

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-527-3-35>

## MITIGATE THE IMPACT OF SHIP STRUCTURAL NOISE AND VIBRATIONS

### ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ СУДНОВОГО СТРУКТУРНОГО ШУМУ ТА ВІБРАЦІЙ

**Kucherenko Volodymyr Yurievich**  
*Postgraduate Student at the Department  
of Navigation and Marine Safety,  
Senior Lecture of the Department of  
Navigation and Marine Safety  
Odesa National Maritime University  
Odesa, Ukraine*

**Кучеренко Володимир Юрійович**  
*аспірант кафедри навігації  
та морської безпеки,  
старший викладач кафедри навігації  
та безпеки на морі  
Одеський національний морський  
університет  
м. Одеса, Україна*

**Вступ.** Морське судноплавство є одним із ключових джерел акустичного забруднення в морському середовищі. Генерація шуму, викликана механічними, гідродинамічними та аеродинамічними процесами, впливає як на роботу суден, так і на морську екосистему. Шум, що випромінюється суднами, створює значні перешкоди для морських ссавців, порушуючи їхні поведінкові і міграційні патерни. Основними джерелами шуму є нерівномірність обертання колінчастого вала, кавітація гребних гвинтів, механічні вібрації двигунів та допоміжних систем, а також гідродинамічна турбулентність. Ці явища підвищують рівень шуму та вібрацій, що передаються на корпус судна та у навколишнє середовище, негативно впливаючи на його стан [1, с. 176].

Крім того, акустичний структурний шум і вібрації можуть негативно впливати на точність навігаційного обладнання, підвищуючи ризики аварій. Впровадження сучасних систем моніторингу та управління акустичним впливом дозволяє не лише зменшити негативний вплив на довкілля, але й підвищити рівень безпеки судноплавства [3, с. 33].

#### **Підходи та методи зменшення структурного шуму.**

Структурний шум на морських судах виникає внаслідок механічних коливань та взаємодії різних елементів конструкції судна з водою. Зменшення цього шуму є важливою задачею для забезпечення комфорту для екіпажу, оптимізації роботи обладнання та мінімізації впливу на морське середовище.

Вібрація суднових конструкцій, машин і механізмів генерує акустичний і гідроакустичний шум у навколишнє середовище через вібуючі поверхні та фундаменти, труби та інші з'єднані машини.

Структурний шум зазвичай вимірюється та кількісно оцінюється за допомогою показників вібрації [4, с. 47]. Існує загальний підхід до оцінки технічного стану машин за результатами вібрації на частинах, що не обертаються (ISO 10816). Згідно з вимогами, діагностика технічного стану проводиться в залежності від класу механізму за загальним рівнем вібрації. Для аналізу береться середньоквадратичне значення віброшвидкості механізму в діапазоні частот 10 – 1000 Гц [7, с. 12].

Однією з ключових причин структурного шуму є нерівномірність обертання колінчастого вала головного двигуна та дизель генератора, спричинена низкою технічних і експлуатаційних факторів. Нерівномірне обертання колінчастого вала створює додаткову вібрацію двигуна, так як призводить до динамічного дисбалансу і нерівномірного розподілу навантажень.

В умовах експлуатації крутний момент на колінчастому валу змінюється в залежності від циклу роботи циліндрів (упорскування палива, згоряння, вихлоп). Ці процеси відбуваються нерівномірно через різницю у компресії циліндрів, несвоєчасну подачу палива, змінне навантаження на двигун в умовах експлуатації, характерних для морських суден. Це приводить к коливанням швидкості обертання колінчастого вала. Це явище не лише впливає на механічну стійкість двигуна, а й сприяє значним втратам енергії через вібрації. Крім того, нерівномірне обертання спричиняє утворення циклічних напружень у структурі корпусу, які можуть знизити довговічність матеріалів.

Нерівномірність обертання колінчастого вала безпосередньо впливає на рівень вібрацій, які передаються через корпус судна, створюючи додатковий шумовий вплив на навколишнє середовище. Вібрації, які виникають унаслідок таких коливань, поширюються через корпус судна до навколишньої води, генеруючи акустичний вплив на морське середовище.

Це явище посилюється в умовах крену та диференту, які змінюють розподіл навантажень і робочі параметри механічних систем. Крен і диферент спричиняють нерівномірний розподіл мастила та палива, що викликає нерівномірне згоряння у циліндрах двигуна. Зокрема, у двигунах з низькою компресією або при недостатньому мастилi знижується стабільність роботи. Крім того, збільшені навантаження на деякі циліндри створюють дисбаланс у роботі двигуна, який може супроводжуватись циклічними деформаціями корпусу. Це явище ускладнюється, коли крен збільшує торсійні коливання, які, у свою чергу, можуть співпадати з резонансними частотами корпусу, посилюючи структурний шум.

Гравітаційні ефекти також відіграють важливу роль, змінюючи потоки мастила та повітря, створюючи нерівномірності у роботі циліндрів, що веде до додаткового структурного шуму.

Торсійні коливання, які виникають через змінне навантаження, можуть збігатися з резонансними частотами механічних елементів, що посилює шум і створює додаткові технічні складнощі. Коливання колінчастого вала через нерівномірність його обертання генерують циклічні напруження в системі, які можуть викликати втомне руйнування деталей. Особливо небезпечні умови, коли частота коливань двигуна входить у резонанс із природними частотами корпусу судна. У таких випадках амплітуда коливань значно збільшується, створюючи ризик пошкодження конструкцій. Торсійні коливання також передаються на допоміжні системи судна, такі як насоси та генератори, які починають працювати з підвищеною вібрацією, що знижує їхній ресурс.

Практичні наслідки таких процесів охоплюють широкий спектр проблем. Підвищені вібрації спричиняють швидке зношення компонентів двигуна, таких як підшипники, опори вала та елементи кривошипно-шатунного механізму. Це знижує загальну надійність системи та підвищує ризик аварійних ситуацій. Наприклад, пошкодження опор вала може призвести до раптового виходу двигуна з ладу, що створює небезпеку для екіпажу та судна. У довгостроковій перспективі це також означає збільшення витрат на технічне обслуговування. Для морської екосистеми високий рівень шуму створює акустичний стрес для морських мешканців, змушуючи їх мігрувати або змінювати поведінкові звички.

Для мінімізації цих явищ важливо застосовувати комплексний підхід, який включає технічні, експлуатаційні та управлінські рішення. Наприклад, модернізація систем подачі мастила та палива з урахуванням умов крену дозволяє забезпечити рівномірність роботи циліндрів і знизити рівень вібрацій. Гіроскопічні стабілізатори сприяють стабілізації судна, що зменшує крен і пов'язані з ним вібрації. Вдосконалення геометрії колінчастого вала та використання демпферів вібрацій дозволяє значно зменшити торсійні коливання. Застосування шумоізоляційних матеріалів у конструкції корпусу сприяє зменшенню передачі структурного шуму, підвищуючи комфорт та ефективність судна [5, с. 93].

**Висновки.** Дослідження підтверджують, що інтеграція сучасних технологій, таких як шумоізоляційні матеріали та моніторингові системи, є ефективним засобом зниження шумового впливу суден. Також важливим є дотримання міжнародних стандартів, включаючи

рекомендації ІМО МЕРС.1/Circ.906, [2] що сприятиме екологічній стійкості та підвищенню безпеки судноплавства [6, с. 16].

### Література:

1. Buszman, K. Analyzing the impact on underwater noise of changes to ship parameters. *Polish Maritime Research*, 2020, vol. 27, no. 3, pp. 176–181. DOI: 10.2478/pomr-2020-0058.
2. МЕРС.1/Circ.906. Revised Guidelines for the Reduction of Underwater Radiated Noise from Shipping to Address Adverse Impacts on Marine Life. *International Maritime Organization*. London, 2023. 28 с.
3. Fukuda, Y. Impact of hull vibrations on propeller cavitation noise. *Journal of Sound and Vibration*, 2017, vol. 416, pp. 32–47. DOI: 10.1016/j.jsv.2017.03.009.
4. Kinnunen, T., et al. Crankshaft dynamics and structural noise emissions in heavy-duty marine engines. *Journal of Marine Science and Technology*, 2021, vol. 26, pp. 45–67. DOI: 10.1007/s00773-021-00788-1.
5. Barkley, D., et al. Advanced torsional dampers for noise and vibration control in marine engines. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2021, vol. 154, pp. 89–102. DOI: 10.1016/j.ymsp.2020.107547.
6. International Maritime Organization. Guidelines for Reducing Underwater Noise from Commercial Shipping to Address Adverse Impacts on Marine Life. *IMO Publications*. London, 2014. 22 с.
7. ISO 17208-1:2016. Underwater acoustics – Measurement of underwater sound from ships. *ISO Standards*. Geneva, 2016. 37 с.