

АВТОМАТИЧНЕ ШТОРМУВАННЯ ІЗ ВРАХУВАННЯМ НАЯВНОГО ДЕМПФУВАННЯ

*Матейчук В.М., Зінченко С.М., Носов П.С., Маменко П.П., Кириченко К.В.
Херсонська державна морська академія, Україна*

Вступ. Аналізуючи річний огляд морських аварій та інцидентів агенства EMSA від 15.12.2021 можна встановити, що 89,1% розслідуваних випадків на вантажних суднах були пов'язані з діями людини [1]. Підсумовуючи, після позитивного 2019 року результати щодо безпеки вантажних суден у 2020 році продовжували покращуватися. Однак наслідки пандемії COVID не можна виключати як один із факторів, що сприяли зменшенню жертв, відповідно до її загального впливу на суднопластво.

Стрес впливає на кожного, але морякам доводиться справлятися зі стресом, який є прямим наслідком унікального середовища, яке передбачає життя моряка. Для тих, хто ніколи не працював на борту торгового судна, може бути важко зрозуміти стрес, який впливає на повсякденне життя моряка [2].

Морське середовище є динамічним і рідко пропонує одні й ті самі завдання день у день. Важка погода, інтенсивний трафік і незвичайні операції можуть вплинути на судно будь-якого класу, а різні вантажі створюють нові виклики. Повторення та практика допомагають пом'якшити стрес і тиск, але на роботі, яка постійно змінюється, цей рівень адаптації може виробитися роками.

При плаванні судна в штормових умовах виникають явища, що погіршують мореплавність судна і утруднюють управління ним. До таких явищ відносяться резонансна бортова хитація, слемінг, заливність головної палуби [3].

Дуже важливо під час шторму чіткість дій та правильний аналіз ситуації. В стресових умовах, враховуючи складну ситуацію в сучасному мореплаванні пов'язану зі скороченими екіпажами вантажного флоту керування судном в шторм є дуже складною задачею.

Постановка задачі. Під час шторму судоводії використовують спеціальні діаграми для вибору безпечного курсу і швидкості. Найпоширенішою з них є діаграма Ю. В. Ремеза. Використання діаграми під час шторму є неефективним в силу складності розрахунків та значних похибок під час побудови [4]. Розробка автоматичної системи керування рухом судна в шторм дозволяє збільшити ефективність керування рухом судна під час шторму та підвищити безпеку екіпажу та судна у складних погодних умовах [5-7]. Враховуючи що на коливальний процес судна діє декремент затухання, доцільним є розробка модуля системи автоматичного керування, яка б уточнювала резонансну зону керування рухом судна в шторм, відсікаючи частоти хвилювання, амплітуди яких є незначними. Коливальний процес в даному випадку буде затухаючим [8].

Перелік вирішуваних питань. Розробка методів автоматичного штормування, які, у порівнянні із відомими, дозволять більш точно побудувати резонансну Керування рухом судна в автоматичному режимі дозволить більш чітко визначати небезпечні зони керування та відповідно більш ефективно використовувати навігаційні ресурсисудна. Також як наслідок слід зазначити підвищення безпеки судна, так як автоматична система завдяки датчикам зможе більш точно визначати параметри хвилювання моря. Система не підвладна емоційним навантаженням, втомі та іншим негативним впливам, з якими стикаються судоводії під час складних ситуацій, зокрема шторму.

Результати дослідження. Авторами даного дослідження було розроблено метод, алгоритмічне та програмне забезпечення модуля автоматичного штормування [5-8].

Враховуючи, що коливальний процес судна затухає під дією дисипативних сил і моментів, частоти хвиль незначної енергії можуть бути безпечними для судна та не призводити до резонансного розгойдування. Із врахуванням цього пропонується модифікувати раніше розроблений метод [5-8] шляхом інтегрування у систему штормування блоку швидкого перетворення Фур'є (рис 1.), який би дозволяв отримувати амплітудно-частотну характеристику зовнішніх впливів та відфільтровувати ті частоти сигналу, енергія яких не перевищує критичне значення. Це дозволить зменшити резонансні зони у порівнянні зі способом використання діаграми Ю. В. Ремеза. Зменшення резонансної зони розширить можливості безпечного штормування.

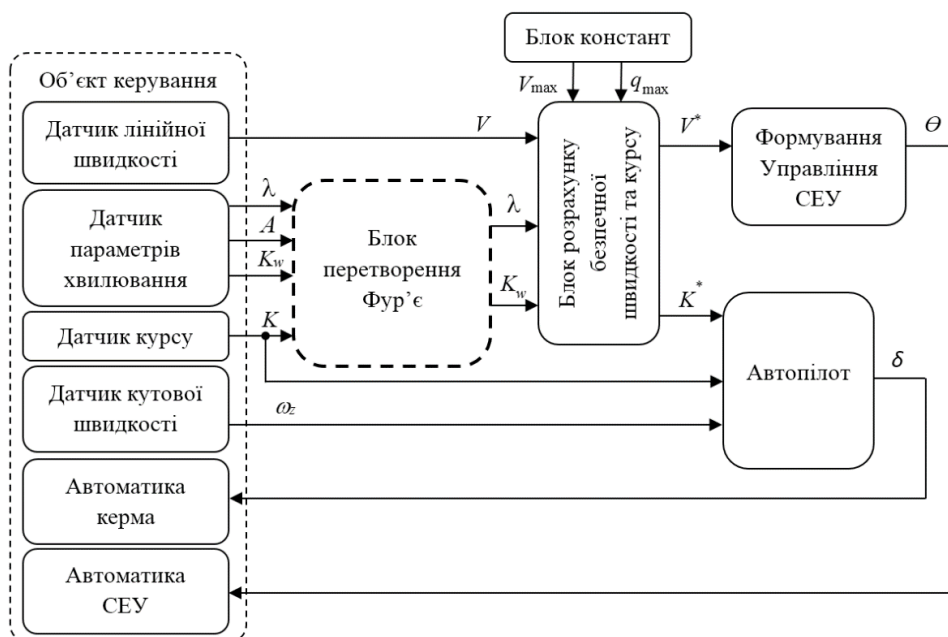


Рисунок 1 – Блок-схема системи автоматичного штормування

В середовищі MatLab було змодельовано сигнал зовнішніх впливів (хвилювання морського середовища) з накладеним випадковим шумом (рис. 2).

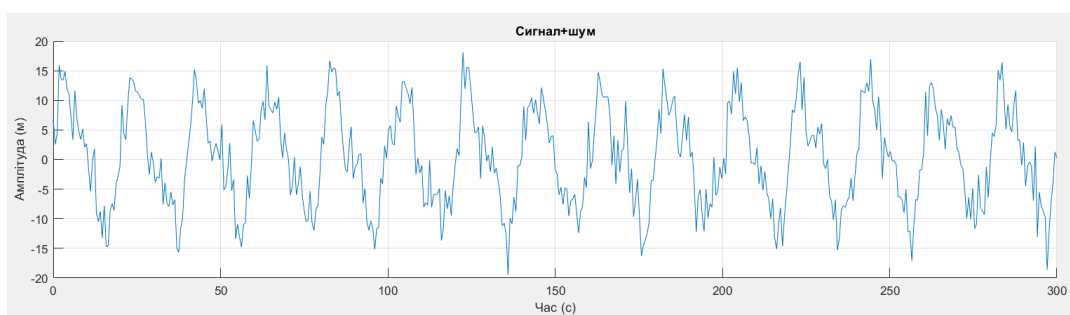


Рисунок 2 – Сигнал зовнішніх впливів з накладеним випадковим шумом

Фрагмент коду програми в середовищі MatLab зображено на рис. 3. Сигнал було змодельовано як суму п'яти синусоїд з різними частотами, початковими фазами та амплітудами.

```

26 - An=3;% Дисперсія шуму (3 метри)
27 - FftL=1024;% Кількість ліній Фур'є спектру
28
29 %% Генерація робочих масивів
30 T=0:1/Fd:Tm;% Масив відліків часу
31
32 Noise=An*randn(1,length(T));% Масив випадкового шуму довжиною, що дорівнює масиву часу.
33
34 Signal=Ak+A1*sind((F1*360).*T+Phi1)+A2*sind((F2*360).*T+Phi2)+A3*sind((F3*360).*T+Phi3)+A4*sind((F4*360).*T+Phi4)+A5*sind((F5*360).*T+Phi5);
35
36 %% Код для нормування fft виглядатиме таким чином:
37 %% Спектральне подання сигналу
38 FftS=abs(fft(Signal,FftL));% Амплітуди перетворення Фур'є сигналу
39 FftS=2*FftS./FftL;% Нормування спектру з амплітуди
40 FftS(1)=FftS(1)/2;% Нормування постійної складової у спектрі
41 FftSh=abs(fft(Signal+Noise,FftL));% Амплітуди перетворення Фур'є суміші сигнал+шум
42 FftSh=2*FftSh./FftL;% Нормування спектру з амплітуди
43 FftSh(1)=FftSh(1)/2;% Нормування постійної складової у спектрі
44 -
    
```

Рисунок 3 – Фрагмент коду програми в середовищі MatLab

Використовуючи функцію перетворення Фур'є `fft()` середовища MatLab було отримано амплітудно-частотну характеристика сигналу (рис. 4)

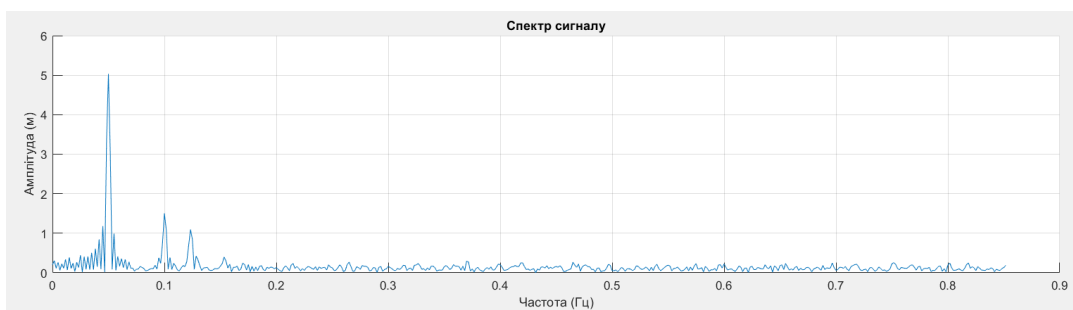


Рисунок 4 – Амплітудно-частотна характеристика сигналу

Відфільтровуючи з даного спектру хвилі, що мають незначну амплітуду можна сформулювати області допустимих управлінь, які будуть більш оптимальні для вирішення задачі керування рухом судна в штормових умовах.

Висновки. Керування рухом судна в автоматичному режимі дозволить більш чітко визначати небезпечні зони керування та відповідно більш ефективно використовувати навігаційні ресурси судна. Також як наслідок слід зазначити підвищення безпеки судна, так як автоматична система завдяки датчикам зможе більш точно визначати параметри хвилювання моря. Система не підвладна емоційним навантаженням, втомі та іншим негативним впливам, з якими стикаються судноводії під час складних ситуацій, зокрема шторму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Annual overview of marine casualties and incidents 2021. European Maritime Safety Agency. Lisabon, Portugal. 150p. <https://www.emsa.europa.eu/>.
2. Stress-A Maritime Constant. David Reid. MARE Report. October 11, 2018. 53p. <http://marereport.namma.org/index.php/2020/12/04/the-mare-report-a-magazine-for-seafarers-welfare-professionals-2020/>.
3. Г.Г. Ермолаев, Л.П. Андронов, Е.С. Зотеев, Ю.П. Кирин, Л.Ф. Черниев. Морское судовождение. «Транспорт», Москва, 1970, 368с.

4. Н. А. Кубачев, С. С. Кургузов, М. М. Данилюк, В. П. Махин. Сборник задач задач по управлению судами: Учебное пособие для морских высших учебных заведений, М.: Транспорт, 1984. – 139 с.
5. Vadym Mateichuk, Serhii Zinchenko, Oleh Tovstokoryi, Pavlo Nosov, Yaroslav Nahrybelnyi, Ihor Popovych and Vitaliy Kobets. Automatic Vessel Control in Stormy Conditions // 2 nd International workshop on computational & Information Technologies for Control & Modeling (CITCM 2021), 5 November, 2021. Rivne, Ukraine.
6. Mateichuk V.M., Zinchenko S.M., Tovstokoryi O.M., Mamenko P.P., Artemenko A.G. taking into account the slamming during automatic safe sailing in a storm // Матеріали 1 міжнародної науково - практичної конференції "Проблеми сталого розвитку морської галузі (PSDMI-2021), Херсон: ХДМА, 03-04 листопада 2021.
7. Mateichuk V.M., Zinchenko S.M., Nosov P.S., Moiseienko V.S., Mamenko P.P. Automatic vessel steering in a storm // Materials of the I International scientific-practical conference "Actual problems of transport, energy, infrastructure safety". - Kherson: KhSMA, 8-11 September, 2021.
8. Матейчук В.М., Зінченко С.М., Носов П.С., Маменко П.П., Кириченко К.В. Врахування амплітудно-частотної характеристики хвильового впливу на судно під час шторму. // матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції «інформаційні технології і автоматизація – 2022», Одеса: ОНТУ, 20-21 жовтня 2022., с.90-92. <https://card-file.ontu.edu.ua/handle/123456789/23815>.