно-вимірювальних систем (КВС). Комп’ютерно-вимірювальних систем об’єднують вимірювальні, обчислювальні та керуючі засоби за допомогою шини міні- або мікро-ЕОМ.

Один з можливих варіантів побудови КВС наведений на рис. 1.

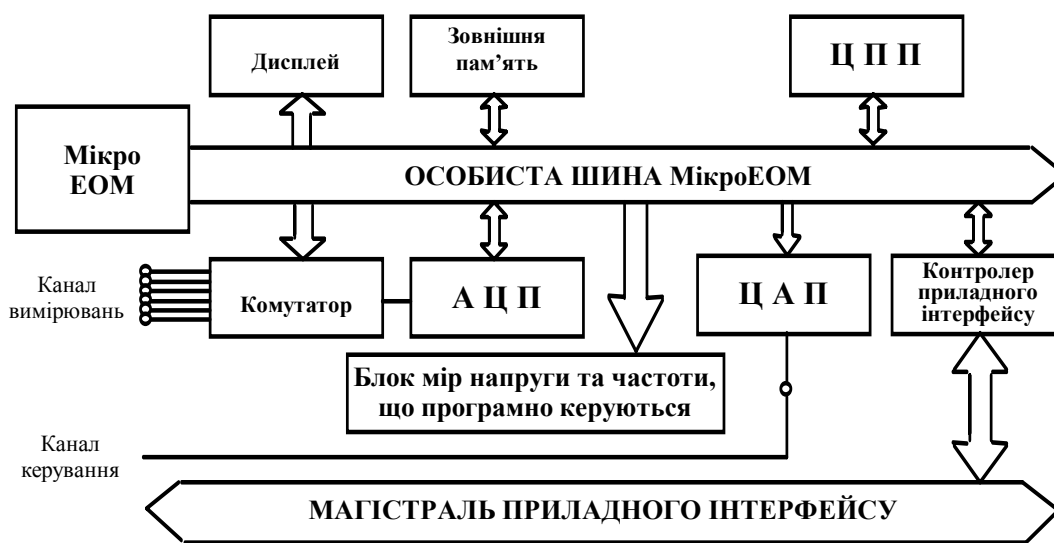


Рис. 1. Узагальнена структурна схема комп’ютерно-вимірювальної системи

Перевагами КДА на основі КВС є:

- можливість використання великих фондів прикладних програм;
- можливість підключення до системи зовнішньої пам’яті великої ємності;
- можливість підключення до системи зовнішніх засобів реєстрації (документування) результатів вимірювань;
- можливість порівняно спрощеної зміни (розширення) функціональних можливостей за рахунок використання широкого спектру одноплатних вимірювальних модулів;

– можливість створення засобів з архітектурою, що програмується, тощо.

Особливістю такої КДА з архітектурою, що програмується, є гнучкість їх апаратної організації, яка забезпечується тим, що комп’ютери можуть з’єднувати вимірювальні елементи в комбінацію, відповідну конкретній вимірювальній задачі [9].

За рахунок цього підвищується ефективність завантаження функціональних елементів (модулів) КДА та її швидкодія.

### **Мікропроцесорна контрольно-діагностична апаратура**

На відміну від КДА на основі КВС, мікропроцесорна КДА містять у своєму складі не ЕОМ, а вбудований мікропроцесор, який жорстко запрограмований на виконання визначених вимірювальних функцій. Майже у тих випадках, коли в КДА вбудовується ще оперативний запам'ятовувачий пристрій, алфавітно-цифрова клавіатура та дисплей, все одно слід говорити про мікропроцесорну КДА, якщо вона є не такою, що перепрограмується, а є запрограмованою [8].

Точність такої КДА підвищена за рахунок зменшення похибок, пов'язаних з нестабільністю внутрішнього джерела зразкової напруги (міри). У процесі самокалібрування КДА порівнює поточне значення напруги зразкового джерела з його цифровим еквівалентом, що закладений у пам'ять у вигляді відповідного цифрового коду. Результат порівняння запам'ятовується та використовується для відповідного коригування вимірюваного значення вхідної величини.

По суті, у такій апаратурі зразковою мірою являється цифровий код, щодо якого у кожному циклі вимірювань повіряється джерело зразкової напруги, що виконує, по суті, функцію вторинної робочої міри.

Похибки, пов'язані з нестабільністю зразкової міри, у цьому випадку виключені повністю та точність такої перевірки визначається виключно розрядністю цифрового коду та похибкою цифро-аналогового або аналого-цифрового (залежно від порівняння в аналоговій або цифровій формі) перетворення.

Таким чином, еволюція автоматизації контролю та діагностики технічного стану засобів водного транспорту необхідно проводити шляхом інтеграції вимірювальних та обчислювальних засобів та функцій.

### **Самоперевірка (самокалібрування) контрольно-діагностичної апаратури**

Внутрішніми засобами підвищення метрологічних характеристик КДА є калібрування та самоперевірка. Калібрування здійснюється за допомогою джерел калібрувальних сигналів, які програмно управляються та підключаються комутатором до входів каналів, що підлягають калібруванню.

Калібрування дозволяє поліпшити характеристики вимірювальних каналів, які володіють високою вхідною чутливістю, але що не мають достатньої часової стабільності [8; 9].

Операція калібрування здійснюється програмою, яка входить до складу системного програмного забезпечення (ПЗ), і може бути «запу-

щена» відповідним стандартним зверненням із прикладного ПЗ користувача.

Типові операції калібрування, які виконуються після кожного вимірювання, можуть бути об'єднані до складу системного ПЗ, як стандартні програми. Оскільки ці операції визначають характеристики системи, вони повинні бути атестовані в складі каналу вимірювання КДА і захищені від вимірювань відповідним чином.

Ця процедура, проведена з метою контролю метрологічних характеристик, а не їх корекції, носить характер «самоперевірки», тобто перевірки, проведеної особистими повірочними пристроями згідно вмонтованій мірі. Самоперевірка не замінює перевірку по зовнішнім зразковим засобам (робочим еталонам), але її застосування дає необхідну інформацію, що використовується програмно-апаратними засобами корегування і прогнозування появи похибок.

Самоперевірка вимірювальних каналів здійснюється згідно з звичайними методиками. Для цього використовуються додаткові комутатори, які підключають канал до блоку вмонтованих мір. Вся система автоматично повіряється згідно єдиної міри. Таким чином, вмонтовані міри і ПЗ дозволяють швидко і економно компенсувати недосконалість апаратних засобів і врахувати вплив на них різноманітних деградуючих (дестабілізуючих) факторів у процесі експлуатації апаратури. Процедура самоперевірки системи здійснюється автоматично за короткий час.

Щодо самих вмонтованих мір, то їх контроль повинен здійснюватися зовнішніми зразковими або еталонними засобами.

Відомо, що необхідним мінімумом засобів, які дозволяють здійснити самоперевірку базового комплексу будь-якої гнучкої вимірювальної системи, а саме її електронної частини, яка більше інших піддається зовнішнім впливам, є вмонтовані міри напруги і частоти.

У якості джерел опорної напруги в КДА взагалі застосовують термокомпенсовані напівпровідникові стабілітрони, рідше – нормальні елементи. Для більшої гарантії в прецизійних засобах вимірювання рекомендується використовувати групову міру напруги, яка складається, як мінімум, із трьох стабілітронів. Періодичні звірення всіх мір групи не тільки підвищують точність групової міри і КДА у цілому, але й слугують засобом діагностики стану окремих мір напруги, що входять у групу.

Перевірка групової міри і перевірка гіпотези про статистичну незалежність параметрів дрейфу кожної міри у групі, здійснюється за допомогою пересувних мір порівняння без перевезення КДА до повірочних лабораторій і без демонтажу вузлів.

Переатестація КДА у процесі експлуатації потребує більш розвинутої повірочної служби, яка має можливість доступу до даних не тільки попередніх повірок, але й до внутрішніх баз даних КДА, що зберігають результат періодичних звірень елементів групової міри. Така служба переатестації групових мір може бути частково децентралізована передаванням функцій повірки і зберігання результатів програмно-апаратним засобам КДА. У цьому випадку органи повірки мають лише набір пересувних мір порівняння та після проведення контролю правильності виконання КДА операцій самоповірки, завіряють їх видачею відповідного посвідчення. Згідно з існуючими науковими поглядами, функціональний блок вмонтованих мір повинен являти собою апаратно та програмно незалежну систему, пов'язану з іншими тільки через аналогові входи фізичного рівня.

Таким чином, за результатами розгляду головних особливостей метрологічного забезпечення автоматизованої КДА взагалі, можна сформулювати узагальнені пропозиції щодо організації технічного обслуговування засобів водного транспорту:

- для подібних КДА придатний лише показальний метод нормування та визначення характеристик, за яких канал вимірювання, навіть віртуальний, розглядується як незалежний засіб вимірювання;

- внутрішніми засобами підвищення (забезпечення) метрологічних характеристик подібної КДА повинні стати калібрування та самоповірка;

- необхідним мінімумом засобів, які дозволять здійснити самоповірку електронної частини подібної КДА, є вмонтовані міри напруги і частоти;

- контроль (повірка) самих вмонтованих мір повинен здійснюватися зовнішніми зразковими або еталонними засобами;

- функціональний блок вмонтованих мір повинен являти собою апаратно і програмно незалежну систему, пов'язану з іншими тільки через аналогові входи фізичного рівня;

- для більшої гарантії в мікропроцесорної магістрально-модульної КДА доцільно використовувати групову міру (функціональний блок або модуль групової міри);

- повинна здійснюватися метрологічна атестація програмного забезпечення КДА, що впливає на метрологічні характеристики (точність вимірювань);

- повинні бути прийняті заходи щодо надійного забезпечення захисту програмних компонентів КДА.

На підставі результатів аналізу сучасної науково-технічної літератури встановлено, що при

визначенні перспективних напрямків контролю та діагностування засобів водного транспорту провідні країни світу віддають перевагу вмонтованим системам контролю та діагностування модульної побудови, які включають до свого складу обчислювальну техніку замість зараз існуючої різномірної та неузгодженої сукупності засобів вимірювальної техніки, приладів і систем автоматизованого контролю.

### **Загальний аналіз проблеми автоматизації вимірювань**

Застосування існуючих вимірювальних приладів для контролю технічного стану засобів водного транспорту не дозволяє достатньо швидко та своєчасно виконувати перевірку за існуючою методикою, тому що підключення великої кількості приладів до елементів (блоків) засобів і до джерел живлення потребує багато часу та трудовитрат.

У зв'язку з цим свого часу виникло гостре питання щодо впровадження автоматизації процесів вимірювань, контролю та діагностики складних елементів (блоків) засобів водного транспорту. Рішення цього питання було знайдено шляхом застосування автоматизованих вимірювальних систем та автоматизованих засобів контролю й діагностики, до яких відносяться автоматизовані (вбудовані в апаратуру та зовнішні) системи контролю й діагностики, прилади (пульти) автоматизованого контролю тощо.

Найбільш складним видом КДА є автоматизовані вимірювальні системи, до складу яких входить комплекс вимірювальних та допоміжних пристроїв, що призначені для отримання вимірювальної інформації про технічний стан засобів водного транспорту в умовах функціонування (експлуатації).

З цією метою перспективну КДА для контролю технічного стану засобів водного транспорту створюються таким чином, щоб вона була спроможна:

- перевіряти максимальну кількість інформативних параметрів, які визначають технічний стан засобів;

- здійснювати контроль вказаних параметрів автоматично або напівавтоматично на протязі мінімально можливого часу;

- не впливати негативним чином на роботу засобів, які контролюються (відмови системи контролю не повинні порушувати працездатності засобів при контролі);

- мати високу загально-технічну та метрологічну надійність, мінімальні габаритні розміри і вагу.

У самому загальному вигляді до складу перспективної КДА входять вимірювальні, аналізуючі (обробляючі, обчислювальні), індикаторні та

керуючі пристрої (рис. 2). За допомогою первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків) параметри різної фізичної суттєвості (тем-

пература, тиск, переміщення, частота тощо) перетворюються до уніфікованого електричного сигналу, зручного для подальшої обробки.

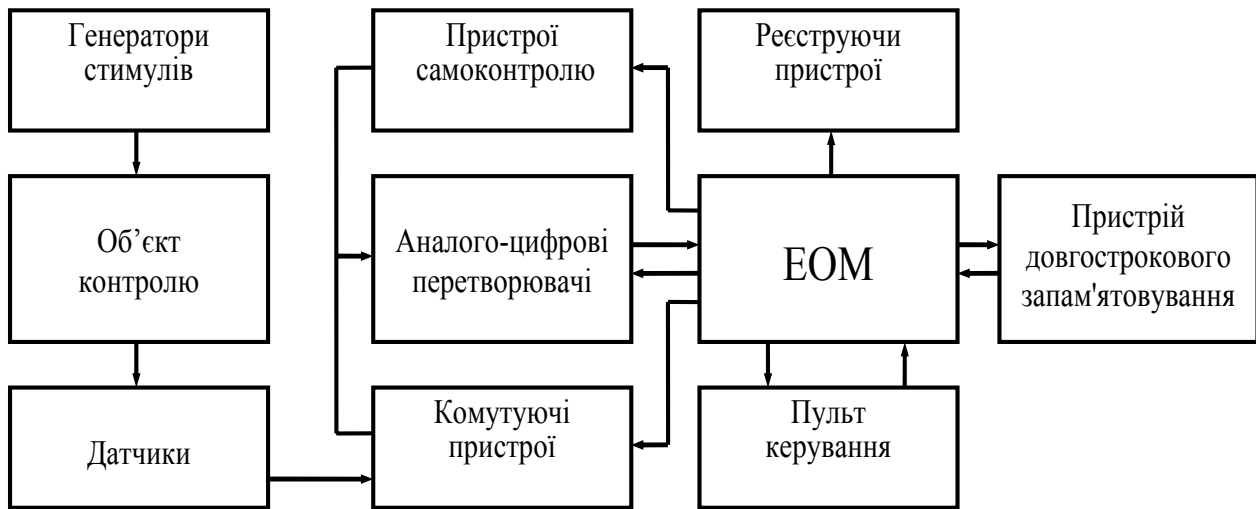


Рис. 2. Узагальнена спрощена структурна схема автоматизованої системи контролю та діагностики

Наприклад, контроль технічного стану радіолокаційного обладнання засобів водного транспорту виконується за допомогою стимулюючих сигналів, що виробляються у спеціальних генераторах, які фактично є мірами.

Перевірка параметрів засобів водного транспорту здебільшого виконується послідовно, тому підключення вимірювальних каналів до пристрою аналізу сигналів здійснює комутатор, який працює згідно з командами пристрою управління.

У процесі допускової оцінки параметрів, що контролюються, аналізуючий пристрій здійснює порівняння значень параметрів, які вимірюються, з допустимими їх значеннями.

Допустимі значення параметрів виробляються у спеціальному пристрої, так званому «датчику допусків», та за сигналами пристрою управління подаються в аналізуючий пристрій.

Комутатор виконує також підключення генератора стимулюючих сигналів до пасивних пристроїв відповідно з заданою програмою контролю.

Для підвищення надійності такої КДА та достовірності оцінки технічного стану засобів водного транспорту, що контролюються, необхідно застосовувати пристрій самоконтролю, який призначений для визначення правильності функціонування системи контролю перед її застосуванням.

## Висновки

Перспективні прилади автоматизованого контролю та діагностування призначені для перевірки працездатності, пошуку місць відмови та

виконання робіт з технічного обслуговування засобів водного транспорту або складових частин складних комплексів.

Перевагами такої КДА порівнянню з існуючими засобами є:

- малий час (незначна тривалість) контролю технічного стану засобів водного транспорту;
- висока методична достовірність контролю завдяки вимірюванню великої кількості параметрів засобів водного транспорту;
- автоматизація процесів діагностування та прогнозування технічного стану засобів водного транспорту.

Серед недоліків такої КДА виділяємо таке:

- необхідність доопрацювання (модернізації) раніше створених засобів водного транспорту для їх з'єднання з новими засобами автоматизованого контролю;
- непридатність до контролю додаткових параметрів, які не передбачені програмою, необхідність у вимірюванні котрих може знадобитися, наприклад, для встановлення причин виникнення відмов, пошуку місць несправностей тощо.

Крім того, слід відмітити, що існуючі системи автоматизованого контролю призначені, як правило, для перевірки лише одного типу засобу водного транспорту або деякого вузького класу цих засобів.

У перспективній КДА цей недолік відсутній.

Отже, подальші дослідження будуть направлені на розробку методів синтезу контрольно-діагностичної апаратури для технічного обслуговування засобів водного транспорту.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Вагущенко Л. Л., Цымбал Н. Н. Системы автоматического управление движением судна. Одесса: Феникс, 2007. 367 с.

2. Алексин В. Г., Козырь Л. А., Симоненко С. В. Обеспечение навигационной безопасности плавания. Одесса: Феникс, 2009. 518 с.

3. Герасимов С. В., Шапран Ю. С., Кірвас В. В. Розробка та дослідження методу розрахунку достовірності вимірювального контролю параметрів радіотехнічних систем морського транспорту.

*Системи озброєння і військова техніка*. 2017. № 4 (52). С. 5–10.

4. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. М.: Высш. школа, 1982. 231 с.

5. Агеев В. М., Павлова Н. В. Приборные комплексы летательных аппаратов и их проектирование. М.: Машиностроение, 1990. 432 с.

6. Воробей В. И., Доронин В. В., Роднянский Р. А. Судовые навигационные радиолокационные станции. К.: КГАВТ, 2005. 76 с.

7. Герасимов С. В., Дакі О. А., Яковлев М. Ю. Синтез полігармонійного вимірювального сигналу з будь-якою кількістю точок перемикання. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2018. №79 (2). С. 73-76. DOI: 10.23939/istcmtn 2018/02/073.

8. Измерительные информационные системы; под общей ред. Н.А. Рубичева. М.: Дрофа, 2010. 334 с.

9. Информационно-измерительная техника и электроника; под ред. Г. Г. Раннева. М.: Академия, 2006. 512 с.

**Трофименко А. О., Давидов В. С., Завітаєв В. Л.  
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ  
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ**

*Показаний перспективний напрямок розвитку засобів водного транспорту у перевезенні вантажів. Наведені результати аналізу технічного стану вітчизняних засобів водного транспорту. Обґрунтована роль контрольно-діагностичної апаратури у визначенні технічного стану засобів водного транспорту. Показано, що особливістю є необхідність враховувати при дослідженні ефективності системи контролю технічного стану засобів водного транспорту факт виявлення відмови об'єкта контролю. Визначені переваги та недоліки контрольно-діагностичної апаратури на основі контрольно-вимірювальних систем. Визначені переваги перспективної контрольно-діагностичної апаратури порівнянню з існуючими засобами.*

**Ключові слова:** контрольно-діагностична апаратура; технічне обслуговування; засоби водного транспорту.

**Trofimenko A. O., Davudov V. S., Zavitayev V. L.  
FEATURES OF APPLICATION OF THE CONTROL-DIAGNOSTIC APPARATUS FOR TECHNICAL SERVICE OF WATER TRANSPORT VEHICLES**

*The perspective direction of development of water transport vehicles in cargo transportation is shown. The results of the analysis of the technical condition of domestic means of water transport are presented. The role of control and diagnostic equipment in the determined technical state of means of water transport is substantiated. It is shown that the feature is the need to consider the fact of detecting the object of control failure in the investigation of the effectiveness of the system of monitoring the technical state of water transport vehicles. At the same time they do not consider working at this moment. The urgency of the decision of an important scientific and technical task is grounded – development of the method of synthesis of control and diagnostic equipment for the maintenance of water transport means of evaluation. The solution of this problem will allow, with the limitations on material resources, to timely and qualitatively control the technical state of the constituent units (elements) of water transport vehicles. The advantages and disadvantages of control-diagnostic equipment are determined on the basis of control and measuring systems. It is shown that internal means of increasing metrological characteristics of control and diagnostic equipment are calibration and self-report. The promising devices of automated control and diagnostics are intended for checking of workability (capacity), search of places of refusal and performance of works on maintenance of means of water transport or components of complex complexes. The advantages of perspective control-diagnostic equipment are compared with existing means.*

**Keywords:** control and diagnostic equipment; technical maintenance; technical condition; of water transport.

**Трофименко А. О., Давыдов В. С., Завитаев В. Л.  
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРОЙ  
ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СРЕДСТВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА**

*Показано перспективное направление развития средств водного транспорта в перевозке грузов. Приведены результаты анализа технического состояния отечественных средств водного транспорта. Обоснована роль контрольно-диагностической аппаратуры в определенных технического состояния средств водного транспорта. Показано, что особенностью является необходимость учитывать при исследовании эффективности системы контроля технического состояния средств водного транспорта факт обнаружения отказа объекта контроля. Определены преимущества и недостатки контрольно-диагностической аппаратуры на основе контрольно-измерительных систем. Показаны преимущества перспективной контрольно-диагностической аппаратуры по сравнению с существующими средствами.*

**Ключевые слова:** контрольно-диагностическая аппаратура; техническое обслуживание; средства водного транспорта.

Стаття надійшла до редакції 11.11.2018 р.  
Прийнято до друку 03.12.2018 р.