

УДК 629.5.067

О.О. Гайша

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕАКТИВНИМ ЗАСПОКОЮВАЧЕМ ХИТАВИЦІ ШВИДКОХІДНИХ МАНЕВРЕНИХ КОРАБЛІВ МАЛОЇ ВОДОТОНАЖНОСТІ

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

Розробляється структура системи управління заспокоювачем хитавиці нової конструкції. Використання заспокоювача є обґрунтованим на швидкохідних маневрених кораблях, що виконують задачі бойового чергування Військово-морських сил, прикордонної служби (берегової охорони) тощо. Беруться до уваги всі стандартні параметри морехідності корабля, а також просторова картина хвилювання навколо нього. Проектується структура, склад і специфікації модулів, що складатимуть систему управління. Виокремлено три основні її елементи: блок отримання вхідної інформації, блок обробки даних, блок управління виконуючими пристроями. Пропонується в перспективі розширити функції заспокоювача до створення завіси по периметру корабля, що, відповідно, призведе до ускладнення його системи управління.

Ключові слова: система управління, обробка даних в реальному часі, заспокоювач хитавиці.

Разрабатывается структура системы управления успокоителем качки новой конструкции. Использование успокоителя обосновано на быстроходных маневренных кораблях, выполняющих задачи боевого дежурства Военно-морских сил, пограничной службы (береговой охраны) и т.д. Учитываются все стандартные параметры мореходности корабля, а также пространственная картина волнения около него. Проектируется структура, состав и спецификации модулей, составляющих систему управления. Выделены три основных ее элемента: блок получения входящей информации, блок обработки данных, блок управления исполнительными устройствами. Предлагается в перспективе расширить функции успокоителя до создания завесы по периметру корабля, что, соответственно, приведет к усложнению его системы управления.

Ключевые слова: система управления, обработка данных в реальном времени, успокоитель качки.

Control system structure for ship stabilizer of a new construction is developed. Stabilizer using is actual on fast maneuverable ships of Naval forces, border service (coast guard), etc. All standard ship's navigability parameters, as well as the waves of the spatial distribution near the ship are taken into account. The structure, the composition and specifications of the control system modules are designed. Its three main elements such as the module of incoming information getting, data processing module, executive devices control module are marked out. It is proposed to widen stabilizer functions to

create the screen on the ship perimeter, that will cause the control system complication. are marked out.

Keywords: *control system, real-time data processing, vessel stabilizer.*

Кораблі Військово-морських сил та інших силових структур і відомств України мають ефективно виконувати поставлені задачі незалежно від погодних факторів, що суттєво впливають на режим їх експлуатації. Корабель, що перебуває в умовах сильного морського хвилювання, підлягає різним природним негативним впливам. Виникають наступні шкідливі і небезпечні явища:

- втрата місцевої й, можливо, навіть загальної міцності корпусу корабля (злам);
- вібрації різного виду спектрів;
- заливання палуби й бака;
- оголення гребного гвинта, що призводить до розгону головного двигуна і, як наслідок, до його перегрівання й виходу з ладу;
- віпінг (пружні невстановлені коливання корпусу);
- слемінг (потужний удар носовою частиною, що оголилася, з водною поверхнею).

Можна з упевненістю сказати, що однією з основних причин виникнення цих небезпечних явищ є кильова (поздовжня) хитавиця корабля. В процесі хитавиці корабель отримує диферент, що періодично змінюється наближено за гармонічним законом. Якщо період кильової хитавиці T_{ψ} близький до $\bar{\tau}_e$ – уявного періоду морського хвилювання, то вплив цих явищ посилюється.

Зрозуміло, що всі ці явища як знижують ефективність використання цивільних суден, так і зменшують боєготовність військових кораблів. Активні методи боротьби з кильовою хитавицею на цивільних суднах застосовуються рідко, позаяк при їх великих розмірах (150–200 м і більше) енергозатрати на заспокоєння хитавиці досить великі. Проектувальники вантажних суден зазвичай вважають, що економічно більш вигідно змінювати параметри руху судна: зменшувати швидкість, у дозволених межах змінювати курсовий кут (що збільшує тривалість і вартість подорожі), аніж використовувати заспокоювачі кильової хитавиці.

Військові кораблі з тактичних міркувань не можуть боротися з кильовою хитавицею аналогічним шляхом, тому що оскільки повільне судно не може виконувати бойові задачі, воно є легкою мішенню для супротивника. Крім того, значна частка сучасних військових кораблів (тим більше таких, що відповідають морській доктрині України) є невеликими (наприклад, кораблі класу корвет зазвичай мають довжину 70–100 м; катери – порядку десятків метрів), маневреними і швидкохідними (наприклад, крейсерська швидкість корвету проекту 58250–32 вузли ≈ 60 км/год). Кораблі з такими параметрами якраз можуть мати дуже великі амплітуди кильової хитавиці (через малу довжину), причому з невеликим періодом. З іншого боку, енерговитрати на заспокоєння хитавиці на невеликому кораблі є цілком задовільними, порівняно з витратами на роботу інших його систем. Таким чином, актуальною є задача заспокоєння кильової хитавиці швидкохідних маневрених кораблів невеликих розмірів. Відповідно, у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова ведеться розробка принципово нового заспокоювача реактивної дії. Складний технічний об'єкт повинен мати належну систему управління, отже, виникає відповідна задача створення такої системи.

Велика кількість систем контролю різноманітних параметрів судна описана в [1], однак всі ці системи є пасивними, позаяк не мають виконуючих пристроїв. Автоматизація зводиться до обробки вхідних даних та вироблення певних реко-

мендацій щодо зміни параметрів руху судна, які адресовані капітанові і надаються йому у вигляді попереджувачої інформації.

У [2] розглянуто автоматизовані системи, призначені для збору й аналізу інформації про корпус судна, однак у них також відсутні певні апаратні пристрої, що самостійно могли б змінити ситуацію при виникненні небезпечних значень напружень.

Тому постає задача управління активними пристроями, які б могли на основі рекомендацій, вироблених підсистемою моніторингу, змінювати параметри руху корабля чи якимось чином зменшувати вказані небезпечні явища, спричинені кільовою хитавицею. Обґрунтування режимів роботи заспокоювача виконано, наприклад, в [1].

Отже, **метою статті є** проектування структури системи управління реактивним заспокоювачем хитавиці.

Розробка системи управління об'єктом неможлива без аналізу фізичної сутності його роботи. Розглянемо явище кільової хитавиці докладніше. Вона може виникнути на гострих курсових кутах, коли ніс та корма корабля по чергово оголюються, а потім із високою швидкістю входять до води, що є особливо небезпечним для бульба (якщо він наявний) та гребного гвинта. Якщо ж на додачу опускання носу чи корми збігається з набіганням зустрічних хвиль, то сила удару значно збільшується. Загальну схему процесу хитавиці наведено на рисунку 1.

Яким чином можна зменшити ці негативні явища?

Найголовніше: можна під час руху носу корабля донизу направити униз потужний повітряний або водяний струмінь (або використовувати водно-повітряну суміш заданої густини), що штовхатиме ніс корабля догори. Аналогічно треба "штовхати" й корму корабля. Реактивна дія струменя має бути узгоджена з коливаннями корпусу корабля, і якщо останні апроксимувати гармонійною залежністю (що можна робити за незалежними координатами із достатньо великим ступенем точності), то робота струменя повинна бути зсунутою на 90° .

По-друге, умови у повітряному прошарку значним чином впливають на силу удару, тому можливо збільшити тиск повітря у зоні удару, створюючи демпфіруючу повітряну подушку. Це якраз можна здійснити, зменшуючи густину суміші і збільшуючи напір.

По-третє, можна розбивати особливо небезпечні великі хвилі на менші, або навіть на спрей, створюючи вузьконаправлені на них потужні повітряні потоки.

Усі перелічені дії можуть виконуватися однією виконуючою установкою – потужним пристроєм, що здійснює наддування водно-повітряної суміші за необхідним напрямом (рис. 1). Відповідно до окреслених вимог до функціональності вказаної установки можна описати наступну її структуру.

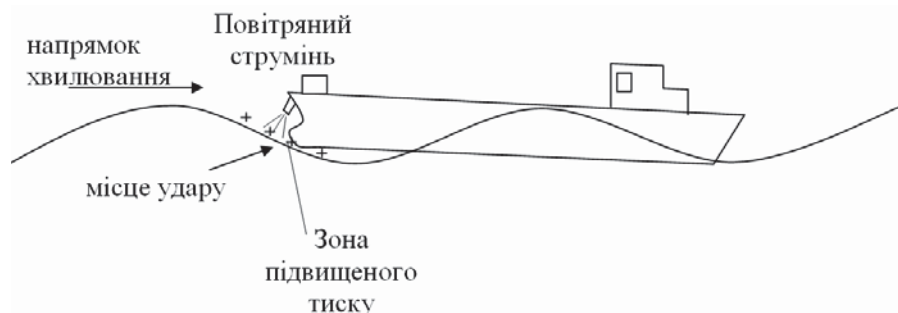


Рис. Схема процесу кільової хитавиці та роботи запропонованого заспокоювача

Комплекс системи управління заспокоювача хитавиці корабля має складатися із трьох основних частин:

- блоку датчиків різних типів, що надають вхідну інформацію для роботи системи управління;
- безпосередньо система управління або блок обробки даних, який за внутрішніми алгоритмами обробляє інформацію, що надходить від датчиків, і на її основі виробляє кінцеве рішення з управління активною частиною заспокоювача; ці рішення у вигляді конкретних команд надсилаються до наступного блоку;
- блок активних компонентів (деяких приводів), які отримують команди від системи управління і можуть механічно впливати на положення і рух корабля.

Відповідна структура системи управління показана на рис. 2. Розглянемо функціональність та особливості роботи кожного виділеного блоку.



Рис. 2. Структура системи управління заспокоювачем хитавиці

Блок отримання вхідної інформації обробляє отриману від датчиків інформацію, проводячи її попередню статистичну обробку, проводить її нормалізацію і приводить до уніфікованого вигляду. Для роботи всього заспокоювача хитавиці необхідна наступна інформація:

- кінематичні характеристики корпусу корабля: просторові координати x , y , z , кутові координати бортової хитавиці y , кильової хитавиці θ , кут ристання ζ , перша та друга похідні від перелічених координат, що дають відповідно лінійні швидкості \dot{x} , \dot{y} , \dot{z} та прискорення \ddot{x} , \ddot{y} , \ddot{z} , а також кутові швидкості і прискорення за всіма трьома взаємно перпендикулярними осями;
- рівні води h_i за периметром ватерлінії, що можуть бути отримані за допомогою датчиків тиску води, встановлених із певною дискретністю (зазвичай кілька штук на борт);
- розподіл тиску повітря в зоні удару $p(x, y, z)$;
- рівні навантажень (механічних напружень σ_i) у головних в'язях корпусу корабля;
- поточна хвильова картина в околі корабля заданого радіусу, а саме висота хвиль $h'(x, y)$, швидкості їх переміщення, за допомогою чого можна отримати дані про двовимірний хвильовий спектр $S(\omega, \beta)$ розподілу питомої енергії хвиль

за частотою та напрямом; ця інформація може бути отримана за допомогою системи радіолокації.

Відповідно, на виході блоку отримання вхідної інформації має бути сформований вектор значень, що характеризують поточний стан корабля на хвилюванні:

$$\mathbf{S}_j = (x, y, z, \varphi, \psi, \theta, h, p, s, h', S)$$

Величини швидкостей $\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$ та прискорень $\frac{d^2x}{dt^2}, \frac{d^2y}{dt^2}, \frac{d^2z}{dt^2}$, а також

аналогічні кутові величини швидкостей $\frac{d\psi}{dt}, \frac{d\theta}{dt}, \frac{d\zeta}{dt}$ та прискорень $\frac{d^2\psi}{dt^2}, \frac{d^2\theta}{dt^2}, \frac{d^2\zeta}{dt^2}$

вираховуються на основі попередніх значень вектору \mathbf{S}_{j-1} за формулами скінчених різниць. Це можливе завдяки високій швидкодії розроблюваної системи управління, хоча принципово можна використати і відповідні датчики для безпосереднього вимірювання швидкостей та прискорень.

Блок обробки даних є основною частиною системи управління і включає усі математичні залежності для розрахунку необхідних фізичних параметрів повітряного струменя. Цей блок складається із наступних модулів:

- модуль контролю поточного стану корабля, який отримує на вхід дані про напруження у основних в'язях корпусу σ_i і проводить аналіз можливості втрати його локальної та загальної міцності;

- модуль аналізу поточної хвильової картини навколо корабля ($h'(x, y)$, $S(\omega, \beta)$, а також h_i) та прогнозування її трансформації у часі, що дає можливість із певним рівнем імовірності оцінювати параметри хвиль в безпосередній близькості корпусу корабля у наступні моменти часу;

- основний модуль, що розраховує фізичний процес взаємодії водно-повітряного струменя із прогнозованою хвильовою картиною біля носової та кормової кінцівок корабля й визначає оптимальні параметри необхідного водно-повітряного струменя: його напрям (характеризується двома кутовими координатами χ_1 та χ_2), спрямованість (характеризується початковим кутом струменя γ), швидкість v та витрати повітря і води m_1 і m_2 ;

- модуль генерації команд виконуючим пристроям (у проміжній системі команд для уникнення залежності системи управління від кінцевих застосованих виконуючих агрегатів).

Слід зауважити, що важливою ланкою розглянутої системи є модуль прогнозування хвильової картини поблизу корабля, адже моделі взаємодії з тривимірним хвилюванням не є до кінця розробленими. Проте зважаючи на високу швидкодію радіолокаційної установки і всієї системи управління порівняно із швидкістю розповсюдження хвиль, можна вести “майже миттєві” розрахунки, ґрунтуючись на аналізі хвильової картини в найближчому околі носу корабля (порядку десятків метрів).

У статті спроектовано структуру системи управління реактивним заспокоювачем хитавиці: описано особливості цієї структури, склад модулів із конкретними специфікаціями до них, вказано особливості розробки кінцевого продукту. Спроектowana система має бути інтегрована до загальних систем контролю морехідності, що дасть якісно новий продукт – систему контролю і управління морехідністю.

У довготерміновій перспективі можливий аналіз ефективності обладнання корабля потужними вузькоспрямованими системами нагнітання повітря по всьому його периметру. У такому разі можливе динамічне коригування положення корабля і створення реактивних підтримуючих сил за будь-яким напрямом. Робота такої системи могла б ефективно протидіяти не тільки кільовій, а й бортовій і вертикальній хитавиці корабля. Ефективність роботи такої системи повинна досліджуватися додатково.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вагущенко Л.Л. Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко, С.И. Заичко. – Одеса, “Фенікс”, 2005. – 272 с.
2. American Bureau of Shipping – Guide for hull condition monitoring systems. – 2003. – 190 pp.
3. Гайша О.О. Оптимізація режиму роботи реактивного заспокоювача хитавиці / О.О. Гайша, К.Ф. Боряк, Р.Г. Мелкумян // Зб. наук. праць ВІ КНУ. – К. : ВІ КНУ, 2012. – № 33. – С. 26–30.

Отримано 30.09.2013.