



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **82808**

(13) **U**

(51) МПК

**B63B 9/08** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 02003**

(22) Дата подання заявки: **18.02.2013**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **12.08.2013**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **12.08.2013, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Учанін Валентин Миколайович (UA)**

(73) Власник(и):

**ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.  
КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ,  
вул. Наукова, 5, м. Львів, 79601 (UA)**

## (54) СПОСІБ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СУДНОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

### (57) Реферат:

Спосіб експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану суднових конструкцій, при якому на елементах суднових конструкцій розміщують датчики магнітної характеристики матеріалу, визначають магнітну характеристику матеріалу досліджуваного елемента, значення якої використовують для визначення напружено-деформованого стану елементів судна в процесі експлуатаційного навантаження. При цьому датчики магнітної характеристики встановлюють безпосередньо на захисне покриття елемента конструкції, додатково вимірюють товщину захисного покриття в зоні розміщення датчиків магнітної характеристики, яку використовують для коректування показів приладу при визначенні магнітної характеристики.

**UA 82808 U**



Корисна модель належить до методів визначення технічного стану, зокрема напружено-деформованого стану конструкції суден, і може бути використаний для моніторингу несучих елементів суднових конструкцій в умовах їх експлуатації. Це дозволить прогнозувати ресурс їх безаварійної експлуатації.

Відомий спосіб моніторингу технічного стану суднових конструкцій, який полягає в розміщенні на елементах суднових конструкцій тензометричних датчиків і визначенні деформації несучих елементів суднових конструкцій в зонах розміщення тензометричних датчиків. Отримані дані використовують для визначення напружено-деформованого стану елементів конструкцій і прогнозування їх ресурсу [1, 2].

Недоліком відомого способу є необхідність забезпечення контакту тензометричних датчиків з металічною поверхнею досліджуваного елемента судна. Крім того, визначається тільки деформація в зоні розміщення датчиків. Такі датчики закріплюють стаціонарно в зонах, які визначені рекомендаціями міжнародної морської організації (IMO) [3]. Таким чином, дослідження в інших зонах є неможливим, що обмежує достовірність моніторингу.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є відомий спосіб моніторингу технічного стану суднових конструкцій [4], при якому на вибрані зони несучих елементів встановлюють безконтактні датчики вимірювання магнітної характеристики (зокрема, коерцитивної сили) матеріалу і визначають зміни магнітної характеристики матеріалу несучого елемента в зоні розміщення датчиків в процесі експлуатації. Значення магнітної характеристики матеріалу використовують для моніторингу технічного стану елемента конструкції, зокрема, напруженого стану матеріалу несучого елемента конструкції судна. Цей спосіб має переваги в порівнянні з попереднім способом, так як дозволяє без контакту з контрольованим металом визначати напружений стан в різних несучих елементах судна.

Недоліком відомого способу є недостатня точність експлуатаційного моніторингу, яка пов'язана з залежністю показів приладів для безконтактного визначення магнітних характеристик від товщини захисного лакофарбового покриття, яким, здебільшого, покриті несучі елементи судна для захисту від корозії. Таким чином, для точного визначення магнітних характеристик захисне покриття необхідно видаляти, що зменшує продуктивність проведення моніторингу і складно реалізується в умовах експлуатації. Особливо складно проводити моніторинг в умовах неоднорідного покриття, коли його товщина не є постійною. Таке відбувається, коли елементи судна в процесі його експлуатації неодноразово підфарбовують.

Задачею запропонованого способу є збільшення достовірності і точності визначення напружено-деформованого стану несучих елементів конструкції судна за рахунок зменшення похибки під час контролю через шар захисного покриття.

Поставлена задача вирішується тим, що при реалізації способу експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану суднових конструкцій на елементах суднових конструкцій розміщують датчики магнітної характеристики матеріалу і визначають магнітну характеристику матеріалу досліджуваного елемента, значення якої використовують для визначення напружено-деформованого стану елементів судна в процесі експлуатаційного навантаження. При цьому, датчики магнітної характеристики встановлюють безпосередньо на захисне покриття елемента конструкції і додатково вимірюють товщину захисного покриття в зоні розміщення датчиків магнітної характеристики, яку використовують для коректування показів приладу при визначенні магнітної характеристики.

При цьому, попередньо на елементі обстежуваної конструкції видаляють захисне покриття, накладають на елемент досліджуваної конструкції зразки із діелектричного матеріалу відомої товщини в діапазоні можливих змін товщини захисних покриттів. Датчики магнітної характеристики послідовно встановлюють на зразки із діелектричного матеріалу різної товщини і визначають покази приладу для вимірювання магнітної характеристики. Будують залежність показів приладу від товщини діелектричного покриття, яку використовують для коректування показів приладу.

Як магнітну характеристику матеріалу можна використати коерцитивну силу матеріалу, а як датчики магнітної характеристики використовують датчики коерцитивної сили.

Товщину захисного покриття можна вимірювати вихрострумовим методом. При цьому, товщину захисного покриття можна вимірювати шляхом визначення індуктивності обмотки вихрострумового перетворювача, розміщеного на поверхні захисного покриття обстежуваного елемента судна.

На фіг. 1 представлено графік залежності показів приладу для визначення коерцитивної сили від товщини захисного діелектричного покриття.

На фіг. 2 представлена типова залежність коерцитивної сили  $H_c$  феромагнітної сталі від напруження  $\sigma$ .

Розглянемо приклад реалізації запропонованого способу для випадку, коли як магнітну характеристику використовують коерцитивну силу  $H_c$  матеріалу, а товщину захисного покриття вимірюють вихрострумовим методом.

Для реалізації способу необхідно попередньо отримати залежність показів приладу для вимірювання коерцитивної сили від товщини діелектричного покриття для конкретної феромагнітної сталі, із якої виготовлено досліджувані елементи досліджуваного судна. Найточніший результат буде у випадку, коли така залежність отримана безпосередньо на елементі обстежуваного судна. Для вантажних суден типу "ріка-море" це може бути комінгс трюму. Для цього, спочатку необхідно видалити існуюче захисне покриття. Після цього на металеву поверхню накладають діелектричні пластини різної товщини. При цьому, максимальна товщина пластини має перевищувати максимально можливу товщину захисного покриття. Калібрують прилад для вимірювання коерцитивної сили з накладним датчиком і визначають його покази під час проведення вимірювань через діелектричні пластини різної товщини. За результатами будують залежність показів приладу від товщини діелектричного шару між досліджуваним елементом і датчиком коерцитивної сили.

Під час проведення експлуатаційного моніторингу накладний датчик приладу для вимірювання коерцитивної сили встановлюють на поверхню обстежуваного елемента судна безпосередньо на захисне покриття (без його видалення). В цій зоні вимірюють товщину  $t$  захисного діелектричного покриття вихрострумовим методом, в основу якого покладена залежність індуктивності обмотки вихрострумового перетворювача від величини зазору (або товщини діелектричного покриття) між робочою поверхнею вихрострумового перетворювача і металевою поверхнею досліджуваного елемента судна. Визначив товщину захисного покриття, використовують залежність (фіг. 1), вносять поправки і визначають істинне значення коерцитивної сили. Далі на основі відомої залежності між коерцитивною силою і значеннями механічного напруження  $\sigma$  (фіг. 2) для феромагнітної сталі, що відповідає елементу судна, визначають механічні напруження в досліджуваному елементі. Зокрема, за коерцитивною силою можна визначити, чи перевищують напруження  $\sigma$  матеріалу підчас експлуатаційних навантажень судна значення, що відповідають границі текучості  $\sigma_{0,2}$  або міцності  $\sigma_b$ , так як кожному із цих параметрів для даної феромагнітної сталі відповідають значення коерцитивної сили  $H_c^n$  і  $H_c^b$  відповідно.

Запропонований спосіб важливий для збільшення надійності експлуатації суден шляхом забезпечення достовірного експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану і своєчасного визначення критичних станів.

Джерела інформації:

1. Вагущенко Л.Л. Вагущенко А.Д., Заичко С.И. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности. - Одесса: Из-во "Феникс". 2005.-274 с.
2. 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.
3. 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.
4. Пат. 76864 України, МПК В63В 9/08. Спосіб моніторингу технічного стану несучих елементів судових конструкцій / В.Б. Нестеренко, В.М. Учанін, О.П. Завальнюк, Г.Я. Безлюдько (Україна). - № u 201204407; Опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2.-4 с.

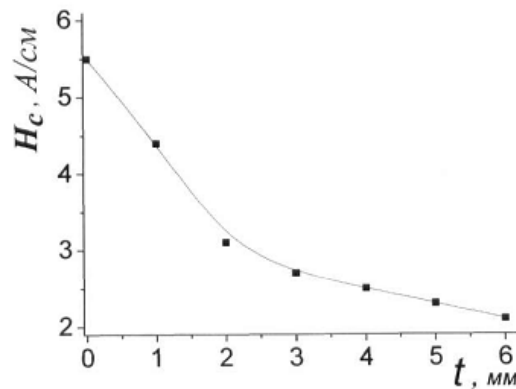
#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану судових конструкцій, при якому на елементах судових конструкцій розміщують датчики магнітної характеристики матеріалу, визначають магнітну характеристику матеріалу досліджуваного елемента, значення якої використовують для визначення напружено-деформованого стану елементів судна в процесі експлуатаційного навантаження, який **відрізняється** тим, що датчики магнітної характеристики встановлюють безпосередньо на захисне покриття елемента конструкції, додатково вимірюють товщину захисного покриття в зоні розміщення датчиків магнітної характеристики, яку використовують для коректування показів приладу при визначенні магнітної характеристики.

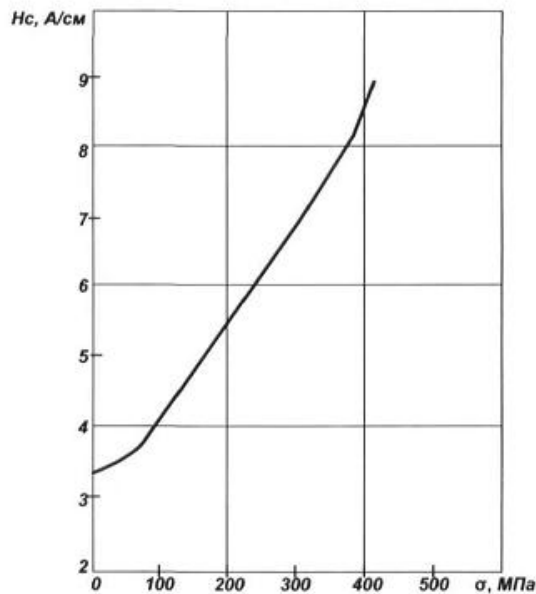
2. Спосіб експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану судових конструкцій за п. 1, при якому попередньо на елементі обстежуваної конструкції видаляють захисне покриття, накладають на елемент досліджуваної конструкції зразки із діелектричного матеріалу відомої товщини в діапазоні можливих змін товщини захисних покриттів, датчики магнітної

характеристики послідовно встановлюють на зразки із діелектричного матеріалу різної товщини, визначають покази приладу для вимірювання магнітної характеристики, за якими будують залежність показів приладу від товщини діелектричного покриття, яку використовують для коректування показів приладу.

- 5 3. Спосіб експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану суднових конструкцій за п. 1, при якому товщину захисного покриття вимірюють вихрострумовим методом.
4. Спосіб експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану суднових конструкцій за п. 1, при якому як магнітну характеристику матеріалу використовують коерцитивну силу матеріалу, а як датчики магнітної характеристики використовують датчики коерцитивної сили.
- 10 5. Спосіб експлуатаційного моніторингу напружено-деформованого стану суднових конструкцій за пп. 1 і 3, при якому товщину захисного покриття вимірюють шляхом визначення індуктивності обмотки вихрострумового перетворювача, розміщеного на поверхні захисного покриття обстежуваного елемента судна.



Фіг. 1



Фіг. 2

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

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