



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 76864

(13) U

(51) МПК

B63B 9/08 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2012 04407**

(22) Дата подання заявки: **09.04.2012**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.01.2013**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.01.2013, Бюл.№ 2**

(72) Винахідник(и):

**Нестеренко Володимир Борисович (UA),  
Учанін Валентин Миколайович (UA),  
Завальнюк Ольга Петрівна (UA),  
Безлюдько Геннадій Якович (UA)**

(73) Власник(и):

**ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА  
АКАДЕМІЯ,  
пр. Ушакова, 20, м. Херсон, 73000 (UA)**

## (54) СПОСІБ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ СУДНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

### (57) Реферат:

Спосіб моніторингу технічного стану несучих елементів суднових конструкцій, при якому в різних зонах несучих елементів суднових конструкцій розміщують датчики, за змінами сигналу яких визначають технічний стан несучих елементів судових конструкцій. На вибрані зони несучих елементів встановлюють безконтактні датчики вимірювання магнітної характеристики. На основі сигналів датчиків магнітної характеристики визначають зміни магнітної характеристики металу несучого елемента в зоні розміщення датчиків в процесі експлуатації. Визначення технічного стану несучих елементів суден визначають за змінами магнітної характеристики металу несучого елемента в процесі експлуатації судна.

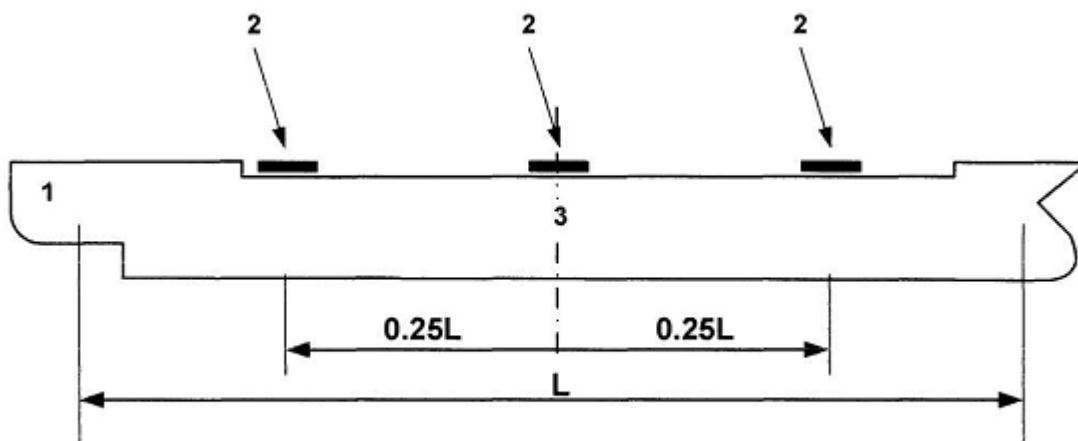


Fig. 1

UA 76864 U



Корисна модель належить до методів визначення технічного стану суднових конструкцій і може бути використана для постійного моніторингу несучих елементів суднових конструкцій, зокрема корпусів суден, в умовах їх експлуатації. Це дозволить спостерігати за поведінкою конструкцій суден у важких умовах експлуатації та прогнозувати їх ресурс.

Відомий спосіб визначення технічного стану несучих елементів суднових конструкцій, який полягає у визначенні стану матеріалу елементів конструкцій в умовах проведення регламентних оглядів або ремонтних робіт [1]. Визначення стану матеріалу несучих елементів може бути виконано візуально шляхом виявлення деформованих ділянок конструкції [1].

Недоліком відомого способу є те, що він може бути придатним тільки для виявлення значних деформацій конструкцій. Вимірювання товщини ультразвуковим методом вимагає видалення фарбового покриття, що можна виконати в умовах ремонту суден. При цьому можуть бути виявленими тільки грубі деформації несучих елементів суднових конструкцій. Це не дозволяє використати відомий спосіб для визначення початкових стадій зміни напружено-деформованого стану конструкцій, зокрема для неперервного моніторингу технічного стану конструктивних елементів безпосередньо в умовах експлуатації суден.

Найбільш близьким до корисної моделі, що заявляється, є відомий спосіб моніторингу суднових конструкцій, який полягає у розміщенні на різних елементах суднових конструкцій тензометричних датчиків і визначенні деформації несучих елементів суднових конструкцій в зонах розміщення тензометричних датчиків. Отримані дані використовують для визначення технічного стану елементів конструкцій і прогнозування їх ресурсу [2, 3].

Недоліком відомого способу є необхідність розміщення тензометрів безпосередньо на металічній поверхні елементів суднових конструкцій або використовувати спеціальні приварені до несучих елементів площадки. Крім того, відомий спосіб дозволяє визначити тільки деформацію несучого елемента в зоні розміщення тензометричного датчика. Переріз несучого елемента в зоні розміщення датчиків може мати складну форму або бути невизначеним, що не дозволяє точно визначити напружений стан несучого елемента без додаткових розрахунків. Це обмежує функціональні можливості відомого способу.

Задачею запропонованого способу є забезпечення безконтактного моніторингу технічного стану елементів суднових конструкцій і розширення функціональних можливостей способу за рахунок безконтактного визначення напруженого стану контрольованого елемента конструкції.

Задача вирішується тим, що при реалізації способу моніторингу технічного стану несучих елементів суднових конструкцій в різних зонах несучих елементів суднових конструкцій розміщують датчики, за змінами сигналу яких визначають технічний стан несучих елементів суднових конструкцій. При цьому на вибрані зони несучих елементів встановлюють безконтактні датчики вимірювання магнітної характеристики. На основі сигналів датчиків магнітної характеристики визначають зміни магнітної характеристики металу несучого елемента в зоні розміщення датчиків в процесі експлуатації. Визначення технічного стану несучих елементів суден визначають за змінами магнітної характеристики металу несучого елемента в процесі експлуатації судна.

Як магнітну характеристику металу несучого елемента конструкції судна можуть визначатись значення коерцитивної сили, а як датчики використовують датчики коерцитивної сили.

При цьому попередньо із матеріалу, який ідентичний контрольованому елементу конструкції судна, виготовляють випробувальні зразки, піддають випробувальні зразки механічним випробуванням, визначають механічні параметри і значення коерцитивної сили зразків, за якими будують кореляційні залежності механічних параметрів і коерцитивної сили, які використовують для моніторингу технічного стану елементів конструкції судна.

Як механічний параметр при визначенні технічного стану елемента конструкції за значеннями магнітної характеристики може бути використаний напружений стан металу несучого елемента конструкції судна.

На фіг. 1 представлений варіант схеми розташування датчиків коерцитивної сили на елементах конструкції судна, де 1 - корпус судна, 2 - датчики коерцитивної сили, 3 - січення мідель-шпангоута, L - довжина між носовим і кормовим перпендикулярами судна.

На фіг. 2 представлено типову залежність коерцитивної сили  $H_c$  матеріалу від напруження  $\sigma$ .

Розглянемо приклад реалізації запропонованого способу для випадку, коли як магнітну характеристику використовують коерцитивну силу матеріалу, а як механічну характеристику - напружений стан контрольованого несучого елемента конструкції судна.

На елементах конструкції корпусу 1 судна розміщують датчики коерцитивної сили 2, магнітне осердя яких створює з матеріалом контрольованої зони замкнутий магнітний контур. Важливо, що намагнічування контрольованої ділянки корпусу судна 1, можна виконати

безконтактно, в тому числі через шар захисного фарбового покриття. Схема розміщення датчиків 2 (фіг. 1) охоплює, в першу чергу, критичні зони, до яких належать зони максимально можливих навантажень несучих елементів конкретного судна. На представленій схемі (фіг. 1) датчики коерцитивної сили 2 розміщують, зокрема, в зоні мідель-шпангоута 3 і в двох зонах на віддалі  $0,25 L$  від січення 3 мідель-шпангоута, де  $L$  - відстань між носовим і кормовим перпендикулярами судна. Ці зони відповідають зонам розміщення тензометричних датчиків, згідно із рекомендаціями Міжнародної морської організації (ІМО) [4].

Для визначення технічного стану несучих елементів конструкції судна необхідно значення коерцитивної сили  $H_c$  перевести в механічні параметри (в нашому випадку напруження елемента  $\sigma$ ). Для цього перед проведенням моніторингу із матеріалу, який ідентичний матеріалу контрольованого елемента конструкції судна, виготовляють стандартні випробувальні зразки. Виготовлені зразки піддають механічним випробуванням, наприклад статичному навантаженню. В процесі випробувань визначають механічні напруження  $\sigma$  випробувального зразка і, відповідні значення коерцитивної сили  $H_c$  матеріалу зразків. На основі отриманих даних будують відповідні кореляційні залежності між напруженим станом  $\sigma$  і коерцитивною силою  $H_c$  матеріалу, які мають вигляд, подібний типовій характеристиці, наведених на фіг. 2.

Для проведення моніторингу технічного стану несучих елементів судна за допомогою розміщених на них датчиків вимірюють значення коерцитивної сили  $H_c$  матеріалу відповідного несучого елемента конструкції. За значеннями коерцитивної сили  $H_c$  за допомогою відповідної кореляційної залежності, яка характеризує залежність коерцитивної сили від напруження  $\sigma$  для матеріалу несучого елемента судна (див. приклад на фіг. 2), визначають напружений стан  $\sigma$  контрольованих елементів конструкції, значення яких використовують для визначення технічного стану несучих елементів конструкції судна в цілому. В таблиці як приклад наведено значення умовної межі плинності  $\sigma_{0,2}$  і межі міцності  $\sigma_B$  для сталі 09Г2С. Межа плинності визначає напруження, при якому залишкова деформація складає 0,2 % від довжини зразка. Межа міцності  $\sigma_B$  визначає напруження, що відповідає максимальному навантаженню, яке витримає матеріал. Крім цього, в таблиці представлено значення коерцитивної сили сталі 09Г2С в ненавантаженому стані  $H_c^0$ , а також значення коерцитивної сили при напруженнях, що відповідають умовній межі плинності  $H_c^n$  і межі міцності  $H_c^B$ .

Таблиця

	Початковий стан	Умовна межа плинності	Межа міцності
Напруження, МПа	$\sigma = 0$	$\sigma_{0,2} = 325$	$\sigma_B = 470$
Коерцитивна сила $H_c$ , А/см	$H_c^0 = 3,0$	$H_c^n = 7,5$	$H_c^B = 9,5$

Таким чином, за визначеними змінами значень коерцитивної сили в процесі експлуатації суден можна визначити момент досягнення критичних значень напружень, до яких відносять, зокрема, умовну межу плинності і межу міцності для матеріалу несучого елемента конструкції судна.

Запропонований спосіб важливий для зменшення аварійності під час експлуатації суден шляхом своєчасного визначення критичних станів, що особливо важливо в складних умовах експлуатації. Це дозволяє забезпечити надійність суден і безпеку мореплавства, особливо під час плавання в штормових умовах та в інших виняткових ситуаціях. Крім того, запропонований спосіб дозволяє запобігати виникненню критичних навантажень за рахунок оптимального керування вантажними і баластними операціями.

Література:

1. Руководящий технический материал РТМ 31.2003-77 «Корпус, помещения, устройство и системы судна. Правила технической эксплуатации». ЦРИА «Морфлот». Министерство морского флота СССР, 1988. - 97 с.

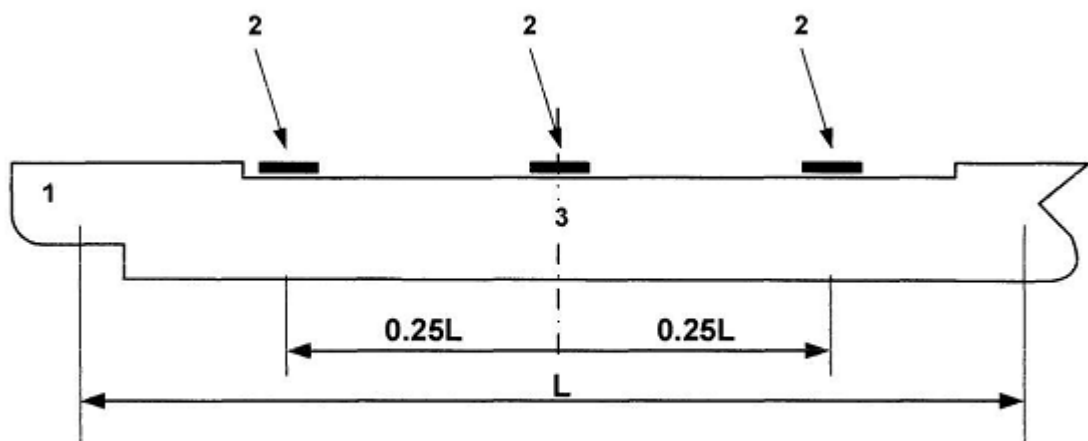
2. Вагущенко Л.Л., Вагущенко А.Д., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. - Одесса: Из-во "Феникс", 2005. - 274 с.

3. Wireless Hull Monitoring Systems for Modal Analysis of Operational Naval Vessels // R.A. Swartz, A.T. Zimmerman, J.P. Lynch et al. Proceedings of the IMAC-XXVII. Orlando, Florida (USA), February 9-12, 2009, Society for Experimental Mechanics Inc.

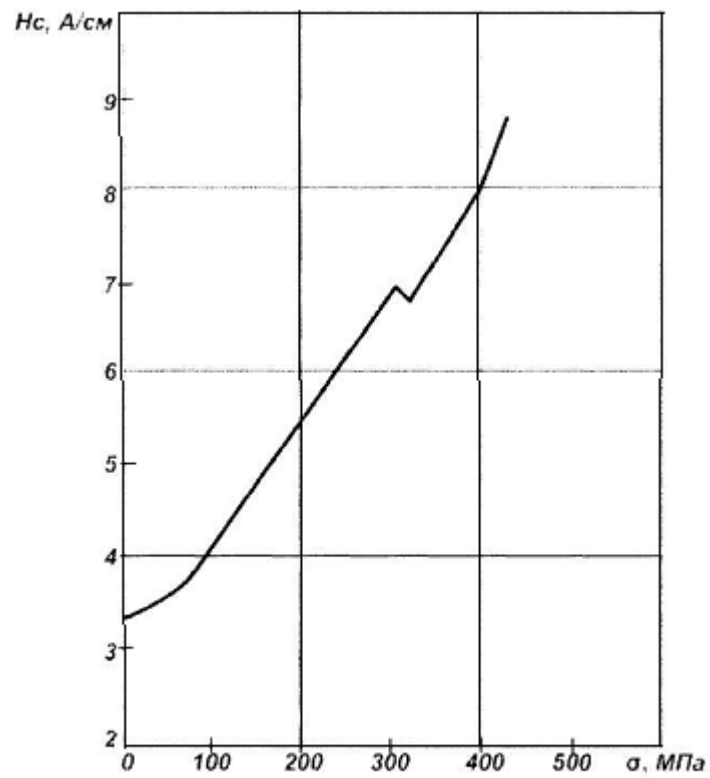
4. Recommendations for the fitting of hull stress monitoring systems HSMS. MRC/Circ 646. Maritime Safety Committee. International maritime organization (IMO). 06 June 1994. - 7 p.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб моніторингу технічного стану несучих елементів суднових конструкцій, при якому в різних зонах несучих елементів суднових конструкцій розміщують датчики, за змінами сигналу яких визначають технічний стан несучих елементів судових конструкцій, який **відрізняється** тим, що на вибрані зони несучих елементів встановлюють безконтактні датчики вимірювання магнітної характеристики, на основі сигналів датчиків магнітної характеристики визначають зміни магнітної характеристики металу несучого елемента в зоні розміщення датчиків в процесі експлуатації, і визначення технічного стану несучих елементів суден визначають за змінами магнітної характеристики металу несучого елемента в процесі експлуатації судна.
2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що як магнітну характеристику металу несучого елемента конструкції судна визначають значення коерцитивної сили, а як датчики використовують датчики коерцитивної сили.
3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що попередньо із матеріалу, який ідентичний контрольованому елементу конструкції судна, виготовляють випробувальні зразки, піддають випробувальні зразки механічним випробуванням, визначають механічні параметри і значення коерцитивної сили зразків, за якими будують кореляційні залежності механічних параметрів і коерцитивної сили, які використовують для моніторингу технічного стану елементів конструкції за значеннями коерцитивної сили відповідного елемента конструкції судна.
4. Спосіб за п. 1 або 3, який **відрізняється** тим, що як механічний параметр при визначенні технічного стану за значеннями магнітної характеристики використовують напружений стан металу несучого елемента.



Фиг. 1



Фиг. 2

---

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601