

## РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СУДНОВОЮ АНТИСЛЕМІНГОВОЮ СИСТЕМОЮ

© Гайша О., Гайша О., 2007

**Розробляється цифрова система управління судновою антислемінговою системою. Беруться до уваги усі стандартні параметри морехідності судна, а також картина хвилювання навколо судна. Проектується структура, склад і специфікації модулів, що становитимуть систему управління.**

**Numerical control system for ship anti-slamming device is developed. All standard ship's navigability parameters, and also waves picture near the ship are taken into account. The structure, the composition and specifications of control system modules are designed.**

### Постановка проблеми

Судно, яке знаходиться в умовах сильного морського хвилювання, підлягає різним негативним впливам. Виникають такі шкідливі явища:

- втрата місцевої та, можливо, навіть загальної міцності корпусу судна;
- вібрації різного виду спектрів;
- заливання палуби і бака;
- оголення гребного гвинта, що приводить до розгону головного двигуна;
- віпінг;
- слемінг.

Основною причиною виникнення такого небезпечного явища, як слемінг є кильова (продольна) хитавиця судна. В процесі хитавиці судно отримує диферент, що періодично змінюється, зазвичай за гармонічним законом. Якщо період кильової хитавиці  $T_\psi$  близький до  $\bar{\tau}_e$  – уявного періоду морського хвилювання, то може виникнути слемінг, тобто удар носовою частиною судна в поверхню води.

Активних методів боротьби зі слемінгом не існує; для цього переважно змінюють параметри руху судна чи ще на стадії проектування належним чином обирають форму обводів. Відповідно в Національному університеті кораблебудування розпочато розроблення принципово нової антислемінгової системи, яка б дала змогу зменшувати як саме це явище, так і його причину – кильову хитавицю. Складний технічний об'єкт повинен мати належну систему управління, тому виникає відповідна задача створення такої системи.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Велику кількість систем контролю різноманітних параметрів судна описано в [1], однак всі ці системи є пасивними, оскільки не мають виконавчих пристроїв. Автоматизація зводиться до обробки вхідних даних і вироблення певних рекомендацій щодо зміни параметрів руху судна, які адресовані капітанові, і надаються йому у вигляді попереджувальної інформації.

У [2] розглянуто автоматизовані системи, призначені для збирання 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 завдання розроблення активних пристроїв, які б могли на основі рекомендацій, що вироблені підсистемою моніторингу, змінювати параметри руху судна чи якимось зменшувати

вказані небезпечні явища, зокрема слемінг. Аналіз можливості зменшення сил удару завдяки роботі проекрованої системи наведено в [3].

### Формулювання цілі статті

Отже, метою є проектування системи управління судновою антислемінговою системою.

### Виклад основного матеріалу

Розглянемо явище слемінгу докладніше. Воно може виникнути на гострих курсових кутах, коли за рахунок кільової хитавиці ніс судна оголюється (особливо небезпечно це для бульба), а потім із високою швидкістю входить до води. Якщо ще додатково опускання носу збігається з набіганням зустрічних хвиль, то сила удару значно збільшується. Загальну схему процесу слемінгу приведено на рис. 1.

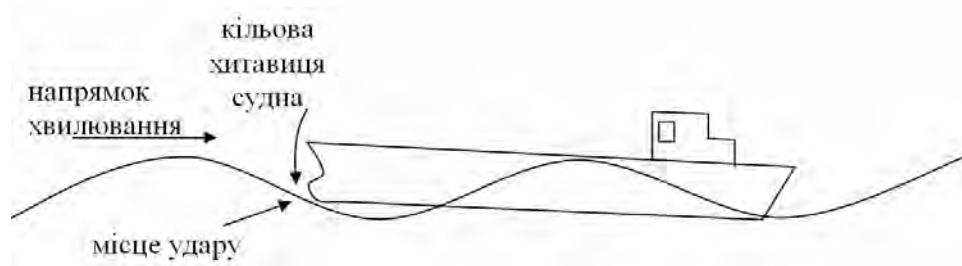


Рис. 1. Схема процесу слемінгу

Як можна зменшити це негативне явище?

По-перше, умови у повітряному прошарку значно впливають на силу удару, тому можливо збільшити тиск повітря у зоні удару, створюючи демпфірувальну повітряну подушку.

По-друге, можна спробувати зменшити причину слемінгу, а саме – кільову хитавицю судна (можливо, деякою мірою і вертикальну хитавицю також). Цього можна досягти так: під час руху носу судна донизу треба скерувати потужний повітряний або водяний струмінь, що штовхатиме ніс судна догори. Реактивна дія струменя має бути узгоджена із коливаннями судна, і якщо останні апроксимувати гармонійною залежністю (що можна робити за незалежними координатами із достатньо великим ступенем точності), то робота струменя повинна бути зсунутою на  $90^\circ$ .

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 установкою – потужним пристроєм, що здійснює наддування повітря в необхідному напрямку (рис. 2). Відповідно до окреслених вимог до функціональності вказаної установки, можна описати її структуру.

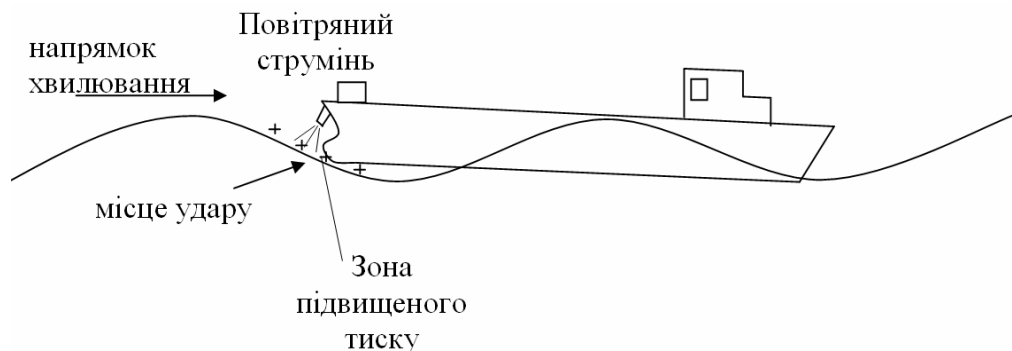


Рис. 2. Схема роботи антислемінгової установки

Система управління має складатися із трьох основних частин:

- блоку датчиків різних типів, що надають вхідну інформацію для роботи системи управління;
- безпосередньо системи управління, яка за її внутрішніми алгоритмами обробляє інформацію, що надходить від датчиків, і на її основі виробляє кінцеве рішення щодо управління активною частиною антислемінгової системи; 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 судна.

Відповідну структуру системи управління показано на рис. 3. Розглянемо функціональність і особливості роботи кожного виділеного блоку.



Рис. 3. Структура системи управління судновою антислемінговою установкою

Блок отримання вхідної інформації обробляє отриману від датчиків інформацію, проводячи її попередню статистичну обробку, проводить її нормалізацію і приводить до уніфікованого вигляду. Для роботи всієї антислемінгової системи необхідна така інформація:

- кінематичні характеристики судна: просторові координати  $x, y, z$ , кутові координати бортової хитавиці  $\psi$ , кільової хитавиці  $\theta$ , кут рискання  $\zeta$ , 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 усіма 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 декілька штук на борт);
- розподіл тиску повітря у зоні удару  $p(x, y, z)$ ;
- рівні навантажень (механічних напружень  $\sigma_i$ ) у головних в'язях корпусу судна;
- поточна хвильова картина в околі судна заданого радіуса, 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 судна на хвилюванні:

$$S_j = (x, y, z, \psi, \theta, \zeta, h_i, p, \sigma_i, h', S)$$

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 вектора  $S_{j-1}$  за формулами скінченних різниць. Це можливе завдяки високій швидкодії розробленої системи управління, хоча принципово можна використати і відповідні датчики для безпосереднього вимірювання швидкостей та прискорень.

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

- модуль контролю поточного стану судна, який отримує на вхід дані про напруження в основних в'язях корпусу  $\sigma_i$  і аналізує можливості втрати його локальної та загальної міцності;
- модуль аналізу поточної хвильової картини навколо судна ( $h'(x, y)$ ,  $S(\omega, \beta)$ , а також  $h_i$ ) та прогнозування її трансформації у часі, що дає можливість із певним рівнем імовірності оцінювати параметри хвиль в безпосередній близькості корпусу судна у наступні моменти часу;
- основний модуль, що розраховує фізичний процес взаємодії повітряного струменя із прогнозованою хвильовою картиною біля носового краю судна, і визначає оптимальні параметри необхідного повітряного струменя: його напрям (характеризується двома кутовими координатами  $\chi_1$  та  $\chi_2$ ), спрямованість (характеризується початковим кутом струменя  $\gamma$ ), швидкість  $v$  та витрату повітря  $m$ ;
- модуль генерації команд виконуючим пристроям (у проміжній системі команд для уникнення залежності системи управління від кінцевих застосованих виконуючих агрегатів).

Треба зазначити, що важливою ланкою розглянутої системи є модуль прогнозування хвильової картини поблизу судна, адже моделі взаємодії тривимірного хвилювання не є до кінця розробленими. Але, зважаючи на високу швидкодію радіолокаційної установки і всієї системи управління порівняно із швидкістю розповсюдження хвиль, можна вести «майже миттєві» розрахунки, ґрунтуючися на аналізі хвильової картини в найближчому okolí носу судна (порядку десятків метрів).

## Висновки

У статті спроектовано систему управління судновою антислемінговою системою: розроблено її структуру, склад модулів із конкретними специфікаціями до них, вказано особливості розроблення кінцевого продукту. Спроекована 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 судна потужними вузькоспрямованими системами нагнітання повітря за периметром. У такому випадку можливе динамічне коригування положення судна і створення реактивних підтримуючих сил у будь-якому напрямку. Робота такої системи могла б не тільки зменшити явище слемінгу, а й кільової, бортової качки і усіх їх наслідків, можливо навіть до повної стабілізації положення судна на хвилюванні. Ефективність роботи такої системи необхідно досліджувати додатково.

1. Вагуценко Л.Л., Вагуценко А.Л., Заичко С.И. *Бортовые автоматизированные системы контроля мореходности*. – Одеса: Фенікс, 2005. – 272 с. 2. American Bureau of Shipping – *Guide for hull condition monitoring systems*. – 2003. – 19 p. 3. Мальцева О.О. *Запобігання слемінгу шляхом використання авторулевого та впровадження технології повітряної подушки* // Політ: Матер. VII Міжнар. наук. конф. студ. та молод. учених. – К.: Нац. авіаційний університет, 2007. – С. 112.