

О.М. Мельник

Одеський національний морський університет, Україна

## ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ МОРСЬКОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ

*Стаття присвячена питанням безпечного процесу перевезення негабаритних вантажів морським транспортом зокрема в якості палубного вантажу сучасних морських суден. Розглядаються проблеми впливу геометричних параметрів, маси та ваги вантажу на виникнення аварійних ситуацій та шляхи їх попередження. Пропонуються рекомендації по розміщенню та закріпленню важковагових та негабаритних вантажних місць.*

**Ключові слова:** Негабаритний палубний вантаж, проблеми зсуву, закріплення та розташування вантажу.

### Постановка проблеми

Забезпечення безпечних умов морського перевезення палубних вантажів є найважливішим завданням в питаннях безпечної експлуатації транспортних суден і підвищення якості та ефективності використання морського транспорту. У питаннях організації перевезення палубного вантажу проблема набуває інший зміст якщо потрібно перевезення нестандартних, великовагових або негабаритних вантажів так як існує проблема зсуву та подальше пошкодження або втрата вантажу. Основні критерії безпечного розміщення та кріплення палубних вантажів викладені в міжнародних нормативно-технічних документах. Контроль параметрів і характеристик якими обґрунтовується безпека судна під час перевезення палубного вантажу є актуальною проблемою, яка потребує комплексного і системного підходу. Деякі питання дослідження організаційних заходів висвітлені в даній статті.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вперше розрахункову методику по визначенню навантажень, що діють на генеральний вантаж при хитавиці судна, було запропоновано академіком А. Н. Криловим і уточнено академіком Ю. А. Шиманським. Надалі дослідженнями проблем забезпечення безпеки морських перевезень вантажів схильних до зсуву займалися В. Г. Апельсин, Г. Н. Білозеров, В. Блазіуса, М. Н. Гаврилов, В. І. Гуревич, Є.Б. Карпович, В. В. Козляков, М. М. Лесков, Б. С. Максимов, А. Д. Москаленко, В. І. Снопков, Б. Л. Токарев, М. Г. Шмаков, А. С. Шпак, Т. Є. Малікова та багато інших вітчизняних і зарубіжних дослідників.

Розробки названих авторів послужили основою для побудови нових моделей зв'язкових систем «зсувний вантаж - спецпристрій - судно» і оцінці технологічних параметрів спецпристроїв для регулювання зсуву вантажів.

### Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Велика частина всіх міжнародних вантажних перевезень здійснюється саме по морю, тому складно переоцінити значення яке мають морські перевезення для успішного розвитку економік багатьох країн.

Морський транспорт має низку серйозних переваг які суттєво відрізняють його від інших видів транспорту. Найбільш важливими з них є можливості доставки вантажів в географічні райони, де іншими способами здійснити її неможливо, і низька собівартість при значній вантажопідйомності вантажних місць (до 700 т і більше).

Сучасний ринок морських перевезень негабаритних вантажів в Україні і динаміку його розвитку обумовити в два етапи. Це період до 2008 року, коли ринок переживав бурхливий розвиток і період з кінця 2015 року, коли знову намітилися тенденції до післякризового пожвавлення, яке спостерігається не тільки в сфері негабаритних перевезень для потреб агропромислового комплексу, а й в інших галузях народного господарства. Зростання іноземних інвестицій в машинобудування, промисловість, видобувну галузь, будівництво також посприяли пожвавлення ринку транспортних послуг України.

Паралельно з розвитком і будівництвом великих інфраструктурних проектів виникла потреба в перевезенні унікальних негабаритних вантажів в зборі, не піддаючись при цьому демонтажу і роз'єднанню на складові частини і компоненти з огляду на високу вартість і використання високих технологій у виробництві. Найчастіше такі вантажі по своїм масово-геометричними характеристиками перевищують технологічні розміри вантажних люків трюмів і приймаються до морського перевезення як палубний вантаж. [2] Представляючи таким чином групу великогабаритних вантажів які за своїми габаритами або масою понад 35 т перевищують розміри рухомо складу та не можуть

бути поміщені в трюмі судна. Сюди можна віднести бурові платформи, плавзасоби, локомотиви, вагони, великі деталі обладнання, котли, цистерни, літаки, автомашини, вітрогенератори модулі (як зображено на рис.1)



Рис.1 Вивантаження палубного вантажу судном компанії Mammoet.

Бурхливий і динамічний розвиток перевезень масивних генеральних вантажів на палубі також наклав свій відбиток на показниках аварійності світового флоту. Відзначено, що щорічно в середньому на 90 судах відбуваються аварії, пов'язані з перевезенням сухих, в тому числі лісових, вантажів. При цьому середнє число загиблих членів екіпажів суден склала в середньому 170 осіб за рік. [6] Судну для перевезення генеральних вантажів, кількість яких становить близько 20% від усього світового торгового флоту, принесли понад 40% від усіх збитків і майже 40% від числа нещасних випадків, що значно більше, ніж на інших типах суден.

Недостатня вивченість транспортних характеристик і властивостей негабаритних вантажів, що пред'являються до морського перевезення призводить до аварій суден в тому числі і з важкими наслідками і як результат до людських жертв. Наявний досвід кріплення подібних вантажів ще не отримав узагальнення в достатній мірі і представляє кілька обмежень і несистематизований характер. Аналіз наслідків окремих аварійних ситуацій показує наявність проблеми зсуву вантажних місць яка призводить до часткової або повної втратою вантажу, а іноді може призводити і до загибелі самого судна. [5] Найчастіше причинами аварій як правило є: порушення схем кріплення, використання штатного кріплення, що не має відповідних сертифікатів що підтверджують робочу і розривну міцність, недостатній контроль за навантаженням і кріпленням вантажу під час рейсу. Як результат матеріальні збитки є досить істотними і обчислюються десятками і сотнями тисяч доларів.

У той же час відсутність комплексного підходу і практика розгляду лише окремих питань розміщення і кріплення палубного вантажу призводить до необгрунтовано високої вартості витрат на його закріплення.

Саме тому впровадження автоматизованих систем контролю технологічних процесів і програм розробки технічних умов розміщення та кріплення палубних вантажів буде сприяти підвищенню якості організації процесу перевезення, оскільки дозволить виключити всі негативні фактори, пов'язані впливом людського фактора в питаннях планування, розміщення і кріплення вантажів. Однією з таких успішно функціонують програм є LASHCON IMO яка дозволяє розраховувати прискорення і баланс сил в зв'язках і оснащеннях кріплення вантажних місць (виключаючи контейнера) відповідно до Додатку 13 Кодексу безпечної практики розміщення і кріплення вантажу (CSS code) видання 2003 року IMO (IMO). З огляду на те що всі негабаритні вантажі не є масовими то вони вимагають кріплення кожного вантажного місця окремо і відповідно розрахунків за кількістю і міцності кріпильних матеріалів для кожної вантажної одиниці.

Основне правило для закріплення палубних вантажів з тенденцією до зсуву під час помірних погодних умов - це сума мінімального розривного зусилля (Minimal breaking loads) всіх кріплень яка повинна бути не менше ніж в два рази більше статичної ваги одиниці вантажу, що підлягає закріпленню. Тобто для одного місця вагою в 10 т потрібні кріплення які повинні мати загальну навантаження на розрив не менше 20 т. [7] Існує також метод практичного застосування так званого «триразового правила» яке введене Дж. Ноттом. Воно полягає в тому, що значення суми розривної міцності всіх кріпильних пристроїв повинна дорівнювати вазі вантажу, помноженому на три. Наприклад, якщо вантаж важить 20 тонн, то сума розривної міцності (breaking strength) всіх найтових повинна дорівнювати  $20 \times 3 = 60$  тонно-сил. Однак в разі виникнення аварійної ситуації та подальшого розслідування її причин упор буде робитися на оцінку якості закріплення вантажу і правильність проведених розрахунків відповідно до вимог Кодексу CSS і тільки після цього оцінку якості кріпильного матеріалу, погодних умов та інших факторів, що вплинули на це.

Сили, що діють на негабаритний палубний вантаж під час морського перевезення.[4]

Під час перевезення вантажів морем на верхній палубі морських судів вони можуть перебувати під дією наступних сил:

- власної ваги;
- тертя, що виникає між вантажем і палубою або підстилковим матеріалом;
- інерції, що виникає при знаходженні судна на схвильованій поверхні моря;
- тиску вітру;
- ударів хвиль;
- плавучості, що виникає при попаданні хвиль на палубу;
- натягу найтових, якими кріпиться вантаж до палубі.

Складові сили ваги по осях:

Розрізняють бортову, кильову і вертикальне хитавицю. [1] При бортовий хитавиці коливання відбуваються навколо поздовжньої осі, що проходить через центр ваги судна, при кильової - навколо поперечної. Бортова хитавиця при малому періоді і великих амплітудах стає поривчастий, що небезпечно для палубного вантажу, судових механізмів і важко переноситься людьми (вплив на палубний вантаж показано на рис.2)

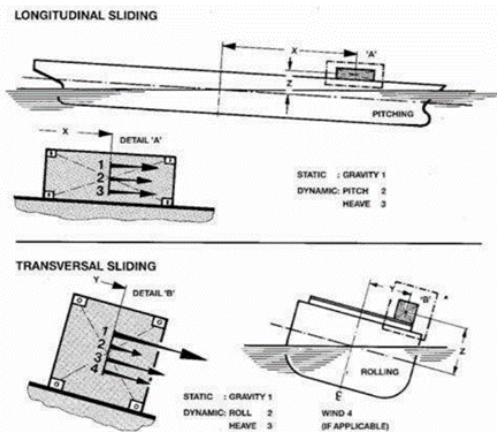


Рис.2 Поздовжнє (longitudinal sliding) і поперечне (transversal sliding) ковзання палубного вантажу.

Сили, що виникають при 1-статичному нахилі від власної ваги, 2-динамічному нахилу при кильової і бортовий хитавиці, 3-динамічному нахилу при вертикальній хитавиці, 4-вітрового навантаження; [7]

Коли судно знаходиться на схвильованій поверхні моря, воно відчуває також і вертикальну качку. Крім того, під час хвилювання судно бере участь в орбітальному русі разом з частинками води. Всі види хитавиці - явище періодичне, що викликає появу інерційних сил, що досягають іноді великого значення. З трьох видів хитавиці тільки вертикальна викликає незначні інерційні сили, якими зазвичай нехтують. (Показана на рис.3)

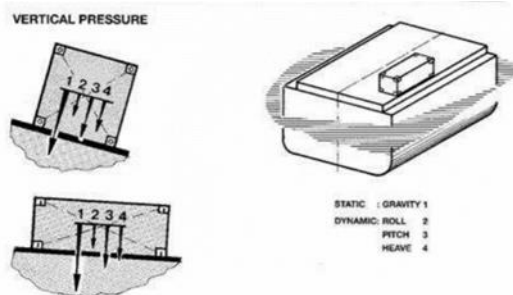


Рис.3 Вертикальний тиск ваги вантажу на палубу. 1- в статичному стані, 2 динамічний стан при бортовий хитавиці, 3-динамічний стан при кильової хитавиці, 4-динамічний стан при вертикальній хитавиці;[7]

Інерційні сили при бортовий і кильової хитавиці не враховувати не можна. Всі частини судна, а також

предмети, які знаходяться на судні, в тому числі й палубні вантажі, відчувають вплив інерційних сил. [3] Зазвичай окремо визначають інерційні сили від бортовий і окремо - від кильової. Бортова і кильова качка досягають свого максимального значення при рівності періоду вільних коливань судна і періоду хвиль. Причиною бортовий качки є, з одного боку, відновлюючий момент, а з іншого - крутний момент інерційних сил, що дорівнює кутовому прискоренню, помноженому на момент інерції маси тіла щодо осі обертання.

Розрахунок кріплення палубного вантажу відповідно до рекомендацій ІМО наведено в додатку 13 «Методи оцінки ефективності пристроїв кріплення нестандартних вантажів» [8] Кодексу безпечної практики розміщення і кріплення вантажу ІМО і визначає наступний порядок розрахунку сил, що діють на вантаж.

Розрахунок зовнішніх сил, що діють на вантаж у поздовжньому, поперечному і вертикальному напрямках, здійснюється за формулою:

$$F(x, y, z) = ma(x, y, z) + F_w(x, y) + F_s(x, y)$$

де:

$F(x, y, z)$  - поздовжні, поперечні і вертикальні сили;

$m$  - маса вантажу;

$a(x, y, z)$  - поздовжнє, поперечне і вертикальне прискорення;

$F_w(x, y)$  - поздовжня і поперечна сила вітрового тиску:

$$\text{Вітровий тиск } P_{ve} = 1.5 S_p \text{ [кН]}$$

де;

$S_p$  - площа парусності вантажу (відповідно поперечна і поздовжня).

$F_s(x, y)$  - поздовжня і поперечна сила удару хвиль.

Сила ударів хвиль при заливанні вантажів:

$$F_s(x, y) = pS(x, y)$$

де:

$S(x, y)$  - площа заливання поверхні, відповідно перпендикулярна осям  $x$  і  $y$ .

$$p = 7,4 \text{ кН при висоті заливання } 0,6 \text{ м;}$$

$$p = 19,6 \text{ кН при висоті заливання } 1,2 \text{ м.}$$

В діапазоні висот заливання від 0.6 до 1.2 м величина  $p$  визначається лінійною інтерполяцією.

Кожне негабаритний місце на борту судна повинно завантажуватися і розміщуватися так, щоб воно зберігало міцне становище незалежно від форми вантажного місця, [9] щоб воно не перевантажувало судові конструкції, і було забезпечено хороше тертя між вантажним місцем і площею опори. Тому місце установки вантажного місця або платформа під ним має бути якомога більше, маючи на увазі межі розмірів вантажних одиниць і симетрично щодо ЦТ вантажного місця, наскільки це можливо. Укладання і кріплення важких вантажних місць повинно ретельно планувати

тися і перевірятися відповідними розрахунками. Результати цього попереднього планування слід обговорити з представниками стивідорної компанії і членами екіпажу судна, відповідальними за процес навантаження. Як правило, розміщення вантажу є одинарним з прямим кріпленням. Якщо навантаження здійснюється на флетрек (flatrack) або платформу на судні-контейнеровозі, ці місця розміщення повинні міцно кріпитися до судна поворотними конусами. Остаточне розташування укладання і кріплення слід відобразити документально, щоб згодом довести, що все було зроблено правильно.

Умовно негабаритні вантажі можна поділити на дві категорії де до першої можна віднести негабаритні та великовагові вантажі. Ця категорія включає в себе тяжкі компактні одиниці, забезпечені засобами підйому, що стоять вертикально на опорній конструкції, що мають міцну поверхню що здатна передавати важке навантаження на місце розміщення. Типовим прикладом є трансформатори і електричні генератори. На супроводжуючих кресленнях в масштабі має бути вказана наступна інформація: вид вантажу збоку, спереду і зверху, особливо виділені місця підйому і місце установки на опорі. На цьому кресленні повинен бути показаний ЦТ. Також має бути детально вказані рекомендовані способи підйому і місця для кріплення. Відповідність підйомних пристроїв та місць для кріплення може залежати від напрямку вантажу щодо системи координат при розміщенні на судні. Рекомендована схема розподілу сумарного дії зв'язків закріплення: по 40% на правий і лівий борт і по 10% в ніс і корму. [10] Якщо технологічних місць для кріплення вантажу на борту судна недостатньо, то необхідно визначити кількість додаткових місць і способи для кріплення вантажного місця і проінформувати про це представників вантажовласника. Розривна міцність місць підйому і місць кріплення вантажу повинні бути заявлені і відображені в документах вантажовідправника.

До другої категорії можна віднести негабаритні довгомірні легковагі вантажні місця, які перевозяться в горизонтальному положенні; не встановлені на своїх опорах, що мають тендітні, вразливі або частково міцні поверхні і не мають засобів для підйому або кріплення. Підйом цих місць, як правило, здійснюється за допомогою строп або ременів. Типовим прикладом таких вантажів є пластикові труби великого діаметра, вертикальні резервуари, кисневі танки, мостобудівні модулі, вітрогенератори лопаті та інше обладнання. Супровідна документація повинна містити технічну специфікацію і креслення в масштабі з зазначенням тривимірної проєкції вантажу, точки і пристосування для підйому і кріплення, а також ЦТ вантажу.

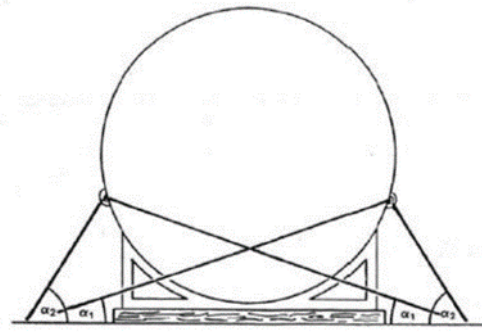


Рис.4 Схема кріплення резервуара на палубі. Кути кріплення проти ковзання  $\alpha_1$  не повинні бути вище 25 градусів, а від перекидання  $\alpha_2$  не нижче 45 до 60 градусів; [8]

На згаданому вище кресленні вантажовідправник повинен вказати місця, де слід заводити швартувальні зв'язки зі сталевих тросів або ланцюгових найтових. Ці місця повинні бути рівно розподілені по довжині вантажного місця, і розташовуватися якомога більше симетрично щодо ЦТ. У разі якщо вантажне місце додатково містить будь-які пристосування, не призначені для закріплення, але їх можна використовувати для цієї мети, беручи до уваги їх міцність, то така інформація також повинна зазначатися вантажовідправником письмово.

## Висновки

Забезпечення безпечних умов перевезення негабаритних палубних вантажів є першочерговим завданням особливо в пошуках рішень щодо забезпечення незмінюваності вантажу в процесі експлуатації судна. Проблема зсуву палубних вантажів все ще потребує всебічного дослідження в плані визначення основних факторів, і їх критичного аналізу для формулювання вихідних положень, які можуть бути враховані при плануванні процесу перевезення негабаритних вантажів. Найявний досвід кріплення подібних вантажів також ще не отримав узагальнення в достатній мірі і представляє обмежений і несистематизований характер зважаючи на постійний процес виробництва унікальних вантажів і реалізації нестандартних рішень по їх перевезенню і закріпленню. Окремі аварійних ситуацій і їх наслідки також потребують ретельного аналізу та додаткового вивчення проблеми зсуву вантажних місць внаслідок чого відбувається пошкодження або втрата вантажу, пошкодження або втрата самого судна. Тому необхідно робити акцент на дослідження транспортних характеристик і фізичних властивостей негабаритних вантажів, що пред'являються до морського перевезення для мінімізації ризиків, щоб уникнути аварійності суден і людських жертв.

## Література

1. Сизов, В. Г. Теорія і пристрій судна. «Качка судів» [Текст] / В. Г. Сизов. - М.: Мортехінформреклама, 1992. 158 с
2. Снопков, В. І. Технологія перевезення вантажів морем [Текст] / В. І. Снопков - С.-Петербург: АНО НВО «Світ і Сім'я», 2001.
3. Жинкін В.Б. Теорія та устрій судна [Текст] : підручник для СПО В.Б. Жинкін. - М, Юрайт., 2018.
4. Москаленко, А. Д. Морська транспортування смещаючихся вантажів [Текст] / А. Д. Москаленко. - Владивосток, ДСДУ, 1984.
5. Малікова, Т. Є. Теоретичні основи і методологія регулювання смещаемости вантажів на морських судах. [Текст] : Автореферат дисертації д.т.н. / Т.Є. Малікова; МДУ ім Невельського, Владивосток, 2014.
6. Карпович, О.Е. Актуальні питання забезпечення безпеки морського перевезення лісових вантажів [Текст] : Автореферат дис к.т.н / О.Е. Карпович; ДМА ім Макарова, СПб, 2005.
7. Cargo securing model manual, (2004) DNV report 97-0161; 103.
8. Додаток 13, Кодексу безпечної практики розміщення і кріплення вантажу (CSS code) [Текст] . - видання, ІМО (ІМО), 2003.
9. Джон Нотт «Кріплення палубного вантажу» (Capt. John Richard Knott "Lashing and Securing of Deck Cargoes", 3rd Edition, Editor Nautical Institute., 2002.
10. Соколов, Д.Д.. Розміщення і кріплення вантажу на морських судах + CD [Текст] / Д.Д. Соколов - М.: изд-во "Моркнига", 2011 р - 215 с., 124 іл.

## References

1. Sizov, V.G. (2003). Theory of the ship. *The pitching of ships*, 284, 166.

2. Snopkov, V.I. (2001) Technology for the carriage of goods by sea, *Oversized and heavylift cargo transportation*, 560, 429-430.
3. Zhinkin, V.B. (2018) Theory and ships arrangement, *Rolling equation*, 407, 269.
4. Moskalenko, A.D. (1984) Sea transportation of shifting cargoes, 102.
5. Malikova, T. E. (2014) Theoretical foundations and methodology for regulating the cargo shifting on board of ships. Abstract of thesis of doctor of technical sciences.
6. Karpovich O.E. (2005) Actual issues of ensuring the safety of sea transportation of timber cargo, Abstract of thesis candidate of technical sciences.
7. Cargo securing model manual, (2004) DNV report 97-0161; 103.
8. Code of Safe Practice for the Placement and Securing of Cargo (CSS code) (2003), Appendix 13, IMO edition.
9. Knott, J.R. (2003) Securing Deck Cargoes, Lashing and Securing of Deck Cargoes," 3rd Edition, 225.
10. Sokolov, D.D. (2011) Placement and securing of cargo on ships, 215, 124 ill.

**Рецензент:** д.т.н. Пітерська Варвара Михайлівна, проф. каф. «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт», Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

**Автор:** МЕЛЬНИК Олександр Миколайович  
аспірант

Кафедра «Експлуатація флоту та технологія морських перевезень»

Одеський національний морський університет

E-mail – [m.onmi@ukr.net](mailto:m.onmi@ukr.net)

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9228-8459>

## SAFETY ISSUES OF OVERSIZED CARGOES TRANSPORTATION BY SEA

O. Melnyk

Odessa National Maritime University, Ukraine

*The article deals with general principles, rules and requirements for oversized and heavyweight cargoes carriage on deck. Since the most of all international freight transportations carried out by sea, the value that water transportation has for the successful development of the economies of many countries is hard to overestimate. Water transport has a number of serious advantages that significantly distinguish it from other modes of transport. The most important of them are the possibilities of delivering goods to those areas where it is impossible to deliver by other methods, and low cost with significant cargo capacity. Cargo shipping might be complicated depending on the cargo unit, which has non-standard parameters in terms of weight, volume and dimensions. In a situation where one or more parameters such as length, width, cargo height exceed the standard FEU (forty feet container) dimensions, then we are talking about the transportation of oversized cargo by sea. Many industries need modern technology and unique equipment that should not be disassembled into components during transportation. Hence, such cargo being exceptional due to the great value require the special conditions of carriage and transportation and special techniques for stowage and securing. Understanding and learning the transportation features of oversized cargo and its options before the shipment is essential in forthcoming project. The main issue during the sea transportation is the deck cargo-shifting problem, which leads to hazardous occurrences. Actions for shifting prevention are ensuring the proper supervision, implementing stowage methods, the proper cargo dunnaging and securing procedures during port operations, monitoring of parameters and characteristics that justify the safety of the vessel and cargo during the sea passage is high priority. Thus ensuring the safe conditions of sea transportation of deck cargo units is the most important task in the safe operation of seagoing vessels, which leads to improving the quality, safety and efficiency of the use of water transport.*

**Keywords:** Oversized cargo transportation, water transport, deck cargo securing, cargo shifting problem.