

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
МІНІСТЕРСТВА НАУКИ І ОСВІТИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Хом'яков Віталій Юрійович

УДК 656.614.3:073.546.2

ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ
МАЛОТОННАЖНИХ СУДЕН НАВАЛОЧНИМИ ВАНТАЖАМИ**

05.22.13 – навігація та управління рухом

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.
Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



Хом'яков В. Ю.

Науковий керівник к.т.н., с.н.с., професор Савчук Віктор Дмитрович

ОДЕСА – 2021

АНОТАЦІЯ

Хом'яков В. Ю. Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.13 «навігація та управління рухом» (271 – Річковий та морський транспорт). – Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2021.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню науково-прикладної задачі удосконалення технології завантаження малотоннажних коастерних суден навалочними і насипними вантажами, забезпечення належних морехідних якостей і безпеки їх мореплавання.

Було встановлено, що питання розрахунку маси і розміщення вантажів в одному трюмі окремими штабелями досліджені не в повному обсязі.

Проаналізовано недоліки сучасних вантажних програм, що використовуються судноводіями для планування вантажних операцій та розрахунку вантажного плану. Розглянуто конфігурації трюмів існуючого коастерного флоту, особливості їх завантаження окремими штабелями вантажу з урахуванням певних обмежень.

Автором враховано сучасні можливості та потужності портів і портових вантажних комплексів і терміналів при практичних розрахунках рейсових завдань та умов чартерів на різних судах. Натурні спостереження дали змогу прийняти необхідне рішення для розв'язання поставленої задачі.

Проведено обґрунтування основного напрямку дисертаційного дослідження, яке передбачає створення методу «природної сепарації» штабелів вантажів при одночасному перевезенні в одному трюмі.

В запропонованій математичній моделі, яка враховує конфігурацію вантажного відсіку та форму об'єму штабелів вантажу, використані судові гідростатичні таблиці та побудовано функції в вигляді апроксимуючих

поліномів двох змінних, що виражають масу судна та його горизонтальний момент через два аргументи: носову та кормову осадки. Модель адаптована до інженерних розрахунків і базується на фактах, які встановлені автором при виконанні натурних спостережень під час завантаження коастерних малотоннажних суден «WILSON BILBAO», «WAVE» та «ELENA» одночасно різними партіями навалочних вантажів та при різних портових умовах. Модель реалізована пакетом математичних обчислень «Scilab».

Розроблено та запатентовано «спосіб розміщення» та «спосіб контролю розміщення» навалочних вантажів в трюмі судна, який включає розрахунок розподілення мас різних вантажів з врахуванням їх зміщення при диференті судна. Спосіб дозволяє прораховувати можливість завантаження судна різними вантажами, запобігаючи їх змішуванню, та розраховувати морехідні якості судна, використовуючи судові вантажні програми.

Головним результатом дисертаційної роботи є розробка методики розрахунку розміщення окремих штабелів вантажів з використанням запропонованого методу «природної сепарації» на будь-якому етапі завантаження та фактичному диференті судна, що дозволяє удосконалити методи завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами.

Дисертаційна праця використана у виробничій діяльності судноплавних компаній та на малотоннажних судах, а також впроваджена в науково-дослідних роботах, які виконуються в НУ«ОМА» та в навчальному процесі курсантів. Таким чином, результати дисертаційної роботи у вигляді розроблених математичних моделей і розрахункових схем технологічних процесів, на основі запропонованого методу «природної сепарації», дають змогу забезпечити максимальне використання вантажомісткості малотоннажних суден при перевезенні декількох вантажних партій та підвищити рівень безпеки перевезення вантажів.

Ключові слова: коастер, метод природної сепарації, вантажні операції, оптимізація і контроль завантаження однострумного судна, вантажний план малотоннажного судна.

ANNOTATION

Khomyakov V. Improvement of bulk cargo loading methods for low-displacement vessels. Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation in support of candidature for a candidate of engineering sciences (Ph.D.) degree on specialty 05.22.13 – Navigation and traffic control (271 – River and sea transport). – National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, 2021.

The Dissertation is devoted to the decision of a scientific and applied problem of improvement of bulk cargo loading methods for low-displacement coastal vessels, ensuring proper navigability as well as safety of their navigation.

It was revealed that the issues of calculating of weight and placing cargo in one hold by several separate stacks were investigated not in full.

The weaknesses of modern cargo programs used by navigators for planning cargo operations and calculating the cargo plan were analysed. The work provides consideration of holds configurations of the existing coaster fleet, the features of their loading with individual cargo piles, taking into account certain restrictions.

The author has taken into account the modern capabilities and capacities of ports as well as port cargo complexes and terminals in practical calculations of sailing directions and charter conditions on different vessels. Field studies allowed to pin down the necessary solution for the operating objective.

The justification of the principal direction of the thesis research, providing for the creation of a «natural separation» method for piles of cargo in case of simultaneous transportation in one hold was provided.

The proposed mathematical model that takes into account the configuration of the cargo section and the shape of the volume of cargo piles, uses ship hydrostatic tables and provides functions in the form of approximating polynomials of two variables expressing the light mass and its horizontal moment through two arguments: draft at forward perpendicular and draft at after perpendicular. The model is adapted for engineering calculations and is based on the facts established

by the author when performing field studies when loading simultaneously at low-displacement coastal vessels «WILSON BILBAO», «WAVE» and «ELENA» of different batches of bulk cargo and in the different port conditions. The model is implemented using the «Scilab» mathematical calculations package.

The «placement method» and the «placement control method» for bulk cargo in a vessel's hold were developed and patented, including the calculation of the weight distribution of different cargoes according to the amendment for the cargo displacement relative to the trim of the vessel. The method allows calculating the possibility of loading the vessel with various cargoes, preventing their mixing, as well as to calculate the vessel's navigability using ship cargo programs.

The main result of the dissertation is the development of a calculation procedure for the placement of individual piles of cargo at any loading step and any actual trim difference, using «natural separation», which allows improving the bulk cargo loading methods for low-displacement coastal vessels.

The results of the dissertation work were applied in the production activities of ship-owning companies and on low-displacement boats, as well as were introduced in research works represented at the NU «OMA» and also in the educational process when studying by cadets. In this regard, the results of the thesis work in a form of the developed mathematical and analytical models of operating procedures based on the proposed natural separation method gives the possibility to maximize the use of the load capacity of low-tonnage vessels when transporting several cargo consignments, as well as to increase the safety of cargo transportation.

Keywords: coaster (coastal vessel), natural separation method, cargo operations, optimization and loading control of a single-hold vessel, cargo plan of a low-displacement vessel.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

LIST OF PUBLICATIONS OF THE APPLICANT

Праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації
Works, in which the main scientific results of the dissertation are published

1. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Загрузка судна типа «Коастер» навалочным грузом с использованием метода «Естественной» сепарации. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії* : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2014. – №1 (10). – С. 64–70. (фахове видання)
2. Хомяков В. Ю. Пошаговая загрузка навалочным грузом т/х «Plato». *Судовождение* : Сб. научн. трудов / ОНМА, Выпуск 24. – Одесса : «ВидавІнформ», 2014 – С. 171–177. (фахове видання)
3. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Применение метода пошаговой загрузки судов типа «Коастер» навалочными грузами. *Проблеми Техніки* : науково-виробничий журнал / ОНМУ, Выпуск 2/2014 – Одесса : «Фірма «Інтерпрінт», 2014 – С. 43–48. (фахове видання)
4. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Расчет координат центра тяжести штабеля груза при дифференте малотоннажного судна. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. – СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2016. – Вып. 1(35). – С. 36–45. (міжнародне фахове видання)
5. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Способ загрузки малотоннажного однотрюмного судна несколькими видами навалочных грузов. *Судноводіння* : Сб. наук. праць / НУ«ОМА», Вип. 27. – Одеса : «ВидавІнформ», 2017 – С. 194–201. (фахове видання)

6. Хом'яков В. Mathematical model of taking into account changes in geometric and physical characteristics of bulk cargo stacks in the process of loading a light vessel. *Міжнародний незалежний науковий журнал*, № 27 2021 VOL.1 – Krakow: 2021 – С. 32–36. (міжнародне фахове видання)

7. Хом'яков В. Mathematical model of taking into account the configuration of the hold when compiling the cargo plan of the vessel type «coaster». *Міжнародний незалежний науковий журнал*, № 29 2021 – Krakow: 2021 – С. 52–63. (міжнародне фахове видання)

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Proceedings certifying approbation of the materials of the dissertation

8. Хомяков В.Ю. Перевозка на судах типа «коастер» одновременно нескольких видов грузов. *Забезпечення безаварійного плавання суден* : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 16-17 лист. 2011 р. Одеса, 2012. С. 121–123.

9. Хомяков В.Ю. Расчет высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «Коастер». *Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека* : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 19-20 лист. 2013 р. Одеса, 2014. С. 65–67.

10. Хомяков В.Ю. Использование метода «естественной» сепарации при загрузке судна навалочным грузом. *Енергетика судна: експлуатація та ремонт* : матеріали наук.-техн. конф., м. Одеса, 26-28 бер. 2014 р. Одеса, 2014. С. 59–62.

11. Хомяков В.Ю. Диаграмма графического расчета массы навалочных грузов при перевозке с «естественной» сепарацией. *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2014)* : збірка матеріалів VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 27-29 травня 2014 р. Херсон, 2014, С. 147–148.

12. Хомяков В.Ю. Использование метода «Естественной» сепарации при перевозке навалочных грузов. *Морські перевезення та інформаційні технології в суднопластві* : матеріали наук.-метод. конф., Одеса, 18-19 лист. 2014 р. Одеса, 2014. С. 96–98.

13. Хомяков В.Ю. Расчет расположения штабелей навалочных грузов в трюме «Коастера». *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015)* : збірка матеріалів VII між нар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 26-28 травня 2015 р. Херсон. 2015. С. 127–129.

14. Хомяков В.Ю. Определение погрешности при расчете параметров штабеля навалочного груза в трюме малотоннажного судна. *Морські перевезення та інформаційні технології в суднопластві* : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 19-20 лист. 2015 р. Одеса, 2016. С. 81–87.

15. Хом'яков В.Ю. Автоматизація контролю завантаження однотрюмного судна навалочними вантажами. *Річковий та морський транспорт: інфраструктура, суднопластво, перевезення, безпека* : матеріали наук.-техн. конф., м. Одеса, 16-17 лист. 2016 р. Одеса, 2017. С. 166–171.

16. Хом'яков В.Ю. Технологічні особливості завантаження малотоннажного однотрюмного судна «WAVE». *Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, суднопластво, перевезення, автоматизація* : матеріали наук.-практ. конф., м. Одеса, 15-16 лист. 2018 р. Одеса, 2018. С. 302–304.

17. Хом'яков В. Ю. Завантаження однотрюмного судна навалювальним вантажем з використанням методу природної сепарації. Принципи розвитку організації морських перевезень в сучасних умовах міжнародного суднопластва : Колективна монографія за ред. Л.Л. Ніколаєвої. Одеса, 2020. С. 153–163.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації
Proceedings which additionally reflect the scientific results of the dissertation

18. Спосіб розміщення навалювальних вантажів в трюмі судна : пат. 107604 Україна. № у 2016 00313 ; заявл. 14.01.2016 ; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11. 6 с.

19. Спосіб контролю розміщення навалочних вантажів в трюмі судна : пат. 114118 Україна. № у 2016 09903 ; заявл. 26.09.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. 6 с.

ЗМІСТ

ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО БЕЗПЕЦІ	
ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАЛОТОННАЖНИХ СУДЕН	22
1.1 Дослідження забезпечення безпеки роботи флоту	22
1.2 Дослідження розрахунків міцності корпусу малотоннажних суден	25
1.3 Процеси оптимізації та логістики вантажних операцій судна	30
1.4 Тенденції роботи флоту і ринку малотоннажних суден	33
Висновки по розділу 1	41
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА	
ЙОГО МЕТОДОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	43
2.1 Аналіз конструктивних особливостей суховантажного однострюмного судна	46
2.2 Суднова вантажна технічна документація	54
2.3 Аналіз існуючих суднових вантажних програм	57
2.3.1 Вантажна програма «SCHIFFKO»	59
2.3.2 Вантажна програма «LOCOPIAS»	62
2.3.3 Вантажна програма «EASEACON»	65
Висновки по розділу 2	69
РОЗДІЛ 3. НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ	
ВАНТАЖНИХ ОПЕРАЦІЙ МАЛОТОННАЖНИХ	
ОДНОСТРІУМНИХ СУДЕН	71
3.1 Практика виконання вантажних робіт для однострюмного судна при завантаженні навалочними вантажами	71

3.2 Спостереження неповного завантаження трюму судна навалочними вантажами -----	74
3.3 Спостереження завантаження трюму окремими штабелями навалочних вантажів -----	81
3.4 Спостереження нестандартного завантаження «коастерних» суден навалочними вантажами -----	88
3.4.1 Практика експлуатації суден з трюмами без пересувних твіндеків чи зернових переборок -----	89
3.4.2 Практика експлуатації суден що мають у трюмах пересувні твіндечні або зернові панелі -----	93
Висновки по розділу 3 -----	98

РОЗДІЛ 4. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНФІГУРАЦІЇ

ШТАБЕЛЮ НАВАЛОЧНОГО ВАНТАЖУ В ТРЮМІ СУДНА -----	100
4.1 Визначення геометричних та фізичних характеристик штабелів в трюмі при простій формі трюму -----	100
4.2 Визначення геометричних та фізичних характеристик штабелів в трюмі при його простій формі з урахуванням конструктивних особливостей -----	104
4.3 Урахування особливостей геометрії трюму різних суден -----	109
4.4 Урахування змін геометричних та фізичних характеристик штабелів вантажу в процесі завантаження та протягом рейсу -----	120
4.5 Урахування похибок -----	124
4.6 Визначення осадок судна в процесі завантаження -----	127
Висновки по розділу 4 -----	129

РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ

МЕТОДУ «ПРИРОДНОЇ СЕПАРАЦІЇ» -----	130
5.1 Практичне використання програмного середовища «Scilab» для розрахунку вантажного плану однострумного судна -----	130

5.2 Визначення конфігурації та параметрів штабелів методом «природної сепарації» -----	141
5.2.1 Перевірка можливості вантажного плану судна «Wilson Bilbao» методом «природної сепарації» -----	141
5.2.2 Практичні розрахунки вантажного плану судна «Wave» за допомогою створеного застосунку середовища «Scilab» -----	145
5.2.3 Визначення фактичних параметрів штабелів згідно з рейсовим завданням судна «Elena» -----	151
5.3 Практика формування корисної моделі -----	157
Висновки по розділу 5 -----	162
 ВИСНОВКИ -----	163
 СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ -----	166
 ДОДАТОК А. До розділу 1 - Огляд виконаних досліджень по безпеці експлуатації малотоннажних суден-----	178
ДОДАТОК Б. До розділу 2 - Вибір теми дисертаційного дослідження та його методологічного забезпечення -----	181
ДОДАТОК В. До підрозділу 3.2 - Практичні спостереження випадків неповного завантаження трюму судна навалювальними вантажами -----	193
ДОДАТОК Г. До підрозділу 3.3 - Практичні спостереження випадків завантаження трюму окремими штабелями навалочних вантажів -----	212
ДОДАТОК Д. До підрозділу 3.4 - Практичні спостереження нестандартного завантаження коастерних суден навалочними вантажами -----	230
ДОДАТОК Е. До розділу 4 - Математична модель конфігурації штабелю навалочного вантажу в трюмі судна -----	245
ДОДАТОК Ж. До пункту 5.2.1 - Перевірка можливості вантажного плану судна «Wilson Bilbao» методом «природної сепарації» -----	251

ДОДАТОК И. До пункту 5.2.2 - Практичні розрахунки вантажного Плану судна «Wave» за допомогою створеного застосунку середовища «Scilab» -----	258
ДОДАТОК К. До пункту 5.2.3 - Визначення фактичних параметрів штабелів згідно з рейсовим завданням судна «Elena» -----	266
ДОДАТОК Л. Акти впровадження результатів дисертації -----	277
ДОДАТОК М. Список публікацій здобувача -----	288

ВСТУП

Актуальність теми. Раціональне завантаження судна – важлива складова організації роботи флоту, як з технічної так і з економічної точки зору. Вона повинна бути такою, щоб виключати можливість виникнення надмірної хитавиці, зміщення вантажу, пошкодження суднових конструкцій та при цьому, забезпечити оптимальне використання вантажопідйомності і вантажомісткості судна. В дійсний час, коли світовий флот поповнюється малотоннажними новобудовами, суднова адміністрація повинна бути готова до специфіки роботи при експлуатації таких транспортних одиниць.

Розпорядженням КМ України від 06.05.2009 № 671-р була затверджена «Концепція Загальнодержавної цільової економічної програми розвитку суднобудування на період до 2035 р.», в якій сконцентровані нові комплексні системні рішення в технологічному вантажному процесі. Розробка інтелектуальних, більш спеціалізованих, суднових вантажних програм і систем – це один з головних напрямків щодо покращення мультимодальних перевезень вантажів, а також перевезень малотоннажними суднами типу «коастери» та обмеженого району плавання «ріка – море». Саме тому в роботі зосереджена увага на основні проблемні аспекти та питання технології перевезення та завантаження, такі як:

- практичні проблеми експлуатації однострумних малотоннажних суден;
- проблеми нестандартного планування та розрахунку параметрів штабеля вантажу в трюмі;
- проблема коригування при плануванні та управлінні технологічним процесом виконання завантаження;
- розробка математичних моделей та доповнення до суднової вантажної програми для розрахунку морехідних якостей судна і забезпечення безпеки мореплавання.

Удосконалення методів раціонального завантаження малотоннажного судна навалочними або насипними вантажами при плануванні вантажних

операцій, як одного з важливих елементів роботи судноводія обумовлює актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до постанов уряду: розпорядження КМ України від 20.10.2010 № 2174-р «Транспортна стратегія України на період до 2020 року»; рішення Ради національної безпеки і оборони України від 16.05.2008 «Про заходи щодо забезпечення розвитку України як морської держави»; постанови КМ України від 28.01.2000 № 96 «Удосконалення функціонування державної системи забезпечення безпеки судноплавства на 2002-2006 роки»; наказу Міністерства транспорту та зв'язку України від 05.05.2007 № 360 «Концепція неперервної національної транспортної політики розвитку всіх видів транспорту на 2007–2014 роки». Наукові дослідження виконувались згідно з тематикою держбюджетних науково-дослідних робіт НУ «ОМА» «Дослідження процесів розвитку транспортних технологій морських перевезень» (№ ДР 0119U001659), в якій автор самостійно виконав дослідження по розділу 4.1 «Визначення геометричних та фізичних характеристик штабелів в трюмі при простій формі трюму».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є забезпечення максимального використання вантажомісткості судна при перевезенні декількох вантажних партій та підвищення рівня безпеки перевезення вантажів.

Робочою гіпотезою дослідження є теза про те, що при виконанні вантажних операцій з навалочним вантажем повинна здійснюватись автоматизація розрахунку вантажного плану судна та його морехідних характеристик (посадка, остійність).

Головною задачею дослідження є оптимізація розташування штабелів вантажу у просторі єдиного трюмного модулю з метою забезпечення безпеки мореплавання. Рішення головного завдання досягається шляхом розв'язання наступних допоміжних задач:

- здійснення аналізу аварійності балкерного флоту;

- проведення порівняльного аналізу існуючих суднових комп'ютерних вантажних програм;
- проведення натурних спостережень за процесом завантаження судна навалочними вантажами;
- оцінювання можливості використання додаткового програмного забезпечення для суднових комп'ютерних вантажних програм;
- розробки математичної моделі для визначення конфігурації штабелю навалочного вантажу в трюмі судна;
- розробки методики визначення параметрів декількох штабелів в одному трюмі, а також координат їх центра ваги з врахуванням сформованих відкосів;
- розробки способу автоматичного контролю вантажних операцій малотоннажного судна з метою забезпечення безпеки мореплавання.

Об'єктом дослідження є процес завантаження судна декількома окремими навалочними або насипними вантажами в однотрюмний модуль.

Предметом дослідження є формування окремих штабелів навалочного вантажу при завантаженні малотоннажного однотрюмного судна.

Методи дослідження. Для розкриття поставлених у дисертаційній роботі питань були використані методи узагальнення, систематизації сучасних механізмів завантаження і формування штабелів навалювальних вантажів і порівняння для оцінки недоліків процесу. Синтез і аналіз був застосований для оцінки сучасного стану інформаційного завантаження типових вантажних планів і можливостей для їх повноцінного використання при плануванні вантажних планів. Метод статистичних спостережень дозволив виявити тенденції в специфіці роботи і коастерного флоту. Метод експертних оцінок дав можливість визначити критерії для подальшої розробки нових способів планування і завантаження штабелів вантажу на судно.

Для підготовки дисертаційної роботи використано також методи:

- а) дедукції – під час здійснення інформаційного пошуку і аналізу

методів проведення вантажних операцій малотоннажного однострумного судна;

б) системного аналізу – під час вибору теми дисертаційного дослідження та його задач;

в) обробки статистичних даних за результатами проведених натурних досліджень;

г) математичного і геометричного аналізу – для розробки математичних моделей стану штабеля навалочного вантажу в трюмі судна;

д) математичного моделювання – під час дослідження технологічних процесів виконання вантажних операцій і розрахунку морехідних якостей судна.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що в роботі запропоновано новий метод завантаження судна при одночасному перевезенні декількох навалочних вантажів, який дозволяє здійснювати розрахунки морехідних якостей судна для забезпечення його безпеки мореплавання. Наукові результати дисертаційної роботи полягають у тому, що:

- вперше розроблено метод «природної сепарації» для розміщення різних фракцій навалочних вантажів в одному трюмі та удосконалення існуючих методів завантаження;

- удосконалено метод розрахунку координат центра ваги штабелів з урахуванням зміни диференту судна в процесі його завантаження для подальшого розрахунку вантажного плану;

- отримали подальший розвиток способи розміщення і контролю стану навалочних вантажів у трюмі судна.

Практичне значення отриманих результатів. Практичне значення полягає в обґрунтуванні доцільності формування нових доповнень до суднової технічної вантажної документації та використання її в якості інструкцій і рекомендацій щодо розрахунків основних показників вантажних планів у світовому торговому судноплавстві та портах.

В цілому робота розкриває доцільність розширення експлуатаційних можливостей коастерного судноплавства в межах існуючих вантажних ринків і сформованих економічних шляхів та перевезення широкої номенклатури навалочних, насипних та інших вантажів. Це важливо для українського водного простору, особливо з урахуванням відновлення східного водного шляху, що буде сполучати Балтійське і Чорне моря по річках Дніпро, Вісла й Одер (проект ЄК-40).

Практичне значення проведеного дисертаційного дослідження визначається тим, що розроблений у дисертаційному дослідженні метод «природної сепарації», запропонований для автоматичного формування оптимального вантажного плану однострумного судна, може бути використаним для вдосконалення розрахунків проведення вантажних робіт в режимі реальних змін диференту, а також для розрахунку сил і моментів, діючих на судно, та його морехідних якостей після завантаження.

Практична цінність роботи полягає в тому, що отримані в роботі основні результати можуть бути використаними в практичній роботі судноплавних, стивідорних та фрахтових компаній, впроваджені на малотоннажних універсальних судах і в навчальному процесі.

Основні результати дисертаційної роботи використані у виробничій діяльності судноплавних компаній та на малотоннажних судах і впроваджені:

- на судах «PLATO» (акт від 02.08.2012), «WILSON BILBAO» (акт від 25.11.2013), «WAVE» (акт від 18.10.2015), «AMBER» (акт від 08.04.2016), «ELENA» (акт від 03.11.2016);
- в компанії ТОВ «ЛАЙТШИП МЕНЕДЖМЕНТ» (акт від 29.05.2020);
- в компанії ТОВ «Хелльманн Східна Європа Оуверсіз» (акт від 20.03.2020);
- в компанії ТОВ «ОДЕМАРА» (акт від 30.11.2020);
- в науково-дослідних роботах, які виконуються в НУ«ОМА» (акт від 24.01.2020);

– в навчальному процесі при вивченні курсантами напряму підготовки 271 «Річковий та морський транспорт» спеціалізації «Судноводіння» дисципліни «Технологія перевезення вантажів» (акт від 16.01.2020).

Особистий внесок здобувача. Усі положення і результати наукового дослідження, які виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно. Вони викладені в 19 роботах, з яких 7 – праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації; 10 – праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації та 2 – патенти, які додатково відображають наукові результати дисертації.

В опублікованих роботах викладено наступні результати: в [94, 95, 97] продемонстровано графічні розрахунки вантажного плану з використанням методу «природньої сепарації» декількох навалочних вантажів; в [96, 108] пояснюється основна технологія завантаження коастерного судна двома варіантами формування штабелів в трюмі; в [104, 105] викладено результати експериментів завантаження однострумних суден різними вантажами, використовуючи спосіб оптимізації, з врахуванням зміни диференту суден; в [109, 110] запропоновано способи розміщення і контролю стану навалочних вантажів в трюмі судна; в [98–100] описується можливість прорахунків нестандартних вантажних планів однострумного судна при перевезенні декількох вантажів; в [93] проведено та описано експериментальне використання графічної діаграми для розрахунку висоти штабеля при завантаженні коастерного судна; в [92] проведено та описано експериментальне використання графічної діаграми для вирішення задач завантаження однострумного судна; в [102] описано можливість розрахунку розташування штабелів навалочних вантажів в одному трюмі враховуючи умову запобігання їх змішування; в [101] запропоновано формули для визначення похибки при розрахунку параметрів штабелів навалочних вантажів в трюмі малотоннажного судна при наявності диференту; в [103, 106, 107] запропоновано математичну модель автоматизації контролю завантаження однострумного судна

різними навалочними вантажами, враховуючи конфігурації штабелів та форму вантажного трюму.

Здобувач використав системний підхід і здійснив інформаційний пошук щодо проблеми завантаження малотоннажних одотрюмних суден навалочним вантажем та забезпечення безпеки їх мореплавання, сформулював мету і задачі наукового дослідження, виконав методологічне забезпечення дисертаційної роботи. Розробив математичну модель, яка описує конфігурацію одночасно декількох штабелів навалочного вантажу в одному трюмі судна. Виконав постановку та здійснив натурні спостереження і експерименти в рейсах на коастерних суднах з подальшою статистичною обробкою результатів. Запропонував алгоритми автоматичного розрахунку вантажного плану судна з використанням методу «природної сепарації» та розробив програмний файл для інформаційного забезпечення процесу завантаження судна навалочним вантажем, удосконалив методи оптимізації завантаження балкерних суден, сформулював висновки по дисертації.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертаційних досліджень пройшли апробацію та були схвалені на науково-методичних конференціях: професорсько-викладацького складу ОНМА «Забезпечення безаварійного плавання суден», 16–17 листопада 2011 р.; «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» 27–28 листопада 2012 р.; IV Міжнародній науково-технічній конференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці», 9–11 жовтня 2013 р., НУК, м.Миколаїв; науково-методичній конференції «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» 19–20 листопада 2013 р.; науково-технічній конференції «Енергетика судна: експлуатація та ремонт», 26–28 березня 2014 р.; VI Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», 27–29 травня 2014 р., ХДМА, м. Херсон; науково-методичній конференції «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві», 18–19 листопада 2014 р.,

ОНМА, м. Одеса; VII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», 26–28 травня 2015 р., ХДМА, м. Херсон; науково-методичній конференції «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплаванні», 19–20 листопада 2015 р., НУ«ОМА», м. Одеса; науково-технічній конференції «Річковий та морський транспорт: інфраструктура, судноплавання, перевезення, безпека», 16–17 листопада 2016 р., НУ«ОМА», м. Одеса; науково-технічній конференції «Транспортні технології морського та річкового флоту: інфраструктура, судноплавання, перевезення, автоматизація», 15–16 листопада 2018 р., НУ«ОМА», м. Одеса; VII Міжнародній науково-практичній конференції «Dynamics of the development of world science», 18–20 березня 2020 р., Ванкувер, Канада.

Публікації. Основні результати дисертаційних досліджень автор опублікував в 19 наукових роботах, у тому числі: 4 статті у фахових виданнях, які рекомендовані Міністерством освіти і науки України для публікацій результатів дисертаційних досліджень; 2 патенти України на корисну модель; 1 розділ в колективній монографії; 1 стаття в зарубіжному науковому фаховому виданні; 2 статті – у зарубіжному науковому журналі; 9 робіт – у збірниках матеріалів наукових конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи складає 291 с., з яких 156 с. займає основний текст дисертаційної роботи, 149 рисунків, 9 таблиць, список використаних джерел включає 110 найменувань на 12 с., додатки на 113 с.

РОЗДІЛ 1.

ОГЛЯД ВИКОНАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО БЕЗПЕЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАЛОТОННАЖНИХ СУДЕН

1.1 Дослідження забезпечення безпеки роботи флоту

Сучасний розвиток технологій перевалочних процесів, включаючи зростаючі потужності всіх портових комплексів, змушує розглядати вантажно-розвантажувальні роботи більш спеціалізовано, навіть якщо вони належать до одного типу суден. Це означає, що сьогодні вже існує ціла низка питань та накопичених проблем, що пов'язані з технологією завантаження як генеральних так і навалочних вантажів на малотоннажні судна.

Економічні чинники сприяли розвитку балкерного флоту, що існує на цей час. Сьогодні балкерні судна складають 40 % світового торгового флоту і варіюються в розмірах від мінібалкерів-однотрюмників до гігантських рудовозів дедвейтом понад 300000 т. Вони різні і за способом завантаження та вивантаження: одні залежать від берегових портових кранів і споруд, інші мають власні крани і вантажні системи, а деякі, навіть, здатні упаковувати вантаж при вивантаженні.

Більшість класифікаційних товариств класифікують балкер як судно, що перевозить сухий неупакований вантаж. Виходячи з усіх існуючих особливостей, балкари діляться на шість великих груп: міні-балкери; seawaymax; handysize; handymax; panamax; capesize.

Міні-балкери з дедвейтом до 10000 тонн призначені, в основному, для каботажного плавання у відкритому морі та по внутрішніх водних шляхах. Саме ці судна використовуються для перевезення невеликих партій вантажів як на морі, так і по річках.

Такі судна, маючи невеликі розміри, при перевезенні навалочних і насипних вантажів, при плаванні в штормових умовах відчувають суттєву хитавицю та конструктивні навантаження, особливо при перевезенні

«важких» вантажів. А інтенсивність проведення операцій завантаження трюму судна збільшує ризик пошкодження його корпусу [1].

Отже, при транспортуванні морем різних видів вантажів, у тому числі навалочних та насипних, значне місце займають питання забезпечення безпеки мореплавання.

З метою зменшення рівня ризику та забезпечення безаварійної роботи флоту Міжнародна асоціація класифікаційних організацій (МАКО) видала довідник «Балкеры. Безопасное управление» (Bulk carriers Handle with care), у якому відображені важливі аспекти проведення вантажних операцій з навалочними вантажами на балкерах.

Крім того, Комітет з безпеки на морі Міжнародної морської організації ІМО, в ході свого засідання в Лондоні з 26 листопада по 5 грудня 2008 р., прийняв Міжнародний кодекс морського перевезення навалочних вантажів, що має обов'язковий характер для виконання у відповідності з розділами VI та VII Міжнародної конвенції SOLAS. Документ набув чинності 1 січня 2011 р. Кожне судно повинно мати спеціальний сертифікат, що дозволяє перевезення тих чи інших навалочних вантажів (Document of compliance with the special requirements for ships carrying dangerous goods).

Сучасна практика перевезення навалочних вантажів, також регламентується СОЛАС-74 главою VI частина В і Міжнародним морським Кодексом безпечного перевезення твердих навалочних вантажів (International Maritime Solid Bulk Cargoes Code - IMSBC Code) [2].

При перевезенні вантажів з малим питомим вантажним об'ємом слід також керуватися циркулярними листами Комітету Безпеки Мореплавства ІМО: MSC/Circ.663 – щодо інформації про вантаж (SOLAS-VI-2,BC Code); MSC/Circ.665/666 – вантажні операції з навалочними вантажами; MSC/Circ.667 – рекомендації щодо безпечної практики завантаження та вивантаження на балкерах. Ці та інші рекомендації, включаючи практичну інформацію та типові переліки дій і процедур, щодо безпечного та ефективного виконання виробничих операцій, характерних для даного типу

суден було розглянуто у посібнику [3].

Новий внесок при дослідженні проблем безпечної роботи балкерного флоту, удосконалення технології перевезення навалочних та насипних вантажів балкерами, забезпечення належних морехідних якостей судна та безпеки мореплавання було зроблено Клименко Є. М. [4].

Підвищення безпеки балкерів шляхом удосконалення технологічних процесів усадки, поверхневого утримання, зміщення, саморозігріву навалочних вантажів шляхом мінімізації припливу до них зайвої енергії з зовнішнього середовища розглянуто у роботі Кубишкіна С. В. [5].

Дослідженнями безпеки роботи флоту при перевезенні навалочних і насипних вантажів у різний час займались Барановський М. Е. [6], Коробцов В. І. [7], які розглядали питання та проблеми забезпечення безпеки суден, що перевозять небезпечні щодо зсуву насипні вантажі.

У публікаціях Бронштейна Н. І. [8] і Бикова Б. М. [9], [10] та [11], розглядаються деякі особливості пов'язані з питаннями експлуатації балкерних суден під час перевезення вантажів і зерна, включаючи властивості і поведінку самих вантажів при транспортуванні.

Загальним проблемам забезпечення належного рівня морехідної безпеки суден присвячено чимало різних робіт. Так загальні принципи і питання експлуатації навалочних суден розглянуті в роботі [12]. Роботи [13] та [14] присвячені питанням проведення безпечних вантажних операцій і для балкарів включно. Основні принципи забезпечення морехідної безпеки судна викладені в працях Сизова В. Г. [15] і [16], Бекенського Б. В. [17], Фрид Е. Г. [18] та Холоша В. І. [19].

Крім того, розрахунками морехідних якостей суден, остійності і диференту займались: у 1957 р. Розе Г. [20], а у 1958 р. Герасимов А. В., Пастухов А. І., Соколов В. І. [21]. Дослідження по нормуванню плавучості, посадки судна, а також забезпечення міцності корпусу у різні часи виконували Магула В. Е., Друзь Б. І., Кулагін В. Д. [22], Благовещенський С. Н., Холоділін А. Н. [23].

В роботі Короткова Б. П., Модникова В. П., Тереховича Е. Ю. [24] запропоновані кількісні оцінки стану судна при плаванні в штормових умовах. Виказана можливість створення системи неперервного автоматичного контролю безпеки судна від втрати плавучості і остійності, запропоновано макет бортового програмно-аналітичного комплексу, який попереджує про небезпеку. Вплив вантажів гнучкого переміщення в умовах качки судна на хвилях розглянув в своїй роботі Бондар В. М. [25].

В роботі Восковчука Н. Н. і Князева В. В. описаний спосіб визначення остійності судна при великих нахиленнях та визначена точність приближених методів розрахунку плечей остійності форми судна при різних співвідношеннях висоти борту до осадки [26].

Для розробки організаційних заходів щодо забезпечення експлуатаційної безпеки суден з динамічними принципами підтримки Крижевич Г. Б. [27] запропонував методику, у якій передбачається допустима висота хвиль 3-х відсоткового забезпечення, перевищення яких тягне за собою заборону на вихід судна в море.

Тож для забезпечення безпеки роботи флоту, Регістр Ллойда (Lloyd's Register) [28] ще у 1991 році підготував інструкцію з рекомендаціями щодо інспектування трюмів балкерних суден, в якій вказується на необхідність здійснення постійного контролю за станом їх корпусу, у зв'язку зі зростанням аварійності даного типу суден.

1.2 Дослідження розрахунків міцності корпусу малотоннажних суден

Дослідженнями розрахунків міцності корпусу судна та особливостями проектування займалося велика кількість авторів, одними з яких були Ногил Л. М. [29] та Павленко Г. Е. [30].

При проектуванні малотоннажних суден виникають значні труднощі, зумовлені насамперед, обмеженою осадкою корпусу, тому автори Дормідонтов Н. К., Анфімов В. Н., Малий П. А., Пахомов Б. А., Шмуйлов Н.

Л. [31] особливу увагу приділяли специфіці вирішення найважливіших питань проектування таких суден, а саме: техніко-економічному обґрунтуванню проекту та вибору основних елементів і характеристик проектного судна і принципам їх оптимізації.

Бойцов Г. В. у працях [32] та [33] описав недоліки розрахункових вимог до загальної міцності суден змішаного та внутрішнього плавання. Одним з таких недоліків є принципове розходження результатів визначення додаткових згинаючих моментів в корпусах суден змішаного та внутрішнього плавання, обумовлених впливом хвилювання

А у статті [34] автор описав методику зведення задачі щодо розрахунків напружень та деформацій, при скручуванні корпусів суден відкритого типу, до розрахунку багатопрогової балки в загальному випадку ступенево-перемінного перерізу з пружними затисками перерізів.

У наш час значний внесок стосовно питання будови і експлуатації корпусу вніс Єгоров Г. В. Більшість робіт автора містять в систематизованому вигляді методику та особливості проектування сучасних водотоннажних суден внутрішнього і морського плавання, що складають сьогодні основне ядро флоту на внутрішніх водних шляхах північної Європи.

Питанням дотримання нормативних вимог та використання засобів контролю за завантаженням суден різних типів, у тому числі і змішаного плавання приділяється увага в роботі [35], в якій наведені основні положення методики визначення згинаючих моментів, перерізуючих сил і використання приладів для судових засобів контролю завантаження.

Вплив на аварійне змінення жорсткості корпусу судна на елементи його згинання, розробка рекомендацій по корегуванню нормативів Правил побудови та класифікації суден внутрішнього плавання для Дунайського регіону приділена увага в роботах Єгорова Г. В. [36, 37]. Вони отримані на основі аналізу міжнародних вимог і оцінки ризику експлуатації суден при перевезенні небезпечних вантажів навалом, в упаковці та наливом. Виконуючи запропоновані вимоги та рекомендації, є можливість суттєво

зменшити ризик від впливу небезпечних вантажів на людей та навколишнє середовище.

Також Єгоров Г. В. запропонував враховувати пружність корпусу при розрахунках посадки судна та елементів згинання корпусу при розрахунках завантаження судна з використанням суднових вантажних програм [38]. А обґрунтування і характеристики багатоцільового суховантажного судна необмеженого району плавання з довжиною близько 85 м з високою льодовою категорією і максимально можливим дедвейтом розглянуто в роботі [39]. Авторами були викладені результати отриманих питомих техніко-економічних характеристик коастерного судна, параметри якого, досягнуті за рахунок створення нових ефективних обводів і призначення судну максимальної осадці відповідно до МК про вантажну марку, і раціонального розподілу товщини і категорій матеріалу сталевго корпусу з позицій забезпечення загальної поздовжньої міцності і місцевих навантажень.

Обґрунтування необхідності перегляду умовних схем нормування та забезпечення міцності конструкцій корпусу на основі сучасних обчислювальних технологій приведено у роботі [40]. Описаний порядок нормування міцності, що дозволяє об'єктивно і обґрунтовано враховувати вплив факторів, які відповідні за експлуатаційну робочу спроможність конструкції, що забезпечує перспективу підвищення якості оцінки міцності та безпеки корпусу судна.

Головешкін Ю. В. розглянув проблеми нормування міцності корпусу судна і виділив новий етап в процесі навантаження-руйнування, визначив його як стан, що передує руйнуванню [41]. Він також показав, що аналіз надійності границь міцності корпусу судна, якщо його розглядати як балку, потребує врахування слідуєчих чотирьох аспектів проблеми: інтенсивності пошкоджень, границь міцності, навантажень, вибору методу аналізу надійності.

Барабановим Н. В. обґрунтовано доцільність використання подвійних

бортів на судах льодового плавання у вигляді балково-фермових конструкцій та запропоновано методи оцінки їх характеристик міцності для оцінки стану судна [42].

Досвід оцінки накопичення стомленості матеріалу бортової обшивки суден узагальнено в роботі [44]. Він використовується для удосконалення прогнозування довговічності обшивки корпусу судна поблизу ватерлінії.

В статті Александрова А. В. та ін. [45] розглянуті питання використання фізичних моделей для створення програмного комплексу розрахунків напруженого стану корпусів одно та двокорпусних суден при дії на них інтегральних параметрів зовнішніх навантажень (сил, моментів тощо). Запропонована модель розрахунку напружень при поперечному перегинанні, яка основана на заміні згинаючого моменту еквівалентними зусиллями.

Розрахунок корпусу судна на стійкість з використанням методу модуль-елементів (ММЕ) запропонований Каменских І. В. [46]. При цьому, корпус судна представляється доволіно навантаженою непрямокутною тонкостінною оболонкою, яка підкріплена повздовжньо-поперечними наборами.

На даний момент пошук технічних рішень, що дозволяють істотно знизити витрати на будівництво суден і їх експлуатацію, є одним з головних шляхів завоювання ринку, а в нинішніх умовах сучасної економіки – його утримання. До таких перспективних рішень, що дозволяють не тільки зберегти позиції вітчизняних судновласників на ринку змішаних (річка-море) перевезень, а й істотно їх поліпшити, перш за все, відносяться:

- вдосконалення конструкцій суден змішаного плавання на базі інноваційних рішень;
- створення прогресивної транспортно-технологічної системи на основі використання караванів барж, що штовхають, для змішаного плавання.

Кожна з цих систем має свої переваги і недоліки і при певних умовах експлуатації може виявитися найбільш ефективною.

Для самохідних суден це знайшло своє відображення у формуванні

вітчизняної школи проектування, будівництва і експлуатації суден, що включає науково-технічний потенціал (НДІ, КБ і академічну науку), організаційно-правові норми (кодекси), нормативну базу (правила), цілий комплекс вимог контролю з боку держави за дотриманням стандартів безпеки та ін., як зазначає рукопис [47].

При наявності різних факторів процес проектування караванів барж, що штовхають, для змішаного (річка-море) плавання, як і звичайних суден, розвивається шляхом послідовного уточнення всіх параметрів, що впливають на проектування.

Таким чином, розвиток має бути направлено на злиття конструктивних рішень в один єдиний об'єкт, використовуючи досвід вже існуючих аналогів. Створення саме самохідних малотоннажних суден, в системі змішаного і морського плавання, в майбутньому стануть незамінні для ряду морських басейнів і вантажних потоків, у тому числі України.

Так з 2005 року Сمارт-Холдинг розвиває суднобудівний напрям, представлений «Смарт Мерітайм Груп» (Smart Maritime Group, SMG) і низкою суднобудівних підприємств, кожне з яких займає значне місце в суднобудівній галузі як в Україні, так і в Азово-Чорноморському регіоні, про що говорить офіційний сайт холдингу [48].

До складу холдингу входять Херсонський суднобудівний завод і Чорноморський суднобудівний завод. Останній розташований на південному заході м. Миколаєва, на березі Бузького лиману, що має прямий вихід в Чорне море. На Чорноморському суднобудівному заводі є Проектно-конструкторський центр і цеха допоміжного виробництва. Завод має високий ступінь автономності, є унікальним комплексним підприємством суднобудівного та машинобудівного типу, найбільшим серед аналогічних підприємств не тільки в Європі, але і в світі.

Сьогодні виробнича програма орієнтована на будівництво багатоцільових суден, танкерів, офшорних суден, буксирів, інших типів суден, а також корпусобудування і будівництво офшорних конструкцій.

Виробничі потужності та обладнання суднобудівних майданчиків компанії SMG дозволяють виконувати повний цикл побудови судна починаючи від порізки сталі і формування корпусу судна і закінчуючи монтажем пропульсивного комплексу, виконанням добудовних робіт по судну до повного введення в експлуатацію, та монтажем спеціальних систем. Заводи групи, так само, мають величезний досвід модернізації суден різних типів і призначень.

Отже світовий досвід з експлуатації малотоннажних суден і сучасні запити по системі організації перевезень вантажів морем вже дають плід нового напрямку і концепції розвитку іншого покоління суден, чия ніша і роль в світовій торгівлі вже визначена.

1.3 Процеси оптимізації та логістики вантажних операцій судна

Питанням розробки способу оптимального проведення вантажних операцій балкерних суден, з метою скорочення часу завантаження, приділена увага в роботі Цимбала М. М. і Васькова Ю. Ю. [49]. Рішення задачі оптимального завантаження балкерних суден в порту з врахуванням границь множини допустимих стратегій проведення вантажних операцій, розглянуто в статтях [50, 51] та дисертаційній роботі Васькова Ю. Ю. [52].

Кубишкін С. В. [53] виконав аналіз стійкості системи «судно – вантаж» з використанням математичної моделі рівності моментів сил інерції, жорсткості, пружності, в'язкості, зовнішнім гармонічним та ударним діям. Було виконано оптимізацію технологічних процесів перевезення навалочного вантажу, яка передбачає дослідження на екстремум цільової функції у вигляді коефіцієнту запасу стійкості вантажу і мінімізацію виробітку ним теплової енергії. Запропоновано методику інженерних розрахунків характеристик качки і остійності балкера під дією схвильованого моря для вирішення задач управління судном в умовах можливості зміщення навалочного вантажу.

Соколов М. Ю. розробив метод формування вантажної програми з використанням імітаційного моделювання [54]. Також створено системи контролю динаміки судна з сипучими вантажами на основі бортових інтелектуальних систем (БІС), яким приділена увага в роботі Нечаєва Ю. І. і Сизова В. Г. [55].

Гайченя О. В. запропонував процедуру вибору переліку трюмів для завантаження судна, яке доцільно реалізувати в судових автоматизованих системах прийняття рішень. Вибраний перелік трюмів при прийомі вантажу з малим значенням питомого вантажного об'єму повинен мінімізувати їх сумарний невикористаний об'єм з метою зниження ризику зсуву вантажу при перевезенні [56].

Логістику водного транспорту, як в прямому (річка-море), так і в зворотному напрямках було розглянуто в роботі Федюшина В. М. [57]. При цьому, вона не розкривається економічний і технологічний інструментарій рейсового планування роботи флоту на змішаних перевезеннях, що вкрай актуально для сучасного етапу розвитку коастерів.

Завдання оптимізації використання малотоннажних суден вирішується за періодами навігації у складі плану експлуатаційної роботи судноплавної компанії. Завдання по розробці графіка подачі суден під завантаження відноситься до класу задач теорії розкладів, що описується у [58] і вимагає врахування реально сформованої транспортної ситуації та погодження протягом планового періоду транспортних операцій всіх суден.

Робота за схемою STS (ship-to-ship) описується у [59], та в більшості, знаходить себе підчас перевалки сипучих вантажів у великих портах. А правильно організована робота за цією схемою, дає можливість одночасно завантажувати до 4-х малотоннажних суден, наприклад, з «паномакса».

Будь-які обставини дозволяють розглядати задачу оперативного управління роботою флоту як завдання ситуаційного управління великою системою. Переваги методу програвання ситуації в управлінні зазначено у джерелі [60].

Питання оптимального контролю та безпеки перевезення вантажів морем завжди приділялась особлива увага, що широко описувала різні аспекти дослідження остійності суден та забезпечення її належного рівня.

Створення системи неперервного автоматичного контролю безпеки судна від втрати остійності та плавучості при плаванні в штормових умовах будь-якої інтенсивності обґрунтовано в роботі [61]. Запропоновані кількісні міри оцінки стану судна, включаючи остійність в умовах шкального вітру та надмірних хвиль.

Кучер Ю. П. і Рябченко В. К. у статті [62] розглянули питання використання діаграми динамічної остійності (ДДО) судна для визначення критерію погоди щодо альтернативних вимог Кодексу Міжнародної морської організації (ІМО) з остійності суден усіх типів.

Спосіб контролю остійності судна запатентовано Нечаєвим Ю. І. і Васильєвою Е. Ю. [63], суть якого в тому, що по ординатам процесів хвилювання та бортової качки визначаються спектральні площини та встановлюються співвідношення періодів, відповідних частоті максимумів спектрів хвилювання і бортової качки. Розраховується власний період бортової качки і метацентрична висота по відомим залежностям.

Стаття [64] присвячена вантажній шкалі для визначення водовміщення та осадок судна при значному диференті. Рябченко В. К. запропонував доповнити вантажну шкалу шкалами поправок на диферент, що дозволить досить точно та швидко отримати водовміщення судна з врахуванням диференту, перегинання судна, положення марок осадок та щільності забортної води.

Уточнення розрахунку водовміщення та маси вантажу по осадкам розглянуто Кучером Ю. П. і Рябченко В. К. в роботі [65]. Вони запропонували більш точно розрахувати поправку до водовміщення при прогинанні корпусу при визначенні водовміщення, враховуючи крен судна. Також оцінюється доцільність введення поправки на крен.

Стаття Вакса А. И. і Курова Б. Н. [66] присвячена способу визначення

параметрів статичної посадки корабля в умовах хвилювання моря. Вказується, що внаслідок не симетричного відхилення при качці від положення статичної рівноваги, що особливо характерно для аварійного корабля, середні значення параметрів його посадки, яка вимірювалась осадкоміром, не співпадають з параметрами статичної посадки.

1.4 Тенденції роботи флоту і ринку малотоннажних суден

Сьогодні морські малотоннажні перевезення на короткі відстані сильно прогресують і стають альтернативою для переміщення вантажів поза портами, і ближче до пунктів кінцевого призначення, в умовах зростаючого збільшення торгівлі. Частка таких перевезень в загальному морському вантажопотоці, однак, суттєво відрізняється як в одній країні, так і в іншій.

Ринок малотоннажних партій сильно диверсифікований, завдяки різноманітності вантажів, типів суден та їх вантажомісткості, а також сегментований через існування багатьох національних і периферичних субринків. Короткі перевезення малих партій включають як тарно-штучні і наливні, так і сипучі та контейнерні вантажі на самохідних баржах і невеликих суднах з метою транспортування їх від великих імпортно-експортних портів до споживчих пунктів призначення. Це можна вважати найбільш екологічно чистим видом морського перевезення, зокрема, через порівняно низькі зовнішні витрати і високій енергоефективності.

На Європейському ринку малого тоннажу, в середньому, щорічно перевозиться близько 1,8 млрд. тонн вантажів. При середній ставці фрахту в розмірі 20 \$ за тонну, обсяг ринку становить близько 36 \$ мільярдів. У більшості країн ЄС малотоннажне судноплавство відіграє важливу роль. Діаграма на рис. 1.1 показує, що Нідерланди є великим гравцем таких перевезень. Інші важливі країни знаходяться в Середземному морі і Західній Європі. Частка Європи в малому тоннажі збільшилася з 60 % у 2009 р до 70 % у 2012 році, як зазначає джерело [67].

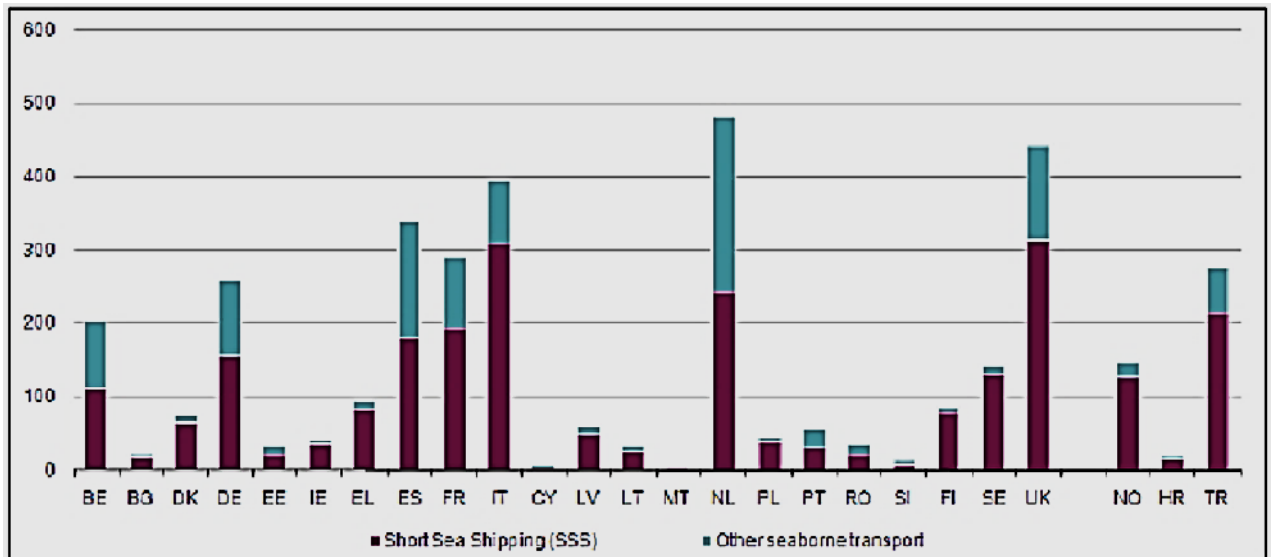


Рисунок 1.1 – Частка малотоннажних морських перевезень, млн. тонн

Саме визначення малотоннажних перевезень «на короткому плечі» – є не легке завдання, яке часто міняє тлумачення суті поняття, від одного дослідження до іншого. В даний час в літературі, існує декілька різних визначень, які показують складність цієї концепції. Ця складність пояснюється тим, що сюди можна віднести різні типи суден, від традиційних до інноваційних, таких як швидкохідні судна, з різноманітними вантажно-розвантажувальними методами: горизонтальним, вертикальним або суміш обох, а так само саморозвантажувальні.

Однак, можна виділити чотири категорії суден, що логічно і практично потрапляють під це поняття. Це, традиційно, однопалубні суховантажні, що працюють з різними типами вантажів, але в основному займаються перевезенням навалочних вантажів, і так само охоплюючи ліс та іншої генеральні вантажі. Наступна категорія – це фідерні контейнеровози, що були заміною традиційним універсальним суховантажним суднам, зайняті перевезенням контейнерів з великих портів до кінцевого місця поставки. Ці судна місткістю від 150 до 500 TEU. Пороми є третьою категорією і розглядаються як розширення для автомобільного і залізничного транспорту, навіть, якщо вони готові взяти на борт безпосередньо залізничні вагони.

І нарешті четверта категорія – флот танкерів та газовозів, чиї розміри становлять від 3000 т до 10000 т дедвейту, які займаються тільки наливними вантажами: нафтопродукти, хімічні речовини і зріджені гази, про що говорить джерело [68].

Всі ці категорії суден займаються перевезеннями в п'яти основних глобальних регіонах, а саме: Середземне море, Ла-Манш і Біскайська затока, Балтійське, Північне та Норвезьке моря. Балтійське море, за постійною кількістю суден, що прибувають у ньому, є наочним прикладом цього.

Європейська комісія відмічає, що перевезення на короткі відстані є міцною ланкою всього транспортного ланцюга. З допомогою цих морських перевезень на короткі відстані створюється трафік суднозаходів в порту, що є унікальною можливістю залучення вантажопотоків з різних груп додаткового бізнесу. Але морські перевезення на малі відстані не слід плутати з внутрішньою навігацією тієї чи іншої країни, про що вказує [69].

Водні шляхи мають особливо сильні позиції в області перевезень навалочних вантажів: руди, вугілля, піску, гравію і хімічних продуктів. Коастерний флот поєднує високий об'єм масових перевезень з низькими експлуатаційними витратами. Крім того, малотоннажний флот має високу надійність надання транспортних послуг, в силу цілком достатньої пропускної спроможності морських і внутрішніх водних шляхів.

Попит на транспортування руди і вугілля дуже добре вписується в особливості самохідних барж і малих морських суден, так як він складається з великих міжміських (міжнародних) транспортних потоків на обмеженій кількості транспортних сполучень.

Пісок і гравій, як правило, не транспортується на дуже великі відстані, пункти відправлення та призначення знаходяться набагато ближче, а обсяги перевезень не є великими партіями, що пояснює їх перевезення, найчастіше, малотоннажним флотом. Можливість використання малотоннажних морських суден з їх заходами у внутрішні континентальні порти демонструється у додатку А на рис. 1 [70].

Великі партії підвозяться часто великотоннажними суднами, а перероблені партії, переважно виступають у якості проміжної продукції між хімічними промисловими комплексами і кінцевими споживачами, які транспортуються малотоннажним флотом.

Попит на характеристики малого тоннажу обумовлений також адаптивністю режиму роботи з морського на річковий і змішаний.

Збільшення кількості малих суден та економічні структурні зміни ринку призвели до більш швидкого зростання більшого числа товарів високого ступеня переробки, а не сировини. Ці події сильно похитнули концепт великотоннажного сектора суднобудування, і призвели до змін розвитку баржевого сектора і відкриття нових ринків річкового і морського малотоннажного суднобудування. Сучасний етап такого розвитку призвів до утворення важливих спеціалізованих зон, як демонструє додаток А, рис. 2 [71].

У більшості випадків такі перевезення, як правило, стосуються товарів, які транспортуються між портами єврозони, Норвегії і Хорватії, та портами, що знаходяться в географічній Європі, на узбережжі Середземного і Чорного моря.

Як свідчать багато документів і прес-релізи від різних структур Європейського Союзу, перехід вантажу з дорожнього транспорту на морський, особливо на малотоннажний з режимом роботи «на коротких переходах», є одною з головних цілей загальної транспортної політики.

Приймаючи до уваги розвиток вантажів ЄС і транспорту, який продовжує щорічно зростати, ретельний аналіз повинен бути зроблений для малотоннажних суден в якості альтернативи доставки по шляхам, з метою все більшого його становлення в інтегрований мультимодальний або інтермодальний транспортний ланцюг. Оцінка ефективності роботи таких суден з їх режимом роботи, включаючи всі переваги і недоліки з точки зору доставки вантажів, виконується операторами судноплавних компаній які можуть краще визначити свої можливості, ризики, розроблені практичні

стратегії та фінансовий результат. Це призводить до ефективного та стійкого переходу вантажопотоку з автомобільного транспорту на морський і консолідує режим роботи у майбутніх транспортних системах, що підтримують новостворені шляхи поставок.

Географічна перевага малотоннажних перевезень на короткі відстані може мати колосальні економічні наслідки і сприятиме інтеграції, згуртованості та економічного розвитку периферійних територій не тільки ЄС, але й будь-якої іншої країни, наприклад України.

Деякі перспективи розвитку нашої державної транспортної системи обговорювались у жовтні 2019 р між Президентом України Володимиром Зеленським та Президентом Білорусі Олександром Лукашенко. Білоруська сторона переконана, що важливим ланцюгом у розвитку економічних зв'язків є також транспортні артерії. «Географічне розташування наших країн відкриває гарні можливості для логістичної сфери. Транзитну привабливість Білорусі й України може посилити річкове судноплавство по Дніпру та Прип'яті, його інтеграція у міжнародний водний шлях Е-40», – резюмував Президент Білорусі. Одним з найбільш амбітних і перспективних напрямків співробітництва двох держав є створення саме транспортного коридору по Прип'яті і Дніпру. Він пройде з Білорусі через Україну в Чорне море. У Мінську цей проект називають фінансово вигідним для обох країн.

Відновлення судноплавства на Прип'яті дасть змогу розкрити і транзитний потенціал України за рахунок розвитку річкового транспортного коридору від Балтійського до Чорного моря. Таку думку висловив керівник Адміністрації морських портів України в інтерв'ю агентству «Інтерфакс-Україна».

За ініціативою Міністерства транспорту та комунікацій Республіки Білорусь, а також за підтримки Європейського банку реконструкції та розвитку компанія Royal Haskoning DHV у травні 2019 року завершила обстеження на території Білорусі судноплавних гідротехнічних споруд водного шляху Е-40, що сполучає Балтійське та Чорне моря через Віслу,

Західний Буг, Прип'ять і Дніпро. Найближчим часом робоча група за участю наших державних фахівців виконає аналогічну роботу на українській ділянці річок Прип'ять і Дніпро.

Будівництво порту й ідея відновлення повноцінного судноплавства річкою Дніпро підтримали президенти Білорусі і України ще у квітні 2017 року. Ці плани було підтверджено і на I Форумі регіонів Білорусі та України в Гомелі. Українська сторона підтверджує технічну можливість проходження суден класу «річка-море» від Київської ГЕС до села Нижні Жари (Гомельська обл.). При цьому необхідно виконати роботи з днопоглиблення протяжністю 103 км. Білоруська сторона вже підготувала три будівельні проекти в Брагінському районі. Зокрема, передбачено будівництво в Нижніх Жарах глибоководного порту площею 41 га, річкового порту з інженерною і транспортною інфраструктурою площею 68,1 га, мультимодального хабу та пристані для яхт-клубу з базою відпочинку площею 249,65 га. Таку інформацію надано інформаційним агентством «Інтерфакс-Україна» та офіційним сайтом Офісу Президента України, що вказано у джерелі [72].

Через 5–10 років, виходячи з фактичного технічного стану, будуть списані практично всі існуючі суховантажні судна, що призведе до обвалу обсягів перевезень на малотоннажному та річковому транспорті. Можливий варіант «довгострокових» дій вже розглядався в роботах [73, 74]. Це варіант конверсії суховантажних суден, що передбачає будівництво суден з використанням елементів існуючих суден-донорів. Малотоннажні і малопартійні перевезення, в основному, здійснюються тільки за рахунок малих суден.

Нова якість може бути забезпечена за рахунок зміни вантажомісткості і вантажопідйомності, габаритів, надводного борту, що по суті приводить нас до реалізації коастерних проектів. Частка малотоннажних морських і річкових суден у світовому флоті відповідно світового реєстра судноплавства представлена на кругових діаграмах рис. 1.2 [75].

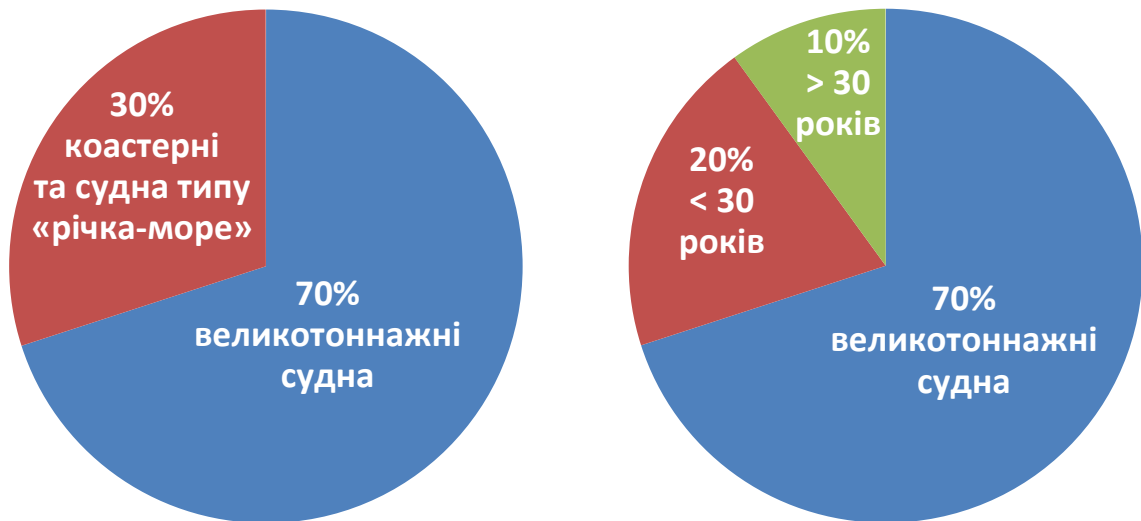


Рисунок 1.2 – Частка малотоннажних суден від усього флоту

В останні десятиліття Європейський Союз швидко і стрімко створює потужний ринок для «коротких» морських перевезень, намагаючись перекласти основні вантажопотоки з наземного транспорту на морський. Більш широке використання морських перевезень на короткі відстані і по внутрішнім водним шляхам спрямовано на підтримку портової інфраструктури і зародження рентабельних вантажопотоків. Середню статистику перевезень малотоннажним флотом за період 2010-2019 рр. за основними напрямками та за кількістю перевезень продемонстровано у додатку А, рис. 3.

Останні статистичні дані, які оприлюднені Євростатом, показують, що на автомобільний вид транспорту, як і раніше доводиться не малий ринок акцій, за ним слідує морський транспорт, який діє в межах Євросоюзу. Враховуючи цей факт, і з урахуванням майбутнього зростання вантажних перевезень ЄС, які, як очікується, будуть рости щорічно приблизно на 1-2 %, виникає необхідність проведення ретельного аналізу судноплавства малого тоннажу, з метою інтегрування в мультимодальні та інтермодальні транспортні ланцюжки.

Оскільки малотоннажні і малопартійні перевезення не вимагають величезних площ і поглиблених акваторій, це стає екологічно чистим видом перевезень. Малотоннажні судна істотно сприяють подальшому розвитку суднобудівної промисловості. Додатковою перевагою використання такого режиму перевезень є безпека перевезення небезпечних вантажів, оскільки саме перевезення здійснюється не по шляхах, а за межами не тільки населених пунктів і країни, але і континенту в цілому [76].

Морські регіони та їхні порти були враховані в групі аналізу, як партнери по експлуатації малотоннажного флоту: Балтійське і Північне моря та Атлантичний океан (включаючи Ла-Манш і Ірландське море); Середземне і Чорне моря. Використання коастерного флоту в морських регіонах від загальної його кількості показані у додатку А, рис. 4.

На сучасному етапі розвитку торгівлі основними ключовими чинниками для розвитку цього флоту є: взаємозв'язок і співробітництво між портами; подальший розвиток внутрішніх водних шляхів і модернізація портів; зниження витрат у світовій економіці; міжнародна підтримка морських перевезень на короткі відстані.

Основні переваги для даного флоту є в цілому економія витрат вантажовідправника і держави. Доставка вантажів морським транспортом (одне судно дедвейтом 4000 т є середнім між еквівалентом 150–200 вантажних автомобілів) є найбільш ефективною і рентабельною у порівнянні з автомобільним транспортом.

Висновки по розділу 1

Аналіз літературних джерел, розглянутих вище, дозволяє виявити основні тенденції у вирішенні проблеми забезпечення морехідної безпеки суден та зробити наступні висновки:

1. Досить детально досліджено питання остійності балкерних суден і приведена методика її розрахунку для критичних ситуацій, також розроблено рекомендації щодо забезпечення остійності в процесі вантажних і баластних операцій. У літературі, також, отримали висвітлення питання визначення посадки судна з урахуванням додаткових факторів, які не вказані у вантажній документації, запропоновані практичні заходи щодо поліпшення непотопляємості суден.

2. Значна частина публікацій присвячена проблемі забезпечення місцевої і загальної поздовжньої міцності корпусу судна. До основних питань цього напрямку належать методи розрахунку міцності корпусу аварійного судна, та розрахунку міцності судна з урахуванням накопичених пошкоджень і дефектів в результаті втоми металу.

3. Суттєвий внесок стосовно експлуатації малотоннажних суден було здійснено Єгоровим Г. В. щодо розробки методик та особливостей проектування сучасних суден внутрішнього і морського плавання. Досить актуальним це питання постає саме сьогодні, коли проект із відновлення річкового шляху Е-40 вийшов на стадію практичної реалізації.

4. У публікаціях досить широко розкрито питання дотримання нормативних вимог та використання засобів контролю за завантаженням суден змішаного плавання, враховуючи методики визначення згинаючих моментів, перерізуючих сил і використання приладів для суднових засобів контролю завантаження та при розрахунках завантаження суден з використанням суднових вантажних програм.

5. Сьогодні малотоннажні судна займають 30 % від сучасного світового торговельного флоту. В свою чергу, стратегічний план розвитку морського

транспорту України, який спрямований на задоволення потреб національної економіки у транспортному забезпеченні, передбачає зростання перевезень вантажів Дніпром та іншими річками до 50 млн тон на рік. А це передбачає будівництва саме малотоннажного флоту для використання річкового потенціалу держави, в тому числі і для міжнародного судноплавства.

6. Аналіз показав, що питання планування оптимального завантаження малотоннажного однострумного судна, безпосереднього визначення маси вантажу та його розташування в трюмі для забезпечення морехідної безпеки судна досліджені не в повному обсязі. Тому було визначено основний напрям дисертаційного дослідження, яке передбачає вирішення проблеми удосконалення та оптимізації технології завантаження малотоннажних суден навалочними та насипними вантажами з метою досягнення максимального економічного результату.

РОЗДІЛ 2.

ВИБІР ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЙОГО МЕТОДОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Вибір теми надає науковим дослідженням спрямованість та цілеспрямованість. При виборі теми виділяються такі ознаки як: актуальність, наукова новизна, а також реалізованість отриманих результатів теоретичних досліджень.

Огляд наукових досліджень, що були виконанні по вирішенню різноманітних задач технології перевезення вантажів морем показав, що судноводій досить часто цілий ряд задач управління технологічним процесом завантаження судна вирішує інтуїтивно, тобто в діях професіонала можуть бути елементи, які, в свою чергу, приводять до аварії судна, втрати або пошкодження вантажу, загибелі людей.

Компанія судновласника є частиною сфери послуг і на відміну від промислових підприємств, які виробляють продукцію, вона надає транспортні послуги, для яких не притаманні загальноприйняті технологічні рішення та методи управління. Тому в умовах невизначеності й складності існуючої економічної ситуації та з урахуванням впливу зовнішнього середовища виникає потреба в пошуку удосконалення існуючих методів морських перевезень.

Одним з важливих показників роботи флоту є не тільки швидкість доставки вантажів, а і можливість одночасного перевезення різновиду вантажів або партій. Тому на транспортному ринку судноплавні компанії виділяються різноманітністю транспортних послуг, кожна з яких має свою специфіку та режим роботи суден, враховуючи їх технічні можливості.

Оскільки для збереження й розвитку водного транспорту України потрібно запроваджувати нові більш досконалі технології і методи перевантаження та транспортування вантажів, то необхідно все більше відхилятися від існуючих стандартних принципів перевезення.

На ринку транспортних послуг діяльність вітчизняних судноплавних компаній супроводжується постійною конкуренцією, що підсилюється недостатнім володінням інформацією про сучасний ринок транспортних послуг і вивченням ситуації щодо маркетингових позицій, які займають іноземні судноплавні компанії, використовуючи можливості одночасного перевезення різних вантажів універсальними однотрюмними суднами.

Виходячи з цього нагальним є завдання привести технологічні методи та бортові вантажні програмні інструменти та інформаційні бази, які застосовуються національними судноплавними компаніями, до сучасних ринкових умов. Тому виникло питання практики відносно можливості одночасного перевезення різнофрахційних вантажів. Отже на основі умов сучасних морських перевезень, автором запропоновано метод «природної сепарації» як основна ідея, що вплинула на вибір теми дисертації.

В даний час існує значна кількість методів вирішення транспортних задач, в тому числі задач оптимального завантаження суден різного цільового призначення: контейнеровозів, танкерів, балкарів, газовозів та ін.

Основну увагу у дисертаційному дослідженні зосереджено на удосконаленні методів контролю вантажних операцій малотоннажних однотрюмних суден. В основу методології наукового дослідження покладено системний підхід, який є найбільш результативним при вивченні поведінки системи в цілому.

Результати вибору теми дисертаційного дослідження дозволяють сформулювати її таким чином: «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами».

Із назви теми витікає, що об'єктом дослідження є процес завантаження судна декількома окремими навалочними або насипними вантажами в однотрюмний модуль, а предметом дослідження – формування окремих штабелів навалочного вантажу при завантаженні малотоннажного однотрюмного судна

Технологічна карта наукового дослідження представлена на рис. 2.1.

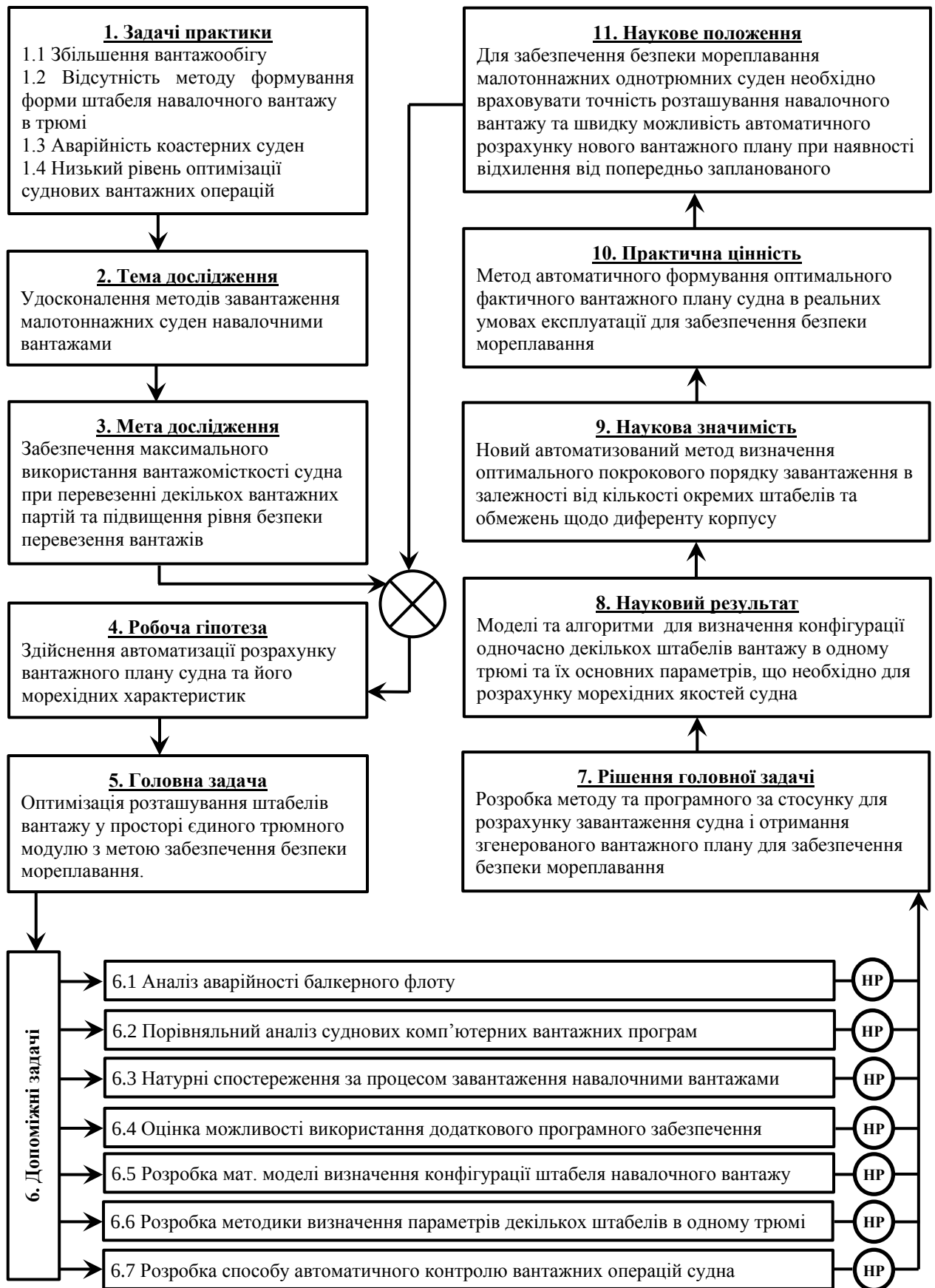


Рисунок 2.1– Технологічна карта дисертації на тему «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами»

Ця карта включає основні складові технології дослідження: вибір теми, ціль, наукову ідею, головну і допоміжні задачі дослідження, а також натурні спостереження практики для перевірки отриманих наукових результатів і наукове положення, яке необхідно обґрунтувати та підтвердити.

Головною задачею дослідження є оптимізація розташування штабелів вантажу у просторі єдиного трюмного модулю з метою забезпечення безпеки мореплавання. Для вирішення головної задачі необхідно рішення наступні допоміжні задачі:

- аналіз аварійності балкерного флоту;
- провести порівняльний аналіз існуючих суднових комп'ютерних вантажних програм;
- виконати натурні спостереження за процесом завантаження судна навалочними вантажами;
- оцінити можливість використання додаткового програмного забезпечення для суднових комп'ютерних вантажних програм;
- розробити математичну модель для визначення конфігурації штабелю навалочного вантажу в трюмі судна;
- розробити методики визначення параметрів декількох штабелів в одному трюмі, а також координат їх центра ваги з врахуванням сформованих відкосів;
- розробити спосіб автоматичного контролю вантажних операцій малотоннажного судна з метою розрахунку його морехідних якостей та забезпечення безпеки мореплавання.

2.1 Аналіз конструктивних особливостей суховантажного однотрюмного судна

Сьогоднішній флот змішаного ріка-море плавання (СЗП) є результатом взаємодії декількох факторів, а саме масового «зникнення» морських суховантажних суден, децентралізації зовнішньоекономічної діяльності з

подрібненням партій вантажів, виходом на арену приватних судновласників і річкових пароплавств.

На сучасному етапі суднобудування для морської експлуатації будуть будуватися морські суховантажні судна, відмінні від СЗП, з більш високим стандартом міцності корпусу та потужними двигунами, меншим коефіцієнтом загальної повноти і «морськими» співвідношеннями головних розмірів. Це відкрило новий напрям у суднобудівництві багатоцільових суховантажних суден, призначених для морської експлуатації не тільки навколо узбережжя Європи. Такі судна почали називати «коастерами». У вітчизняних судновласників вони повинні замінити значну частину суден змішаного ріка-море плавання.

Судна змішаного ріка-море плавання, завдяки своїми досить ефективними «ящичними» трюмами, вантажопідйомністю, що відповідає прийнятій партійності вантажів і малої осадки є саме тими транспортними одиницями, що були створені для відповідного часу та умов. Проте, факт наявності значних обмежень у більшості існуючих суден такого типу, крім переваг з позиції зниження металоємності корпусу і потужності головних двигунів [77], має і зворотну сторону у вигляді втрат ходового часу в очікуванні сприятливого прогнозу погоди і істотного зниження швидкості на хвилюванні [76].

Серед розглянутих суден визначено, що у європейському суднобудуванні став широко поширений клас суховантажних суден, так званих «коастерів» з розрахунковою довжиною не більше 85–95 м. Ці, як правило, однотрюмні суховантажні судна призначені для перевезення різноманітних генеральних і навалочних вантажів в європейському та середземноморському морському «каботажі», між невеликими морськими портами, мілководними причалами великих морських портів, річковими портами, партіями від 1000 до 5000 тонн.

Принциповою відмінністю роботи «коастерів» від суден змішаного плавання є їх інтенсивна експлуатація саме в морських умовах, а також те,

що при розрахунковій довжині до 85 м найбільший їх дедвейт не перевищує, як правило, 4500 тонн при місткості вантажного трюму близько 200 тис кубофутів і валовою місткістю до 3000 р.т.

До появи суден проектів типу «коастер» [78] на ринку замовлень, у практиці вітчизняного проектування і будівництва суден, такий клас практично був відсутній. Обмеження щодо валової місткості (не більше 3000 р.т) дозволяє використовувати судновий персонал, який оплачується за більш низькими ставками (за останніми спостереженнями крюїнгових компаній).

Режим роботи цих суден набагато інтенсивніший, ніж наприклад, «хендімакса» або «паномакса». І на відміну від великих суден «коастери» можуть виконувати до 10 суднозаходів в місяць, а це 20 швартовних операцій протягом 30 календарних днів, що сильно позначається на інтенсивній роботі суднової команди. Однак «коастери» створювалися з урахуванням епізодичної експлуатації не тільки по внутрішнім водним шляхам, але і необхідністю роботи на мілководні морських і гирлових портів.

В цьому контексті розглядається багатоцільове судно, проект типового «коастера», орієнтованого на роботу в умовах Балтійського і Північного морів, порти Франції, Британії та інші морські порти Європи, а також басейнів Чорного і Азовського морів. Такі «коастери» призначені для морських перевезень генеральних і навалочних вантажів, включаючи 20-ти і 40-футові контейнери міжнародного стандарту висотою до 9 футів, металу, зерна, лісу, вугілля, великогабаритних та великовагових вантажів, небезпечних вантажів класів 1.4, 2, 3, 4, 5, 6.1, 8, 9 та Додатка до Кодексу ВС. Висока льодова категорія E2 дозволяє працювати на Балтійському і Білому морях взимку.

Обводи, кригопроходимість і міцність корпусу, потужність головного двигуна повністю відповідають новим вимогам Фінсько-Шведських льодових правил.

Сучасна висока механізація вантажно-розвантажувальних робіт надає певний вплив на архітектурний тип судна та його конструкцію корпусу, які

повинні забезпечити вільне вертикальне переміщення вантажу з трюму і в трюм (вертикальна проникність вантажних трюмів), подовжнє і поперечне переміщення вантажу в трюмі (поздовжня і поперечна проникність).

Найвищі коефіцієнти проникності властиві «коастерним» суднам коробчатого типу з подвійними бортами і подвійним днищем, у яких відсутні поперечні перегородки, тобто вони мають, як правило, один єдиний трюм з гладкими стінками і днищем та один вантажний люк (іноді два). При вертикальних внутрішніх бортах і наявності поперечних перегородок площа такого люка дорівнює площі трюму на рівні дна, тобто коефіцієнт проникності дорівнює одиниці, а при похилих внутрішніх бортах і наявності перегородок складає 1,1–1,2. Коефіцієнти поздовжньої і поперечної проникності в обох випадках рівні одиниці. Модель секції такої конструкції представлений на рис. 2.2 [79].

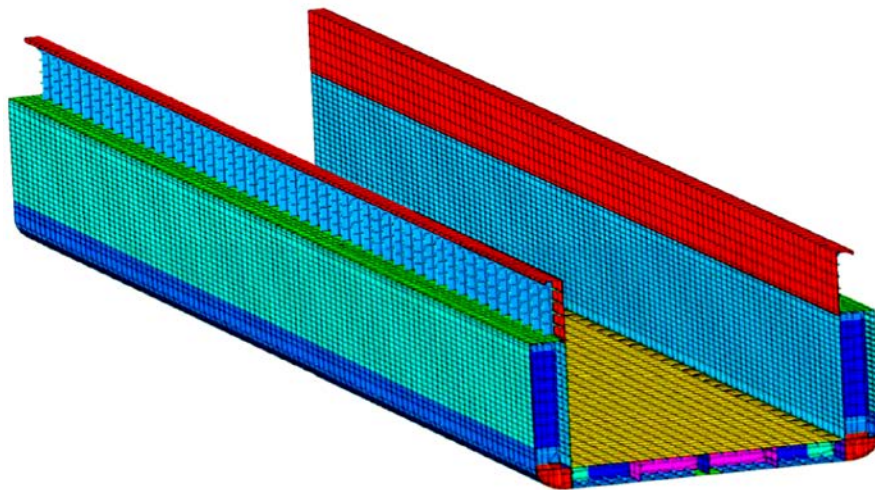


Рисунок 2.2 – Закінчено-елементна модель трюму універсального «коастера»

Таким чином, «коастери» коробчатого типу задовольняють всім основним вимогам сучасної механізації вантажних робіт.

При появі на ринку суднобудування одотрюмних морських суховантажних «коастерів» виникла необхідність аналізу їх просторового напружено-деформованого стану з урахуванням взаємодії з люковими

закриттями.

Однак відносно велика висота подвійного дна і ширина бортових відсіків дозволила порівняно просто вирішити проблему поперечної міцності цих суден, аналогічно плавучих доків. Важливо відзначити появу подібних рекомендацій у нових уніфікованих Правилах «МАКО-2006» [80].

Проекти «коастерів» зазвичай створюються за правилами європейських класифікаційних товариств – членів МАКТ: Ллойда, Бюро Верітас, Німецького Ллойда, Норвезького Верітас.

Архітектурно-конструктивний тип описуваного судна це – сталеве однопалубне, однотрюмне, одногвинтове (рідше двох) моторне судно, з баком і ютом, з кормовим розташуванням житлової надбудови, рубки і машинного відділення, з подвійним дном і подвійними бортами в районі вантажних трюмів, з бульбовим носом і транцевою кормою, з люковими закриттями знімного типу, з козловим краном для забезпечення відкриття, закриття та переміщення секцій люкового закриття (також є і з гідравлічними затворами), з носовим підрулюючим пристроєм.

Трюм виконаний ящикової форми, гладкостінний, зручний для проведення вантажних робіт і розміщення вантажу без штівки. Розміри вантажного трюму гарантують розміщення декількох ярусів контейнерів висотою до 9 футів, а також забезпечує можливість перевезення великогабаритних нестандартних вантажних місць (включаючи довгоміри).

На «коастерах» коробчатого типу поперечні перегородки встановлюються лише в тих випадках, коли це необхідно за умовами експлуатації (наприклад, неповні зернові партії або сепарація партій).

При сучасному проектуванні «коастерних» суден належна увага приділяється на розташування і конструктивне оформлення вантажних трюмів з точки зору задоволення вимог комплексної механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт.

Вантажний одинарний трюм, що стало відмінною рисою більшості «коастерів» має прямокутну форму. В межах вантажного трюму подвійне дно

горизонтальне. Розміри трюму повинні бути кратними розмірами вантажів: круглого штучного лісового вантажу, контейнерів, піддонів та тощо [75].

Оригінальне розташування баластних цистерн з перетіканням забезпечило виконання нормативів СОЛАС до ймовірного індексу поділу на відсіки, з урахуванням додаткових вимог реєстру GL до остійності непошкодженого судна. Проекти «коастерів» були першими однотрюмними суховантажниками, які отримали схвалення Німецького Ллойда після введення цих вимог і нових правил СОЛАС.

Важливою особливістю в експлуатації малотоннажних «коастерів» є хитавиця судна. Це питання хвилювало кораблебудівників ще до появи не тільки «коастерів», але і СЗП. Найбільш простими, але досить ефективними пасивними (некерованими) вгамувачами бортової хитавиці є скулові, або бокові кілі, які виконані у вигляді пластин. Їх встановлюють вздовж кожного борту судна приблизно по нормалі до скуластої поясної зовнішньої обшивки таким чином, щоб вони не виходили за габарити мідельшпангоута [81].

В даний час подальше вдосконалення архітектурно-конструктивного типу «коастерів» пов'язано зі створенням нових видів герметичного люкового закриття, які дозволяють досягти одночасного сто відсоткового розкриття трюмів при коефіцієнті вертикальної проникності, близькому до одиниці. Вищеописані особливості таких багатоцільових суховантажних суден нового концепту дедвейтом близько 4500–5000 тонн є типовим європейським «коастером», який володіє всіма функціями, притаманними суднам подібного класу.

Це одні з найбільш економічно вигідних типів суден, мобільність роботи яких дозволяє розширити ринок перевезень, створивши тверду нішу в певному секторі. Такі судна можна часто зустріти в Північному і Норвезькому морі, а так само біля берегів Данії [82].

В Правилах реєстрів МАКО, не регламентовані розрахункові хвильові навантаження на бортові перекриття при русі на «косих» курсах і їх кореляція з основними складовими загальних хвильових навантажень при

вигині в вертикальній і горизонтальній площинах і при загальному крученні корпусу судна [83].

Можна відзначити, що при закріпленнях з двох бортів люкових кришок найбільш напруженими є контрфорси поздовжніх комінгсів в середній частині (див. рис. 2.3), а при кришках закріплених з одного борту, або без них, характерно істотне підвищення напруги в усіх контрольних точках і великі переміщення пазів поздовжніх комінгсів в середину трюму. Врахування поперечного загального вигину вантажних одотрюмних суден призводить до істотного збільшення напруженості основних контрольних вузлів, крім контрфорсів комінгсів, при закріпленні секцій люкових закриттів з одного борту.

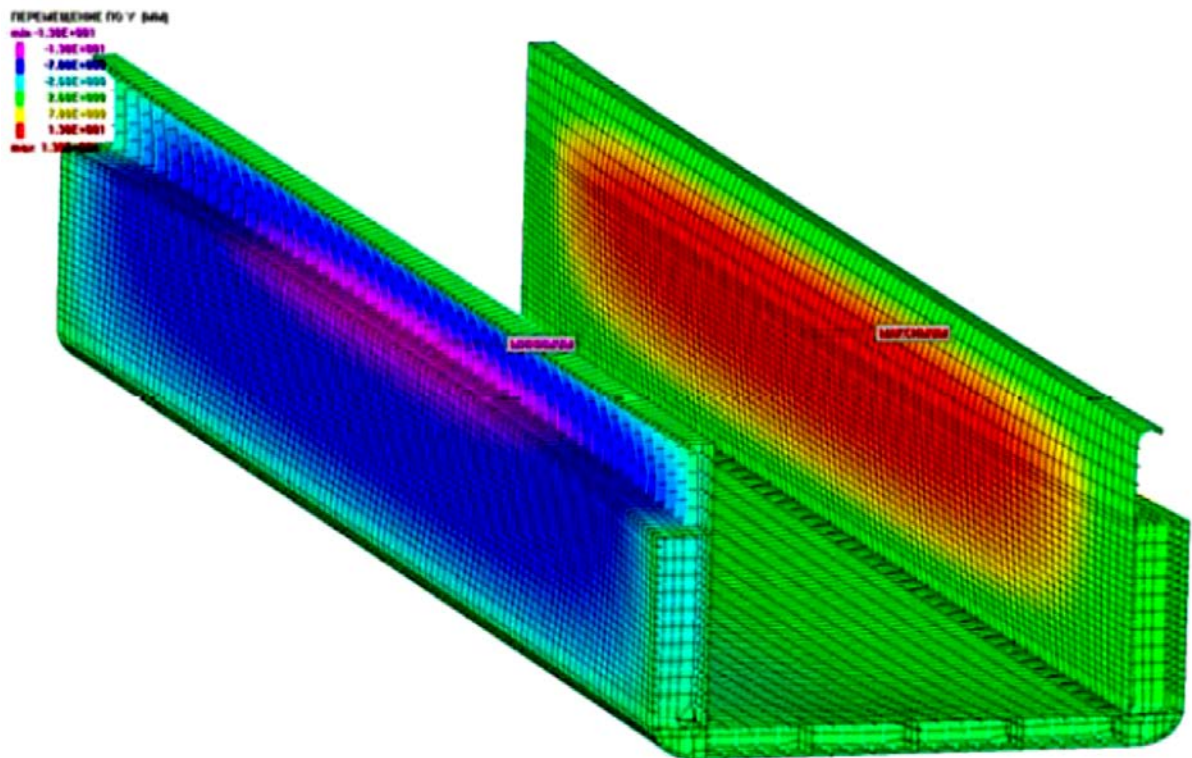


Рисунок 2.3 – Судно з вантажем на хвилюванні (рівномірне завантаження 2-го дна), осадка – 6,40 м; кришки закріплені через 1,2 м на діафрагмах

При закріпленні люкових закриттів з двох бортів істотно зменшується напруга в основних рамних зв'язках корпусу, але при цьому виникають

високі нормальні напруги в поясах контрфорсів. З ростом висоти комінгса ці напруги збільшуються, незважаючи на деяке зменшення навантажень на часто встановлені упори, що закріплюють кришки. При великій типовій відстані між упорами навантаження на них значно зростає в порівнянні з нормативними інерційними навантаженнями.

Ці ефекти підлягають обов'язковому врахуванню при подальшому проектуванні та експлуатації коастерного флоту.

Направляючі рейки, розташовані на трюмних комінгсах, дають повну ступінь свободи переміщення крану з постом управління уздовж всього трюму, а відсутність виступаючих елементів на головній палубі дозволяє розворот навколо своєї осі на 360° . Так досягається повна заповнюваність сипучим вантажем трюму, штівки вантажу при необхідності, контроль за планом перевалочних робіт і робота з несамохідними баржами на внутрішніх рейдах без додаткових робіт плавкранів.

Кран для кришок і екскаватор знаходяться на різних направляючих, що дозволяє одночасно працювати з кришками та екскаватором. Рухома платформа, на якій розташована вежа, в деяких випадках, дозволяє за своїми додатковими напрямними рейка переміщатися екскаватору в напрямку від борту до борту. При таких можливостях реалізується ретельна зачистка трюмів від залишків навалювальних вантажів з мінімальними трудоватратами екіпажу. Приклади такого «коастера» показано на рис. 2.4.

Друге дно більшості «коастерів» розрахована на інтенсивну роботу грейфером і малу збиральну техніку та виловні навантажувачі.

Корпус більшості суден спроектований на льодову категорію E2, та передбачає цілорічне плавання в Балтійському, Норвезькому і Білому морях. Обводи, кригопроходимість і міцність корпусу, потужність головного двигуна повністю відповідають новим вимогам Фінсько-Шведських льодових правил. Розрахункова температура зовнішнього повітря $+30^{\circ}\text{C}$ при вологості 65 % влітку і при -20°C вологість 85 % взимку, води від $+27^{\circ}\text{C}$ до 0°C відповідно. Захист корпусу від корозії гарантується застосуванням

короткозамкнутого протекторного захисту та ефективного лакофарбового покриття.

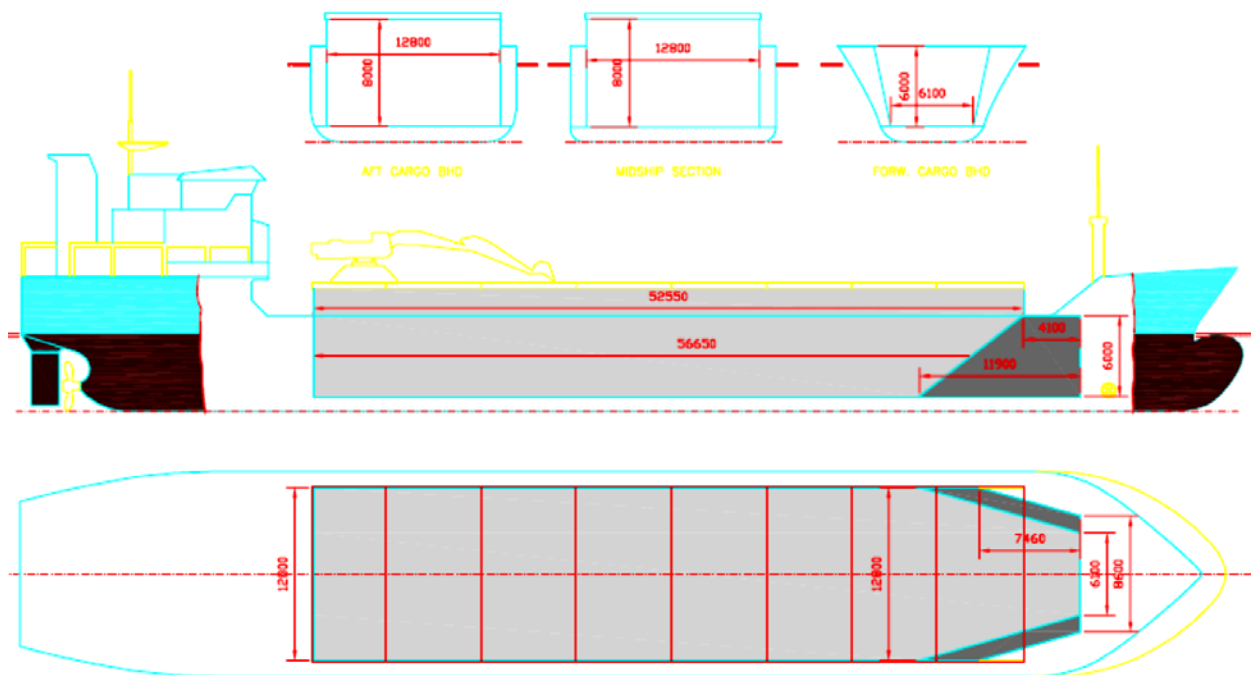


Рисунок 2.4 – Саморозвантажувальний коастер «WILSON HUSUM», 4200т

Отже проведений аналіз дає базове уявлення про концепт багатопільових суховантажних суден «коастерів» максимального можливого дедвейту до 10000 тонн при розрахунковій конструкції з поперечними однією або двома перегородками. «Коастери» призначені для заміни існуючих суден змішаного ріка—море плавання та на внутрішніх перевезеннях Європи.

2.2 Суднова вантажна технічна документація

У сучасній практиці перевезення навалочних вантажів (крім зернових, які також мають кут природного укосу менше 30°) регламентується СОЛАС-74 главою «6» частиною «В» і Міжнародним морським Кодексом безпечного перевезення твердих навалювальних вантажів (International Maritime Solid Bulk Cargoes Code – IMSBC Code). Цей кодекс поділяє вантажі на 3 категорії:

А – розріднюючи, В – хімічно небезпечні і С – рухомі [84].

Отже, будь-яке судно, що призначене для перевезення того чи іншого незернового вантажу, має бути забезпечене своїм судновласником або керуючою компанією, комплектом документації, такій як: IMSBC Code і типовими планами завантаження (ТПЗ).

На практиці нерідко буває необхідно прийняти партію незапланованого навалочного вантажу в будь-якому порту. У цьому разі передбачено використання міжнародних нормативних положень IMSBC, з використанням розрахунків вантажного плану завантаження на підставі вже існуючих типових.

З введенням IMSBC Code не були скасовані нормативні документи на перевезення конкретних вантажів, що були прийняті раніше у вигляді технічних умов. Однак необхідно мати на увазі, що обсяг нормування безпеки за технічними умовами дуже обмежений і не відповідає, як правило, рекомендаціям Кодексу.

Для полегшення забезпечення нормативними документами, судна повинні бути забезпечені буклетами типових планів завантаження, розробленими за вказівкою їх власників для випадків перевезення завідомо нерухливих вантажів і вантажів, небезпечних своїм зміщенням.

Вантажовідправник повинен також контролювати вологість при завантаженні, видавати сертифікат, який засвідчує, що завантажений навалювальний вантаж відповідає вимогам за критерієм [85].

Загальні вимоги щодо безпеки вантажу містяться в IMSBC Code. У програмах, призначених для використання на судах, конкретизуються і уточнюються форма і зміст сертифікатів та довідок, що видаються судновій адміністрації, та засвідчується відповідність вантажу нормативним вимогам, а також інструкції для суднової адміністрації для операцій контролю в процесі рейсу і при завантаженні.

Отже, небезпека порушення місцевої та загальної міцності судна повинна усуватися при складанні типового плану завантаження. Надмірна

поривчастість бортової хитавиці також повинна усуватися при розробці плану завантаження [86].

Карта технологічного режиму, що представляє інформацію про вантаж, містить у собі стислий опис технічної характеристики вантажу, але не завжди можна знайти величину його частинок, вологість, з якою вантаж зазвичай подається на завантаження, діапазон значень кута природного укусу при відомому діапазоні вологості поставки вантажу [87].

Для вантажів, що можуть зміщуватися у цьому документі слід було б зазначити розрахункову усадку вантажу і виникнення підпалубних порожнеч для вже відомого або дослідженого способу завантаження і типів суден. Зазвичай повідомляється хімічна активність у вигляді залишкової газоносності, тобто здатності утримувати в собі природні гази, що виділяються в подальшому. Цей процес характерний, насамперед, для вугілля. І нормуються заходи, щодо забезпечення безпеки в процесі перевезення [88].

Типовий план завантаження (ТПЗ) для зміщуваних вантажів може бути підготовлений для кожного типу судна виходячи з питомої завантажувальної кубатури (щільності) вантажу. Для конкретного вантажу з встановленої інформації питомої навантажувальної кубатурою ТПЗ може бути підібраний з числа заздалегідь підготовлених. Тому доцільно оснащення всіх суховантажних суден буклетами ТПЗ, складеними з урахуванням сучасних вимог ІМО Правилами перевезення.

Для випадків перевезення підгрупи вантажів, які схильні до розрідження, такий розрахунок заздалегідь не виконується, так як для кожного вантажу необхідно знати щільність, при якій утворюється пульпа. Ця характеристика встановлюється тільки при спеціальних дослідженнях. Особливістю розрахунків цих ТПЗ є необхідність перевірки поперечних переборок на тиск частково розрідженого вантажу [89].

Типовий план завантаження для незміщуваних вантажів, не відрізняється від типових випадків завантаження, що зазвичай містяться в

судновій інформації про остійність і міцність. Підбиваючи проміжний підсумок, необхідно відзначити особливо важливу роль ТПЗ в організації безпеки перевезень навалочних вантажів.

В даний час цей шлях реалізації нормативних вимог не отримав практичного застосування, однак в міру інтенсивного впровадження на судна бортових вантажних програм можна очікувати його широке застосування у зв'язку з підвищенням оперативності розв'язання задачі перевезення того чи іншого вантажу.

Існуючі типові плани завантажень передбачають варіанти рівномірного завантаження трюму. Недостача додаткової інформації сильно позначається на роботі екіпажу при виконання розрахунків для завантаження судна. Це призводить до думки про необхідність створення додаткової інформаційно-технічної бази даних для таких суден як малотоннажні одотрюмні «коастери» [90].

Типова інформація для практичного застосування на існуючих нині суднах, як правило, складається з таких основних документів:

- типова інформація по остійності і міцності судна при завантаженні однорідним вантажем;
- типова інформація з перевезення зернових вантажів;
- інформація та рекомендації для генеральних вантажів.

Приклад структури буклетів з остійності, міцності та типових вантажних планів деяких суден приведено у додатку Б на рис. 1а, 1б, 1в.

2.3 Аналіз існуючих суднових вантажних програм

У процесі експлуатації судна, в залежності від зміни темпу завантаження і розміщення вантажів, рейсових запасів і баласту, змінюються його морехідні якості та характеристики міцності, що може призвести до пошкодження вантажу або його втрати, а іноді, і до аварії самого судна. Це може відбутися не тільки в штормових умовах, але і при сприятливій погоді.

Відомі випадки, коли через відсутність відповідного контролю завантаження і остійності судна, або невідповідності плану розподілу штабеля під час вантажних операцій, виникало пошкодження його корпусу судна або розвивався загрозливий крен чи диферент судна.

Виконаний автором аналіз багатьох вантажних операцій в реальних рейсах суден типу «коастер» свідчить, що необхідно створити систему розрахунків, яка дозволила б, під час виконання вантажних операцій, прогнозувати фактичне розташування та положення запланованих штабелів вантажів, та визначити поведінку корпусу судна на можливість його експлуатації на будь-якому етапі завантаження, або врахувати раптові зміни, які вносяться в технологічний процес зі сторони стивідорів.

На сучасному етапі експлуатації, в якості вантажних програм для суден дедвейтом до 10000 т широко використовується одна з стандартних комп'ютерних програм – «Excel», у яку внесені стандартні формули і початкові параметри судна. Цей формат також широко використовується при розрахунку маси вантажу на судні по осадкам, тобто проведення так званого «Draft Survey». Програма дозволяє, з достатньою для невеликих суден точністю, розрахувати на момент закінчення завантаження їх морехідні параметри (осадку носом і кормою, диферент, згинаючі моменти і критерії остійності та масу вантажу).

Сучасний рівень контролю виконання вантажних операцій, включаючи посадку, остійність і загальну міцність судна, в процесі його експлуатації, не дає змоги визнати його задовільним і достатнім в повному обсязі. Розрахунковим способом неможливо точно визначити координати центру ваги маси вантажу у вантажному приміщенні і судна в цілому, що, в свою чергу, суттєво впливає на розрахунки інших показників, які визначають остійність.

Рейсові спостереження автора дозволяють стверджувати, що фактична форма маси штабелю і координати центру його ваги у вантажному приміщенні, після завантаження судна навалочним або насипним вантажем,

значно відрізняється від запланованого положення, яке було прийняте при складанні попереднього вантажного плану. Постійна зміна положення судна біля причалу і умов рейсу вимагає додатково враховувати положення вантажу в трюмі, оскільки це буде впливати на загальну остійність і міцність.

Розрахунковий метод дає істотні похибки навіть у разі його реалізації за допомогою бортового комп'ютеру. Основна частина цих похибок виникає через неточності оперативного введення значення мас і координат центрів ваги штабелів вантажів. Про важливість зазначеної операції свідчить той факт, що всі сучасні судна мають свої комп'ютерні вантажні програми, що дозволяють зробити моделювання завантаження судна (скласти попередній вантажний план) і оцінити рівень його морехідної безпеки.

Частково це питання було обґрунтовано у статті Гайчені О. В. метою якої є розгляд методу, що дозволяє створення бази даних комп'ютерної програми завантаження судна у випадку відсутності такої на судні [91]. Але також зазначено, що надалі доцільно провести розробку способу перевірки коректності введеної інформації в базу даних. Але це було запропоновано для універсальних морських суден і не стосується «коастерного» флоту.

Тож доцільно провести більш детальний аналіз вже існуючих судових вантажних програм, що використовуються у реальній практиці на різних судах, що стали об'єктом натурного спостереження та аналізу статистики вантажних планів виконаних рейсів.

2.3.1 Вантажна програма «SCHIFFKO»

Морська програма «SCHIFFKO Marine Computer System 100» була розроблена програмним відділом компанії SCHIFFKO у жовтні 1991 р. Подальша розробка і сервіс програмного забезпечення виконується компанією «TECHNOLOG GmbH». Використовується на судах m/v «PLATO» та m/v «WILSON BILBAO» норвезької компанії «WILSON».

Описуваний продукт використовує за основу програмування Visual

Basic, що забезпечує просту роботу програми для інтерфейсу Microsoft Windows. Після включення комп'ютера і дисплея, при запуску програми в режимі діалогового вікна, система переходить в готовий режим.

Основні пункти можливостей даної програми: введення початкових даних; операції з контейнерами; інші операції по завантаженню; диферент і початкова остійність; розрахунок поздовжньої міцності і згинальні сили; діаграма поздовжньої міцності; баланс сил на корпус; діаграми остійності; завершення роботи і вихід з програми.

При «введенні початкових даних» програма запитує ім'я судна, номер рейсу, порт завантаження і порт призначення, напрямок рейсу (N / E / S / W), мінімальну «GM» і максимальну осадку. Незалежно від отриманих показників розрахунків остійності, що виконані програмою, значення мінімально допустимих критеріїв порівнюються відповідно до положень ІМО і будуть представлені на дисплеї спільно з фактично розрахованими.

При виборі закладки пункту «3. Інші операції по завантаженню» оператор (судноводій) переходить до другого підменю програми, яке пропонує нижче наведені дії з розрахунками: дані про запаси і провізії; вантажний трюм – завантаження або кренування; генеральний вантаж – завантаження або кренування; суднові танки і баласт; суднові танки і баласт – кренування; прибрати запаси по танках; прибрати загальне завантаження судна; завершення операцій з завантаження-розвантаження.

Закладка підменю «0. Дані про запаси і провізії» дозволяє вказувати вагу провізії, яка може бути обрана для відходу або приходу судна. Вага для приходу може становити 10 % від ваги при відході судна.

Пункти підменю «1» і «2» можна використовувати тільки для завантаження трюму навалочними або зерновими вантажами. На екрані буде відображено трюм із запитом про кількість відсіків, утворені зерновими переборками що переміщуються у встановлені позиції. Їх кількість не може бути більше трьох. Потім програма просить вказати положення позиції шпангоута, в якій встановлені зернові переборки (див. додаток Б, рис. 2а).

Після вибору відповідних позицій переборок, буде розрахована і виведена інформація по об'єму і лінійним розмірам відсіків. Потім програма запитує наступні вхідні дані: тип операції (завантаження / вивантаження); тип вантажу (зерно – так / ні); об'єм (м^3); щільність (т/м^3).

Виходячи з цих значень завантаження, будуть визначені маси, центри тяжіння і згинальні моменти. Якщо відсік заповнений не повністю і зерно має тенденцію до зміщення, то моменти від зсуву будуть розраховані автоматично.

При роботі з пунктом підменю «5. Суднові танки і баласт», програма розділяє танки на групи згідно їх змісту. Вибравши один з них, вся група цих танків відображається на екрані, включаючи номери, назву, максимальну вагу танка і фактичний відсоток заповнення. Потім програма запитує номер конкретного танка для обробки. Після його вибору танк відображається разом з можливими для нього функціями: «f» (повний), «p» (частково заповнений) і «e» (порожній).

За допомогою функції «p», вага часткової заповнюваності буде розрахована згідно заданої щільності. Коли танк заповнюється менш ніж на 98% програма запитує розгляд вільної поверхні по максимальному моменту, передбаченому для конкретного танка. Роздрукована сторінка цього розділу підменю приведена на нижньому зображенні у додатку Б, рис. 2а.

По закладці пункту основного меню «4. Дифферент і початкова остійність» будуть роздруковані умови завантаження: дані порожнього судна плюс завантажені партії вантажу і заповнення танків по запасах, а також осадки судна (носова та кормова); диферент; крен; метацентр (також виправлення на вільну поверхню); порівняння фактичного і припустимого моменту зміщення зерна (тільки при завантаженні зерна); середня осадка в прісній воді. Також відображається графічна діаграма остійності судна. Роздруковані сторінки цього пункту меню продемонстровані на двох зображеннях у додатку Б, рис. 2б.

У пункті «7. Баланс сил на корпус», основного меню мається на увазі

баланс моментів, які порівнюються між правильними моментами корпусу і сумою моментів від плечей вантажу у чисельній або графічній формі (див. додаток Б, рис. 2в).

При роботі з закладкою основного меню «5. Розрахунок поздовжньої міцності і згинальні сили» отримаємо інформацію про перерізуючі сили і згинальні моменти, результати яких будуть представлені в числовій і графічній формі (див. додаток Б, рис. 2в).

Так само будуть розраховані торсіонні сили від заповнюваності танків і відсіків трюму і автоматично порівнюватися з їх допустимим моментом на кручення. Якщо значення перевищують допустиму норму, то на екрані з'явиться вікно з попередженням.

Пункт меню «9. Завершення роботи і вихід з програми.» завершує роботу з програмою, при цьому всі останні розрахунки будуть автоматично збережені в базі даних програми.

2.3.2 Вантажна програма «LOCOPIAS»

LOCOPIAS – це бортова багатофункціональна комп'ютерна програма для завантаження суден. Розробники – PIAS (Program for the Integral Approach of Ship design 2012–2013 pp). Вона використовується на однотипних судах: m/v «CROWN MARY», m/v «ANNA DORTE» та m/v «ELENA», голландської компанії «W&R». Забезпечує оптимальне завантаження і максимальну безпеку для судна, його екіпажу або пасажирів і навколишнього середовища.

Мета програмного інтерфейсу LOCOPIAS – перевірити, чи відповідають умови завантаження обраними критеріями для пошкодженого судна, а також загальної остійності і міцності непошкодженого судна. З цією метою можуть бути виконані розрахунки початкової остійності, остійності при пошкодженні корпусу і розрахунки поздовжньої міцності. Графічний інтерфейс LOCOPIAS, який використовується, дозволяє виконати перевірку

необхідних параметрів на екрані, а також роздрукувати повний пакет звітів.

LOCOPIAS підходить для всіх видів суден: суховантажних, пасажирських, контейнерних, Ro-Ro, суден, що перевозять великовагові вантажі, а також нафтових, хімовозних та газових танкерів, суден спеціального призначення та військових суден. Програмне забезпечення призначене для використання як на борту, так і на березі, або на персональному комп'ютері. Умови завантаження можуть бути замінені між версіями LOCOPIAS для одного і того ж судна.

Дана програма виконує розрахунки на основі фактичної форми корпусу і геометрії відсіків для кожної комбінації диференту, крену і осаді. Розрахунки не обмежені в діапазоні диферента або крена судна та дозволяють отримати точні результати.

Програмний продукт LOCOPIAS схвалений більшістю основних класифікаційних товариств і відповідає категорії B і C стандартів ISO 16155. Ця програма призначена для обчислювання за допомогою одного користувача, що є достатнім щоб вносити зміни.

Розробниками передбачена доступність декількох базових модулів для полегшення планування вантажних операцій і розміщення вантажів. Модулі можуть бути інтегровані в програмне забезпечення для виконання наступних завдань: розрахунок остійності непошкодженого судна; розрахунок поздовжніх сил; розрахунок моментів кручення; розрахунок остійності пошкодженого судна; заповнення суднових танків; аварійний контроль (оцінка пошкоджень і аварійні розрахунки); завантаження контейнерів; завантаження спецпроектів або генеральних вантажів; завантаження Ro-Ro; завантаження зерна і навалочних вантажів; розташування люкових кришок, твіндекних панелей і зернових переборок; симулятор роботи крана; інтерфейс із системою манометрів для танків і цистерн; заміри і розрахунок вмісту люкових танків, враховуючи крен та диферент судна; розрахунок сил якірного ланцюга; модуль палубної трубної системи.

При запуску програма відкривається в основному вікні. Основне вікно –

це відправна точка діяльності користувача. Приклад першого робочого вікна показаний у додатку Б, рис. 3а.

В основному вікні відображається поточний встановлений стан завантаження і представлені всі інструменти, необхідні для визначення параметрів завантаження. Тут користувач може перейти до доступних модулів для розрахунків завантаження певних типів вантажів.

У цьому ж вікні LOCOPIAS надаються модулі для визначення мас в процесі завантаження, а саме: містяться інструменти для виконання певних операцій, таких як заповнення танків, завантаження вантажів або використання суднових кранів.

Розглянемо докладніше можливості модуля, який може використовуватися тільки для розрахунків при перевезенні зерна і навалочних вантажів. Цей модуль може виконувати наступні функції: вибір і позиціонування рухомих зернових переборок; вибір зернових відсіків для завантаження і заповнення їх за критеріями об'єму, маси, щільності або процентного співвідношення; після заповнення відсіків автоматично розраховуються центри маси і момент крену (в разі зерна) від вантажу; перевірка відповідності вимогам критеріїв остійності для перевезення зерна; у будь-який момент часу дані стосовно остійності або поздовжньої міцності можуть бути знову оцінені і перевірені відповідно до нових критеріїв. Робота цього програмного модуля представлена у додатку Б, рис. 3б.

Судноводій і далі також може перейти від зерна до навалочних вантажів, натиснувши правою кнопкою миші на робочому полі плану вантажу судна для виведення на екран нового вікна «Modify data for cargo hold». У цьому вікні є можливість встановити пріоритет із вантажу та необхідні для завантаження розрахункові параметри (див. рис. 2.5).

Модуль програми дозволяє прогнозувати і розраховувати заповнюваність усього трюму, або його відокремлених панелями частин, способом рівномірного завантаження і не передбачає інших можливих конфігурацій штабеля навалочного вантажу, що робить цю програму не

завжди зручною для реального користування в суднових умовах.

Modify data cargohold : From pos A to pos D	
☒ Grain	
☐ Bulk	
Weight [ton]	2820.749
Volume [m3]	3754.111
Ullage [m]	0.022
Percentage of filling [%]	99.742
Specific weight [tons/m3]	0.751
Specific volume [m3/ton]	1.331
Specific volume [ft3/ton]	47.000
OK CANCEL UNDO	

Рисунок 2.5 – Вікно зміни реєстрації даних

2.3.3 Вантажна програма «EASEACON»

EASEACON – це програма для планування вантажних операцій і завантаження судна, розроблена «Marine Alignment A/S» (1986–2006 рр. Данія). Ця версія була розроблена спеціально для суден m/v «WAVE» та m/v «AMBER» голландської компанії «RIVERMAAS» індивідуально, охоплюючи всі аспекти обробки суден і вантажів, придатних для перевезення. Вона забезпечує належне планування, експлуатацію та забезпечення точних показників параметрів судна і вантажу. EASEACON схвалена класифікаційним товариством «Germanischer Lloyd» як багатопрофільний вантажний інструмент.

EASEACON повинна працювати на стандартному ПК з наступними мінімальними вимогами: Microsoft Windows 9x, 2000, NT, XP або новіше; один привід CD-ROM і / або 3-дюймовий флоппі-дисковод; жорсткий диск; мінімально 20Мб вільного місця; принтер додається.

Для того, щоб користувач міг працювати з EASEACON у відповідних умовах, розробниками рекомендується комп'ютер, технічно оснащений процесором PENTIUM III © / 800MHz і 256Mb RAM або краще.

EASEACON використовує Рекомендацію IMO «Recommendation On A Severe Wind And Rolling Criterion (Weather Criterion) For The Intact Stability Of Passenger And Cargo Ships of 24 Metres In Length And Over» в якості основи для розрахунків.

При запуску програмного продукту EASEACON, відкривається вікно, яке представляє собою програмний об'єкт, що містить на основній панелі інформативні кнопки, кожна з яких буде викликати нове вікно завдання (див. додаток Б, рис. 4а та 4б). Верхнє зображення додатку представляє судно «Wave», а нижнє відповідно судно «Amber».

Так, коли необхідно відкрити одне з планових умов завантаження в основному меню закладки «Файл», від подвійного кліка миші, з'явиться нове вікно з осередками пам'яті, що перераховують різні умови.

У користувача є можливість вибрати і постійно зберігати до 40 варіантів умов, для різних вантажів і рейсів. Всі внесені зміни в програмні розрахунки, автоматично зберігаються після введення. Судноводій може змінити інформацію у заголовку кожного осередку в залежності від умови. Ця інформація містить: ім'я користувача, номер рейсу, тип вантажу або стану судна в баласті, порти завантаження і вивантаження, щільність води для якої наводяться розрахунки і остання дата зміни цих умов у програмі.

Кнопки швидкого доступу пропонують користувачеві можливий доступ до таких програмних засобів: S – діюча вантажна марка; 1,025 – вибір щільності води; CS – планування запасів по екіпажу і постачання; HF – планування запасів важкого палива; DO – планування запасів легкого палива; LO – планування мастильних матеріалів; FW – планування запасів прісної води; WB – планування та розміщення баласту; MI – планування інших танків; CC – коди позначень і кольору; m, t – вибір одиниць вимірювання; GZ – криві елементів остійності; SF – розподіл на корпус ріжучих сил; BM – розподіл на корпус згинальних моментів; TM – розподіл на корпус моментів кручення; VC – перевірка видимості горизонту (див. додаток Б, рис. 4в та 4г).

У закладці «Bulk & Grain» створені інструменти і функції, пов'язані з

плануванням і завантаженням навалочних і зернових вантажів. Вона має розділи: «навалочне і зернове планування (графіка)» та «навалочне і зернове планування (таблична форма)».

Судноводій, вибравши закладку, може закрити одне з вікон (табличне або графічне), і виконувати планування в необхідному режимі. Будь-які зміни в табличному режимі автоматично оновлюються і відображаються на графічному і навпаки.

У вікні закладки «Bulk & Grain», буде відображено судно з правого борту. Всі вантажні відсіки трюму, на які його розділили, будуть показані в своїх істинних позиціях. Порожній відсік або трюм відображається тільки у вигляді контуру, якщо він не порожній, то кількість заповненого і вільного об'ємів по вертикалі заповнення, в процентному співвідношенні, буде виведено на дисплей.

Пересувні твіндечні панелі і зернові переборки переміщаються, встановлюються в позиції і прибираються з судна за допомогою клавіш F2 і F3 стандартної клавіатури. При цьому, вікно «навалювальне і зернове планування (графіка)» має бути вибрано активним.

При плануванні вантажних операцій, доступно кілька функцій: Fill (вантажне приміщення заповнене повністю, без пустот); Empty (вантажне приміщення повністю пусте); Edit Form (вантажне приміщення заповнене частково).

При роботі з функцією Edit Form, можна використовувати вказівник рівня заповнення вантажного відсіку. Захопивши мишею лінію кордону, судноводій може змінювати бажану висоту вантажу, при цьому, рівень заповнення в процентному співвідношенні зміниться автоматично.

При використанні табличної форми, для кожного відсіку будуть перераховані: номер відсіку; максимально можлива маса (з урахуванням заданої щільності); опис вмісту вантажу (не більше 12 знаків); код вантажу відповідно до модуля засобів «СС» (4 символи); повідомлення про зерновий вантаж «Так» або «Ні»; повідомлення про штивку вантажу «Так» або «Ні»;

повідомлення про мішковану поверхню вантажу «Так» або «Ні»; повідомлення про водяний баласт у трюмі «Так» або «Ні»; відсоток заповнення; фактичний заповнений об'єм; загальний центр ваги; фактична щільність вантажу; поточна маса; момент крену; рівень зазору пустот між поверхнею вантажу і кришками; поздовжнє плече вантажу або відповідний момент; поперечне плече вантажу або відповідний момент; вертикальне плече вантажу або відповідний момент. Редаговані пункти виділені блакитним кольором, а не редаговані червоним кольором (див. додаток Б, рис. 4д та 4е.). Верхнє зображення для судна «Wave», а нижнє відповідно для судна «Amber». При цьому інші форми штабеля вантажу, по розташуванню в трюмі, програмою не передбачені.

Плани, що готові для друкування, показані у додатку Б, на рис. 4ж для судна «Wave», на рис. 4з для судна «Amber».

Висновки по розділу 2

На підставі проведеного аналізу можна зробити такі наступні висновки.

1. В даний час для розрахунку оптимального завантаження судна та контролю його морехідних якостей існують програми різної складності. Однак ці програми не вирішують всіх існуючих задач щодо планування вантажних операцій. Крім того, виникають ситуації, коли скористатися вантажною програмою взагалі неможливо, наприклад, при експлуатації старих суден. В такому випадку суттєво ускладнюється складання попереднього вантажного плану.

2. Вантажні програми не враховують фактичні параметри навалочних вантажів, наприклад, масу окремих штабелів, положення їх центрів ваги відносно кіля та площини міделя внаслідок ущільнення або зміщення при наявності диференту судна.

3. З огляду на те, що на судні обов'язково є стандартна документація для складання попереднього вантажного плану, доцільно розробити комп'ютерну програму, що дозволить прискорити процес планування та виконання розрахунків завантаження малотоннажного одотрюмного судна і враховувати всі необхідні параметри вантажних штабелів.

4. Судноводію при виконанні завантаження трюму і подальшого розрахунку остійності та положення корпусу судна, необхідно враховувати практичну конфігурацію штабелів в трюмі. Плани типових завантажень не використовуються практично, якщо фактичний вантажний план має відхилення від класичного завантаження.

5. Одотрюмні судна на сьогоднішній день одночасно перевозять велику кількість різновидів вантажів. А це означає, що для всіх технологій завантажно/розвантажного процесу необхідно розробити такі спеціалізовані програми, які дозволяли б вирішувати весь спектр питань організації завантаження.

6. Аналіз, який виконано на різних судах в рейсових умовах, показує, що існуючі програми не дозволяють вести постійний контроль маси вантажу, який завантажуються в трюм, форми його штабелів, що утворюються, та визначати координати їх центрів ваги і, як наслідок, розраховувати поточні параметри остійності судна і міцності корпусу. Отже, питання забезпечення морехідної безпеки, шляхом розрахунків та контролю проведення вантажних робіт з метою збереження морехідного стану суден шляхом постійного контролю їх оптимального завантаження досліджені не в повному обсязі.

7. Виконаний аналіз технології завантаження однострумних малотоннажних суден показав, що існуючі методи сепарування навалочних вантажів можливі тільки завдяки пересувним трюмним конструкціям. А це вимагає як фінансових затрат під час суднобудування так і додаткового часу для екіпажа під час завантаження судна.

8. Результатом проведеного аналізу було визначено основний напрям дисертаційного дослідження та формування технологічної карти, який передбачає вирішення завдання щодо удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами.

РОЗДІЛ 3.

НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ ВИКОНАННІ ВАНТАЖНИХ ОПЕРАЦІЙ МАЛОТОННАЖНИХ ОДНОТРЮМНИХ СУДЕН

Під час завантаження судна на корпус діють різні сили і моменти. При розрахунку навантаження за допомогою вантажних програм враховується вплив цих сил. Але майже в усіх програмах судно розглядається як однорідна незламна балка. Не враховуються явища прогину і перегину судна. Крім того, вантаж що є в трюмі судна, вважається нерухомим після його завантаження. В результаті, під час вантажних операцій, палуба трюму судна може зазнавати додаткових деформацій, а судно – мати диференти поза межами розрахункового.

Метою даного розділу є розгляд поведінки штабеля вантажу у трюмі та моментів і сил, що він викликає, а також його дію на судно під час завантаження. Додатково було розглянуто зміну положення корпусу від дії морських хвиль, а також здійснено аналіз впливу цього явища на форму штабеля вантажу, та загальну морехідну безпеку судна.

Для дослідження вантажних операцій, утворення форми штабелів та навантажень (сил), які діють на корпус судна, були виконані натурні спостереження в рейсових умовах на різних судах з однотипною конструкцією трюму. Протягом восьми років автором виконувалося фактичне вивчення процесів перевезення на судах типу «коастер» різних вантажів (генеральних, навалочних, насипних та інш.)

3.1 Практика виконання вантажних робіт для одотрюмного судна при завантаженні навалочними вантажами

Завантаження навалочних вантажів передбачає значну частку повністю механізованих робіт. Механізуються як подача вантажів у трюм, так і їх укладання і розрівнювання. Це виконується за допомогою машин

внутрітрьомної механізації (малогабаритних бульдозерів, телескопічних конвеєрних стрічок, різних металевих пневматичних машин).

Слід відзначити, що одним з сучасних напрямків використання «коастерних» суден є саме рейдове перевантаження з великотоннажних морських суден. У світовій морській практиці (США, Голландія, Англія, Данія, Норвегія, Єгипет та інші) такі операції називають схемою «ship-to-ship», або скорочено «STS» операції. Кількість таких операцій різко зросла в Північному і Балтійському морях.

Робота за схемою STS, більшою мірою, знаходить себе з перевалкою сипучих вантажів у великих портах. На сьогоднішній день таким способом розвантажуються і завантажуються судна з осадкою до 23 м. А правильна організація роботи по схемі STS, дає можливість одночасно завантажувати до 4-х малотоннажних «коастерних» судна.

Значна частина малотоннажних суден, не обладнана вантажними пристроями і залежать від берегового обладнання при завантаженні та вивантаженні. Часто такі судна стоять на лінії і мають одні і ті ж порти завантаження і вивантаження, які мають власні вантажні засоби.

Коли сьогодні портові перевалочні комплекси продовжують нарощувати свої колосальні потужності та збільшувати свої можливості, слід відмітити, що розміри одотрьомних суден групи «коастерів» конструктивно залишаються незмінними. Удосконалюється як обладнання, так і механізми, але при цьому геометричні розміри корпусів не змінюються. Тим самим час вантажно-розвантажувальних робіт для таких суден зменшується.

Як правило, при підготовці всіх судових документів і вантажного плану, коли режим роботи судна дуже інтенсивний, все зводиться до наближених розрахунків, і так само використання відпрацьованих архівних варіантів завантаження, що не завжди коректно чи підходить під конкретні обставини.

Понад точних і однозначних розрахунків на практиці не буває. Але можна погодитися з тим, що межа похибки повинна бути в помірних

границях. Наприклад, коли немає лімітуючих обставин, пов'язаних з положенням корпусу на воді, то практично диферент після навантаження може варіювати у приблизному діапазоні $\pm 0,5$ м.

Інша справа, коли існують додаткові обставини, що створюють обмеження по осадці або диференту, наприклад мілководдя або канали і фарватери. Так півметра на ніс дадуть нам зміну загального диференту рівного 0,2 м на ніс, що вкрай небажано, наприклад, для баластної і паливної системи; збільшення на півметра на корму призведе до збільшення максимальної осадки судна і перевищення прохідної осадки в каналі, порту або фарватері. Для таких суден як «коастери», враховуючи їх постійну роботи в обмежених акваторіях і річках, це питання вимагає додаткового врегулювання.

Таким чином, виникає необхідність не тільки швидкого, але і більш точного розрахунку вантажного плану, що тягне за собою додатковий час, якого вкрай не вистачає. Це призводить до того, що підхід до існуючої організації розрахунку вантажного плану судна, на сьогоднішній день, слід кардинально переглянути і при можливості вдосконалити.

До одного з напрямків вдосконалення розрахунку вантажного плану судна автор відносить метод «природної сепарації», оскільки він комплексно та одночасно дозволяє прорахувати низку важливих показників, що впливають на кінцевий результат розрахунку вантажного плану.

Рейсові практичні спостереження показують, що проблематика зароджується тоді, коли мова йде про вантажі з малим питомим вантажним об'ємом. Коли вантаж легкий і трюм заповнюється повністю на 95-100%, то визначити, наприклад, абсцису і аплікату центру ваги вантажу не представляє важкої праці. Отже, умовою граничного використання методу «природної сепарації» є заповнення вантажного відсіку до 50 % за об'ємом, або коли виникає ситуація певного розподілу вантажу окремими штабелями.

Натурні дослідження вказують на те, що наявність певної форми трюму породжує ряд особливостей, які пов'язані з завантаженням навалочних

вантажів.

Основним практичним спостереженням є установлення наступного: чим більше розділених просторів є в вантажному трюмі, тим точніше можемо знати про загальні параметри штабелю вантажу всередині нього. Натурні спостереження показують, що один довгий трюм має тільки одну координату свого геометричного центру, а всі поправки зсуву штабеля вантажу не враховуються, оскільки точно розрахувати зміни зміщення штабеля не представляється можливим.

Практика на вантажних терміналах Норвегії, наприклад, відзначила, що транспортерні стрічки можуть рухатися з борту на борт, а судно доводиться перетягувати вздовж терміналу або причалу. При такому завантаженні втрачається можливість точно і однозначно порахувати вантаж, шляхом візуального поділу простору трюму на різні частини або об'єми. Такі випадки потребують іншого, більш раціонального і доступного способу розрахунку вантажу.

Фактичні проблеми практики завантаження змушують шукати різні додаткові рішення стосовно управління завантаженням, розрахунку розмірів та об'ємів штабелів вантажів в трюмі.

Але, використовуючи вищезазначений автором метод, з'являється можливість досягти необхідних розрахунків вантажного плану судна при певних складних обставинах завантаження судна, а також враховувати умови максимального завантаження судна при певних обмеження технології завантаження для досягнення максимального прибутку та економічного ефекту.

3.2 Спостереження неповного завантаження трюму судна навалочними вантажами

Для розробки удосконалення методів завантаження та перевезення навалочних вантажів автором були виконані натурні спостереження в

реальних рейсах «коастерних» суден при перевезенні широкої номенклатури навалочних вантажів.

1. На т/х «PLATO», з 15 по 19 вересня 2011 р, було здійснено перевезення з порту Роттердам (Нідерланди) в порт Тронхейм (Норвегія) кукурудзяного глютенowego корму. Основні характеристики цього судна і його генеральний план представлені у додатку В на рис. 1 та рис 2.

До перевезення було заявлено 1600 т вантажу, що значно менше вантажопідйомності судна. Фізичні властивості вантажу в інформації не були вказані. Кут природного укосу був прийнятий середньостатистичним за словами стивідорів. Щільність цього вантажу залежить від багатьох факторів: вологість навколишнього середовища, тривалість часу зберігання, що впливає на властивість злежуваності вантажу, і як наслідок на його питомий об'єм. При завантаженні було помічено його властивість до зміщення, як у зернових вантажів.

Вантажні роботи виконувалися грейфером. Вантажний план передбачав рівномірне заповнення трюму шляхом повторного досипання вантажу грейфером по всій його довжині, включаючи вирівнювання крену. Для виходу на розрахунковий диферент залишок вантажу, масою біля 150–200 т, засипався в зазначену розрахункову точку трюму, але по всій його ширині. Вантаж в трюмі зайняв об'єм близько 65 %. Через поспіх завантаження і плинність штабеля, форма вантажу в трюмі, після закінчення вантажних робіт, відрізнялася від запланованої, для якої були виконані попередні розрахунки остійності і морехідних якостей судна (див. додаток В, рис. 3).

Це означає, що поздовжнє і поперечне плече для розрахунків судноводію невідомі. Довелося виконувати додаткову серію розрахунків, заново перераховано вантажний план судна з точки зору його остійності і безпеки перевезення вантажу. Основне завдання, яке стояло перед судноводіями – це забезпечення рівномірного завантаження трюму судна для полегшення обчислювання його посадки та остійності.

2. На т/х «WILSON BILBAO», з 21 січня по 07 лютого 2014 р, з порту

Равена (Італія) в порт Гент (Бельгія) було здійснено перевезення повного вантажу добрив на основі нітрату амонію (NPK 21-05-10). Основні характеристики цього судна і його генеральний план представлені у додатку В на рис. 4 та рис. 5.

Вантаж, що було перевезено, являє собою кристали або гранули, що не мають зчеплення при сушінні. Вони повністю або частково розчиняються у воді. Добрива на основі нітрату амонію транспортуються як правило в різному хімічному складі і являються однорідними сумішами, що містять нітрат амонію, як основного інгредієнта в різних граничних пропорційних складах. Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
27 ⁰ до 42 ⁰	1000 до 1200	0,83 до 1,00
Розмір	Клас	Група
1 до 4 мм	Не застосовується	С

До основних властивостей вантажу можна віднести те, що цей вантаж є негорючим або має низький ризик пожежі. Хоча цей вантаж класифікується як безпечний, але він буде вести себе так само, як і аміачно-нітратні добрива, класифіковані в класі 9 під №UN2071 при інтенсивному нагріванні, розкладаючись і виділяючи токсичні гази. Тому слід уникати розміщення поруч з будь-яким резервуаром або танком подвійного дна, що містить мазут, який необхідно підігрівати до температури понад 50 °С.

Пил від добрива може подразнювати шкіру людини і слизові оболонки. Цей вантаж гігроскопічний і має властивість коксування, якщо почне ставати вологим.

При підготовці до вантажних операцій, екіпажем судна було проведено ряд додаткових робіт: повністю підготовлений і висушений трюм; все електрообладнання, відмінне від затвердженого іскробезпечного типу, розташованого в трюмі, було прибрано; запобіжні заходи були здійснені

шляхом заборони на заплановані вогневі роботи; встановлені додаткові знаки щодо заборони на куріння.

Процес завантаження відбувався за допомогою пересувного рейкового вантажного транспортера з вантажною стрічкою і трубою, що розташована на стрілі, виліт якої змінювався по ширині трюму. Транспортер пересувався уздовж причальної лінії по напрямним рейках довжиною в 300 м. Його максимальна продуктивність становила 500 т/год, а швидкість подачі вантажу в трюм регулювалося за потребою. Початковий план завантаження, який був затверджений капітаном судна, а також представлений адміністрації порту наведено у додатку В, рис. 6. Згідно цього документу було заплановано розташування вантажу чотирма окремими штабелями, які б мали певну розрахункову вагу і поздовжню точку завантаження в трюмі. Це розташування мінімізувало контактовану площу вантажу з паливними танками і повністю забезпечувало би простір між кормовою переборкою трюму, яка є суміжною для машинного відділення, з метою зменшення теплопередачі.

Однак, вантажовідправник, змінив умови перевезення і забов'язав екіпаж накрити вантаж спеціальною полімерною плівкою, з метою його захисту від протікання кришок і прокапування конденсату вологи. Це призвело до неможливості розташувати вантаж у вигляді запланованих штабелів висотою 6–7 м.

Капітаном було прийнято рішення про зміну форми штабеля на рівномірне заповнення трюму, що зменшило площу накриття, але збільшило контактну площу вантажу з паливними танками. Для нової форми штабеля необхідно було виконати нові розрахунки морехідних якостей судна, що можна було здійснити тільки після повного закінчення усього циклу завантаження, оскільки нова форма штабеля не піддається розрахункам її координат через складну площу поверхні (див. додаток В, рис. 7 та рис. 8).

3. На т/х «ANNE DORTE», з 30 листопада по 03 грудня 2014 р, з порту Рига (Латвія) до порту Любек (Німеччина) було здійснено рейс та перевезено

2900 т сечовини. Основний план цього судна і його характеристики представлено у додатку В на рис. 9 та рис. 10.

Вантаж являє собою зернисту масу білого кольору без запаху. Зміст в ньому води становить менше 1 % і він є гігроскопічним вантажем. Безпосередньо сам вантаж не представляє ніяких особливих небезпек. Він є негорючим або має низький ризик пожежі. Через гігроскопічність може закоксуватись, якщо він стає вологим. Більш детальна інформація представлена в декларації вантажовідправника, копія якої наведена у додатку В на рис. 11. Фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
28 ⁰ до 45 ⁰	645 до 855	1,17 до 1,56
Розмір	Клас	Група
1 до 4 мм	Не застосовується	С

В даному рейсі вантажна операція проходила за допомогою одного мобільного гідравлічного грейферного крана. Вона передбачала заповнення трюму з рівною висотою шару вантажу приблизно на 70 %, що за розрахунками вантажної програми виводило судно на розрахунковий диферент 0,8 м на корму. Однак вантажна програма не дозволяла розрахувати реальну форму штабеля через вже запрограмовані позиції розташування твіндечних панелей, якщо вони не використовуються. Простір, що не враховується позначено червоними позначками. Зображення вікон суднової програми демонструється у додатку В на рис. 12.

Фактично утворена форма штабеля не представляла собою об'ємну фігуру з відступами для відкосів, що мали утворювати порожнечі в трюмі, як показано у додатку В на рис. 13.

Після закінчення вантажних операцій, практичний отриманий диферент становив 0,55 м. Загальне зменшення диференту, наприклад, погіршує всмоктування залишків палива з танків та впливає на маневреність судна, що

є зменшенням загальної безпеки виконання рейсового завдання і мореплавання в цілому.

4. В рейсі між портами Дюнкерк (Франція) та Руан (Франція), з 08 по 09 квітня 2016 р на т/х «AMBER» було здійснено перевезення вантажу шлаку у кількості 5811 т. Загальна характеристика цього судна і його основний план представлені у додатку В на рис. 14 та рис. 15. Судно було зафрахтоване під перевезення максимального, по вантажну марку, вантажу.

Цей вантаж може містити речовини, небезпечні для здоров'я людини, такі як кадмій, свинець і шестивалентний хром, бор і фтор. Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	1200 до 3000	0,33 до 0,83
Розмір	Клас	Група
до 100 мм	Не застосовується	А

Шлак може розріджуватися, якщо він поставляється з вмістом вологи понад його допустимої норми, яку він може утримувати. При цьому, вантаж є негорючим і має низький рівень ризику пожежонебезпеки. Якщо при завантаженні, питомий вантажний об'єм цього вантажу сягає значення або дорівнює 0,56 м³/т і менше, листова обшивка палуби трюму може бути перенапружена, навіть якщо вантаж рівномірно розподілений по її поверхні. Необхідно дотримуватися більш обережного одношарового заповнення форми штабеля в трюмі, щоб зрівняти вагу розподілу від місцевого перевантаження до загально дозволеного. Необхідно приділити належну увагу тому, щоб сформований штабель вантажу не перенавантажував допустиме навантаження на палубу з урахуванням морського переходу і явищ слемінгу.

Під час рейсу необхідно було регулярно перевірятися стан вантажу. Якщо утворюється виділення вільної води з вантажу, або помічено утворення

його стану розрідження, суднова адміністрація повинна вжити всіх належних дій щодо запобігання зсуву штабеля вантажу і потенційного перекидання судна.

З метою забезпечення безпеки судна в рейсі, був розроблений вантажний план, який оптимізував форму штабелів в трюмах і дозволяв контролювання параметри вантажу при переході. Було прийнято рішення про зміну форми штабеля зі звичайного, який нагадує прямокутний паралелепіпед, на форму трапеції з носовим і кормовим укосами, що не доходили до носової і кормової перегородок трюму. Це дозволяло контролювати стан підніжжя штабеля, а також перевіряти кількість виділеної води і здійснювати її відкатку через льяльні колодязі.

У додатку В на рис. 16 показано фото порожнього трюму. На ньому зображений правий кормовий кут другого трюму, де червоними позначками показані вентиляційні отвори верхнього і нижнього положення, а стрілкою вказано положення кормових льяльних колодязів.

Суднова вантажна програма дозволяє розраховувати форми штабеля лише як рівномірне заповнення прямокутного паралелепіпеда. Розрахований вантажною програмою план судна показано у додатку В на рис. 17.

В силу того, що кут природного укосу не було вказано, а прийнятий до розрахунку зі слів стивідорів, а щільність вантажу варіює в широкому діапазоні, як видно з таблиці 3.3, то розрахунковий план завантаження мав досить велику похибку, яку з певних обставини не можна зменшити. Проекція фактичної форми штабеля наведена у додатку В на фото рис. 18.

Вантажна операція проводилася за допомогою грейферного крана, що привело до відхилень параметрів формування фігури штабеля в небезпечну сторону, як показано у додатку В на фото рис. 19.

В результаті такого завантаження, судно отримало більший диферент і, як наслідок, збільшення загальної прохідної осадки корпусу. А недоступність льяльних колодязів до огляду, через засипання вантажем, призвело до їх гіршої роботи щодо проходження води.

3.3 Спостереження завантаження трюму окремими штабелями навалочних вантажів

Для дослідження технології завантаження трюму окремими штабелями навалочних вантажів, розглянемо декілька реальних рейсів які виконав автор. Ці практичні рейси можна віднести до однотипних за своїми особливостями, та об'єднати за логічним способом виконання вантажних операцій.

1. Натурне дослідження було виконано на т/х «PLATO», яке здійснило рейс з 18 по 24 травня 2012 р, між портами Лейрполен та Свельген (Норвегія). Судно було зафрахтоване під перевезення повного вантажу кварциту, що є метаморфічною гірською породою, яка складається в основному з кварцу. Вона являє собою компактний, гранульований, метаморфізований піщаник. Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	1563	0,64
Розмір	Клас	Група
10 мм до 200 мм	Не застосовується	С

Ніяких особливих небезпек цей вантаж не виявляє. Пил цього вантажу дуже абразивний, а сама гірська порода є негорючою. має низький ризик пожежі. Трюмні колодязі вантажного трюму були захищені від попадання вантажу. Також, належна увага була приділена захисту іншого обладнання від пилу.

При вантажних роботах мало місце обмеження руху транспортерної стрічки, яка спроможна переміщати точку завантаження тільки поперек корпусу судна, що призводило до перетягування судна уздовж причальної лінії. Це не давало змоги рівномірного засипання вантажного об'єму і призвело до розподілення вантажу на окремі штабелі які мали певну масу.

Такий вантажний план передбачав послідовне перетягування судна, що формувало штабелі один за одним.

Негативним впливом на фактичний результат стала швидкість вантажних операцій. В цілому процес тривав всього дев'ять годин, тобто швидкість завантаження була більше ніж 380 т за годину

Слід відмітити, що виконати точне перетягування судна неможливо, а це впливає на формування штабелів. Також виникав зсув поверхні штабелю під час перетягування судна, що вплинуло на формування штабелів та їх масу. Що, в свою чергу, призвело до ускладнення обчислення положень центру ваги вантажу.

Крім того, утворення кормового диференту, спонукало довантажувати інші носові штабелі, щоб досягти необхідного для навігації диференту. У додатку Г на фото рис. 1 продемонстровано неповне завершення вантажної операції, де штабель має майже критичну висоту. З цього зображення видно, що висота штабелів досягла комінгсу вантажного люку.

2. Натурне дослідження було виконано на т/х «WILSON BILBAO», що здійснило серію рейсів, які за методом планування вантажних операцій можна об'єднати. В рейсах, що були з порту завантаження Росайт (Велика Британія) до порту Амстердам (Нідерланди) з 23 по 25 жовтня 2013 р; та того ж напрямку з 29 листопада по 02 грудня 2013 р судно було зафрахтоване під перевезення повного вантажу подрібненого червоного гранітного агрегату. Ці рейси дали змогу досконаліше провести натурні спостереження та вивчити питання практики яке нас цікавить.

Вантаж не має жодних небезпечних та специфічних властивостей і є негорючим. Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	1408	0,71
Розмір	Клас	Група
До 25 мм	Не застосовується	С

Вантажні роботи виконувалися тросовим грейфером. В першому рейсі адміністрацією судна було прийнято рішення завантажити трюм окремими штабелями, тобто є конкретне положення місця штабелю, яке можна використовувати у вантажній програмі судна як повноцінне вантажне місце. Запланований вантажний процес мав створити у трюмі чотири окремі штабелі вантажу у вигляді трикутної призми, що мають заплановану масу. Попередній вигляд завантаження представлений у додатку Г на рис. 2.

Однак, після завантаження фактичний результат відрізнявся від плану (див. додаток Г, фото рис. 3). Причиною цього стала відсутність інформації стосовно кута укосу, який був врахований приблизно. Після завантаження перших двох штабелів, візуальний кут укосу був скорегований до більш фактичного. Користування програмою при вантажних операціях в такий спосіб не можливо, оскільки вона не припускає виконати розрахунки такої форми штабелю та створення візуальної моделі вантажу за його розмірами або об'ємом.

Кінцевий результат вантажних робіт показує, що деякі штабелі були частково злитими біля підніжжя і не мали відокремленого простору між собою. Не можливо було вирахувати та врахувати максимально правильне положення вершин штабелів. В результаті цього завантаження, диферент судна був поза межами розрахункового вантажною програмою.

Досвід вищеописаної практики був врахований для розрахунку вантажного плану другого рейсу. Штабелі формувались з врахуванням фактичного кута укосу, що дало можливість підготувати вантажний план з іншим підходом (див. додаток Г, рис. 4). Формування штабелів у формі конусів виконувалось шляхом завантаження кожного з них в конкретне положення трюму. Питома щільність вантажу була різною, розміри часток у першому випадку були у межах 4–8 мм, а у другому 2–5 мм, тобто дрібнішими. На практиці дрібніший вантаж був більше схильний до зсуву. Це призвело до утворення штабелів за формою відмінною від розрахункових (див. додаток Г, фото рис. 5).

В результаті штабель мав форму яку обчислити а ні власноруч, а ні за допомогою вантажної програми було неможливо.

Далі розглянемо третій рейс т/х «WILSON BILBAO», натурне дослідження виконано в рейсі з 09 по 21 листопада 2013 р між портами Мотріль (Іспанія) та Халл (Велика Британія). Судном було перевезено доломіт.

Як і попередній вантаж, особливих небезпечних властивостей не виявлено. Цей мінерал є негорючим або має низький ризик пожежі. Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	1429 до 1667	0,6 до 0,7
Розмір	Клас	Група
До 32 мм	Не застосовується	С

Технологічний процес завантаження полягав в тому, що вантаж подавався до трюму через мобільні пересувні стрічки, які вистроїли послідовно. Щоб змінити позицію завантаження необхідно було зупинити вантажну операцію, перетягувати стрічкові модулі до нового положення у трюмі і знов вистроїти їх послідовно.

Мінімізувати час завантаження стало можливим лише за скороченням кількості штабелів і, як наслідок, послідовності зміни положення стрічки. Було прийнято рішення завантажити трюм трьома штабелями, приймаючи вантаж у діаметральній площині (див. додаток Г, рис. 6). Були утворенні штабелі у вигляді конусоподібних фігур. Вантажна програма не дає можливості розрахунку а ні форм такого штабелю, а ні його зміщення при положенні судна на певних диферентах.

Кінцевий результат розташування вантажу продемонстровано у додатку Г на фото рис. 7.

Практика цього рейсу дозволяє зробити висновок, що форми штабелів

повинні бути сформовані простими для обчислення. Крім того, перевезення вантажу з такою формою штабелів не є повністю безпечним, оскільки вершина штабелів може зсуватися під час сильної бортової хитавиці, що призведе до отримання судном аварійного крену.

3. На борту т/х «WAVE» в рейсі з 28 липня по 02 серпня 2015 р між портами Такхолуото (Фінляндія) та Данді (Велика Британія) було перевезено 3000 т сульфату тривалентного заліза, що є продуктом хімічної промисловості. Генеральний план цього судна та його основні характеристики наведено у додатку Г на рис. 8 та рис. 9. Вантаж являє собою блідо-зелені кристали, що добре розчинні у воді. Цей продукт є високорозчинним і стає кислотоутворюючим при намоканні.

Трюмні колодязі повинні бути чисті, сухі і закриті. Вантажний простір, де перевозять цей вантаж, не повинен вентилюватись під час рейсу. Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	750 до 1250	0,8 до 1,3
Розмір	Клас	Група
Не застосовується	Не застосовується	С

При розробці вантажного плану необхідно було дотримуватись умов; вантаж не повинен контактувати з не пофарбованою поверхнею трюму; штабель має лімітовану висоту; не повинен чіпляти посилюючий бімс при вивантаженні. Крім того, як і завжди, судно необхідно виводити на диферент, що необхідний для умов рейсу.

Вантажний комплекс мав вільний ступінь пересування, та рухався уздовж колій. Це дало змогу сформувати два заплановані окремі штабелі таким чином, щоб бімс був у зоні вільної палуби. Форма штабелів мала вигляд прямої призми з основою трапеції. Процес вантажної операції продемонстрований у додатку Г на фото рис. 10.

Існуюча суднова вантажна програма не дала можливості прорахувати необхідні задачі щодо положення та формування вантажних штабелів. Її розрахунки були зведені до простого заповнення вантажного простору (див. додаток Г, рис. 11). Фактична кількість вантажу, що змогло отримати судном по вантажну марку становило 3019 т. Розташування вантажу мало бути відповідно вантажного плану, що був прийняти адміністрацією судна, як оптимальний до умов вантажного процесу. Такий план наведено у додатку Г на рис. 12, та було узгоджено з головним стивідором, що відповідає за керування та роботу всього вантажного комплексу.

Висота штабеля контролювалася і для забезпечення безпечного перевезення не була вище ніж 0,5 м до граничної лінії пофарбованої площини. Об'єм, який утворював штабель, формувалася іншу конфігурацію за рахунок зміщення кормового укусу носового штабелю, та подовження підніжжя загальної форми вантажу. Фактичне положення та вигляд судна після вантажного процесу показано у додатку Г на фото рис. 13.

Під час плавання частина вантажу потрапила під бімс, зона розділення між штабелями була зміщена на декілька метрів до корми. В порту вивантаження була задіяна додаткова техніка, яка виштовхувала вантаж з під бімсу до вільного простору, а такі дії збільшили час вантажних робіт судна і стоянки в порту.

4. На т/х «AMBER» з 08 по 12 червня 2016 р було виконано перевезення бокситної гірської породи з порту Ітеа (Греція) в порт Барселона (Іспанія). Це судно було зафрахтоване для перевезення вантажу по вантажну марку.

Основні фізичні властивості вантажу наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Основні характеристики вантажу

Кут природного укусу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	1190 до 1389	0,72 до 0,84
Розмір	Клас	Група
70% до 90%: 2.5 мм – 500 мм 10% до 30% порошок	Не застосовується	С

Вантаж не має жодних особливих небезпек, також він є негорючим або має низький ризик пожежі.

Вантажний план передбачав формування окремих штабелів, що мають розраховану позицію свого положення у просторі трюмів. Вантажний комплекс порту Ітеа мав обмеження щодо пересування. Вантажна стрічка мала рух тільки від борта до борта (див. додаток Г, фото рис. 14).

Ситуація означала, що судно треба перетягнути швартовними кінцями у здовж причалу так, щоб положення стрічки, по відношенню до трюму, було саме у тому місці, де повинен сформуватись центр ваги конкретного штабелю. Обмеження обладнання терміналу є основою формування розрахункового вантажного плану (див. додаток Г, рис. 15). Фактичне утворення форми штабелів у вигляді трикутника зі згладженою вершиною представлено у додатку Г на рис. 16.

Під час завантаження було необхідно перетягнути судно швартовними лебідками до конкретного положення не менш п'яти разів. Помилка в межах до одного метра формує різні диферентуючі моменти, оскільки деякі штабелі мали масу 1500 т. Не можливо було перетягнути та зафіксувати положення корпусу судна правильно, що породжувало похибку, яку потрібно було контролювати та корегувати.

Існуюча вантажна програма судна спрощувала розрахунки, приймаючи більш просту форму штабеля (див. додаток Г, рис. 17). Це не давало змоги розраховувати довжину підніжжя штабелю, щоб скорегувати його положення в трюмі, а також скорегувати фактичне положення маси штабелю, що утворюється на існуючому диференті, відносно розрахункового.

На практиці такі помилки провокують ситуацію, коли вантажний процес частково виходить з під контролю та приводить до негативних або неочікуваних результатів. Прикладом такого явища можна вважати у додатку Г фото рис. 18, що підтверджує різницю факту від плану. В нашому випадку негативним результатом є те, що неточне положення судна відносно терміналу, та фактор неврахованого диференту викликали зсув декількох

штабелів так, що їх маса повністю засипала льяльні колодязі та частково шахти входу до трюму.

Натурні спостереження, які були виконані автором на т/х «PLATO», т/х «WILSON BILBAO», т/х «WAVE», т/х «AMBER» дають підставу зробити наступні висновки:

1. Методика поділу загальної маси вантажу на окремі штабелі спрощує вантажний процес та його розрахунки. Крім того, вона зменшує вплив помилки та похибки між запланованими та фактичними параметрами лише частини вантажу, по відношенню до всієї маси, що дає можливість завчасно виправити ситуацію.

2. При плануванні вантажних операцій, спостерігається тенденція стосовно вибору форми штабеля, у більшості випадків, як пряма призма з основою трикутника або трапеції. Формування такого вигляду штабеля логічно зумовлено тим, що для практики важлива правильна та геометрично проста фігура. Така концепція вибору виправдовує себе простішими розрахунками, та скороченим часом для обробки інформації.

3. Штабелі, які мають форму конусів чи пірамідальні формування, що можуть бути також усіченими, є складними для обчислення. Також, з точки зору безпеки остійності судна, штабелі, що мають гострі виступи чи пікові вершини, можуть при вібраціях зсуватись.

4. Неспроможність вантажних програм враховувати зміну форм штабеля вантажу в трюмі судна, вимагає від судноводія не тільки додаткові витрати часу щодо математичних розрахунків, але й збільшує похибку та помилку при розробці плану завантаження та виконанні вантажних операцій.

3.4 Спостереження нестандартного завантаження «коастерних» суден навалочними вантажами

Одним із напрямів удосконалення технології перевезень навалочних та насипних вантажів є їх транспортування на спеціалізованих судах. Однак

експлуатація таких суден не завжди ефективна через відсутність стійкого вантажопотоку, наявності зворотнього завантаження, інтенсивності проведення вантажних операцій в портах та ін. Тому використання «коастерних» суден, як універсального транспорту, стає більш виправдано. Тим паче, що деякі з них мають конструктивні особливості своїх трюмів.

3.4.1 Практика експлуатації суден з трюмами без пересувних твіндеків чи зернових переборок

1. Розглянемо судно, трюм якого не має жодних конструкцій, що дозволяють його розділити на приміщення. Натурне спостереження було здійснено на борту т/х «PLATO» при перевезенні двох різних вантажів. Судно виконувало рейс з порту Роттердам (Нідерланди) в порт Плімут (Велика Британія), з 07 – 09 вересня 2011 р.

Це судно було зафрахтоване для перевезення партії вантажу соєвого борошна у кількості 1956 т, та висушеної і гранульованої твердої фракції пшениці, що утворює комбікорм, що за скороченою аббревіатурою є DDGS (Dried Distillers Grains with Solubles), у кількості 720 т. Ці вантажі було заплановано перевезти в одному трюмі сумісно.

Загальні властивості вантажів дуже схожі. Соеве борошно містить не більше 4 % олії, або 15 % олії і вологи в поєднанні, та по суті не містить легкозаймистих розчинників. Отже, цей вантаж є негорючим або має низький ризик пожежі. Вантажі повинні бути сухими. Вони не повинні перевантажуватись під час атмосферних опадів. Основні фізичні властивості вантажів наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Основні характеристики вантажів

Кут природного укосу	Навалочна щільність (кг/м ³)	ПЗО (м ³ /т)
Не застосовується	478 до 719	1,39 до 2,09
Розмір	Клас	Група
Не застосовується	Не застосовується	С

Вантажний трюм судна має розміри: 63,65 м х 12,2 м х 6,2 м та два люки.

В даному рейсі партії вантажів перебували на різних причалах, що викликало необхідність переходу судна після завантаження першого вантажу до наступного причалу для дозавантаження другим. Таким чином перед екіпажем стояло завдання про складання вантажного плану так, щоб прийняти на борт вантажі необхідної маси і при цьому не допустити їх змішування.

Для сепарації вказаних вантажів було використано брезент, ширина якого відповідала ширині трюму з запасами в 1 метр з кожного борту. Процес завантаження передбачав спочатку розташувати перший вантаж. Його відкіс був вкритий брезентом, що фіксувався дерев'яними клинами безпосередньо до маси вантажу. Внизу біля основи штабеля залишалось частина брезенту довжиною до 2 м, яка розташовувалась по палубі трюму з метою притиснення її партією наступного вантажу, що показано на рис. 3.1.

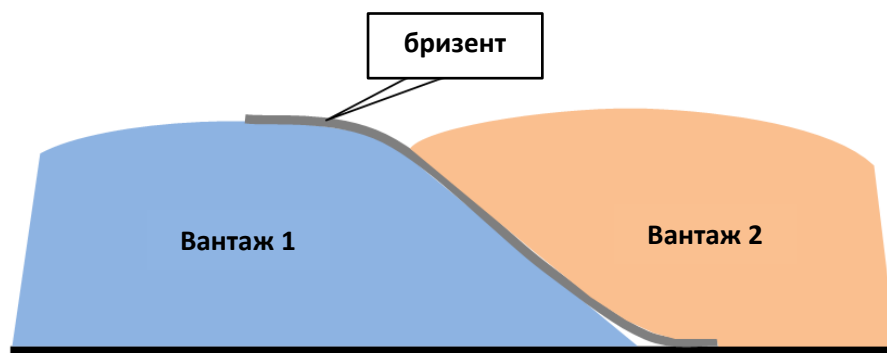


Рисунок 3.1 – Спосіб сепарації двох вантажів

Фінальна стадія практичного виконання вантажних робіт показана у додатку Д на фото рис. 1.

В цьому рейсі інформативність щодо вантажного трюму була суттєво спрощена (див. додаток Д, рис. 2). Він показує, що трюм розділений на п'ять елементарних просторів, де кожний має свої елементарні описи. Наприклад,

простори об'єму «1» та «5» призводять до знижування точності розрахунків та уявляти фігури об'єму елементарними. Хоча фактичні штабелі у цих вантажних зонах мають підпалубні відкоси. Для утворених форм штабелів у цих вантажних просторах необхідно інтерполювання декількох показників, або частково використовувати параметри конфігурації вантажу. Сьогодні, описана вище практика є актуальною для багатьох суден типу «коастер».

2. На борту т/х «PLATO» в рейсі, який відбувся протягом 02 – 05 серпня 2012 р було перевезено з порту Ейкефет (Норвегія) в порт Кьогє (Данія) три партії щебеню. Вантаж складався з часток різного розміру. На судно було завантажено 1510 т вантажу з розміром часток 5/8 мм, 504 т з розміром 8/11 мм, та 1457 т розміром 11/16 мм, (див. додаток Д, рис. 3).

Цей вантаж є неорганічним, зернистим, сипучим матеріалом. Він не має жодних спеціальних хімічних чи фізичних властивостей. За основу фізичних характеристик можна використовувати інформацію, що була наведена раніше у таблиці 3.5.

Вантажний план необхідно було скласти так, щоб не сталося змішування часток трьох партій між собою. Умовами перевезення та завантаження не припускалося використання жодних матеріалів для сепарації таких як: брезент, дошки та таке ін. Отже «природна сепарація», передбачає вирішення не тільки локальних розрахунків остійності та міцності корпусу судна, а і основного питання: чи можна завантажити три партії вантажу окремо.

Додатковий фактор, що був присутній в порту завантаження, це обмеження щодо пересування вантажного обладнання, яке вже зустрічалося автору на практиці раніше. Стрічка вантажного комплексу мала можливість руху від борта до борта. Отже, екіпажу було необхідно перетягувати судно швартовними кінцями уздовж положення вантажної стрічки. Цей випадок передбачав три такі операції, з максимальною точністю та відповідальністю.

Вищезазначені фактори вплинули на рішення щодо вантажного плану та його розрахунок, що наведено на рис. 3.2. Це потребує пильності у спостереженнях за процесом завантаження та чітких дій екіпажу.

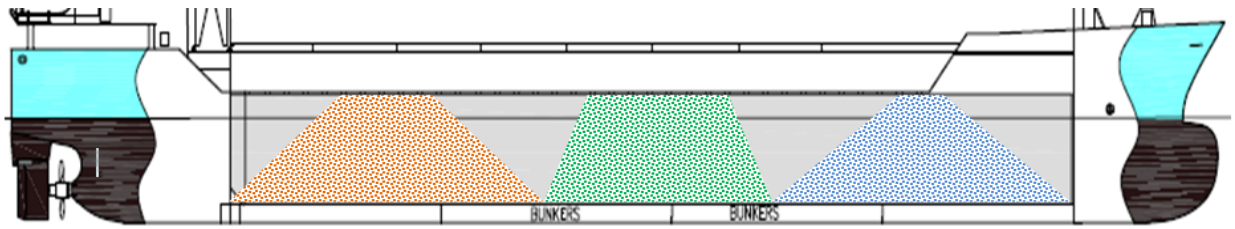


Рисунок 3.2 – Теоретичний план природної сепарації трьох вантажів

Практичне спостереження доводило, що це досить складний вантажний процес не тільки для судна, а і для берегового терміналу. Оператор вантажного обладнання чистив стрічку перед подачею наступного різновиду вантажу. За цей період часу, екіпаж повністю перетягував судно та налаштував наступну позицію для завантаження нового штабелю. Результат виконання завантаження судна продемонстровано у додатку Д на фото рис. 4.

Практика цього рейсу показує комплексні недоліки такі як позиціонування судна протягом завантаження та фіксування корпусу або перетягування у задану позицію, і точність розрахунків та своєчасного корегування процесу завантаження (див. додаток Д, фото рис. 5). Відступ між підніжжям штабелів є безпечним навіть при зміні положень корпусу при кильовій хитавиці, і становить 0,5 – 0,7м.

Фактична відсутність простору, де підніжжя можна вважати такими, що зійшлись один до одного (див. додаток Д, рис. 6), а це може привести до того, що під час морського переходу, якщо буде сильна кильова хитавиця, то вона може спричинити зсув укусу штабелів назустріч один до одного, і як наслідок, утворити змішування вантажів.

Для підготовки попереднього вантажного плану, з практичної точки зору, необхідно вирішувати систему математичних рівнянь з такою кількістю невідомих, скільки необхідних партій потрібно завантажити, з додаванням одного додаткового рівняння. У нашому випадку, необхідно вирішити систему з чотирьох рівнянь з трьома невідомими, рівняння містять тригонометричні функції та враховують значення кутів природного укусу.

Рішення таких математичних рівнянь в суднових умовах неможливе.

3.4.2 Практика експлуатації суден що мають у трюмах пересувні твіндечні або зернові панелі

Щоб розширити можливості експлуатації «коастерних» суден не тільки для штучно-тарних вантажів, а і для навалочних, трюм деяких з них конструктивно має панелі, що можуть бути встановлені як вертикально так і горизонтально. Вони розділяють єдиний вантажний відсік на декілька приміщень для сепарації партії вантажу, або використання лише певної частини трюму. Іноді використання таких конструкцій полегшує планування положення вантажного штабеля та безпечно відокремлює його від іншої частини трюму і позитивно впливає на остійність судна. Нижче представлені натурні спостереження рейсів таких суден.

1. На т/х «AMBER» в рейсі з 12 по 19 травня 2016 р між портами Уельва (Іспанія) і Антверпен (Бельгія) було здійснено перевезення 5674,24 т мідного концентрату.

До загальних властивостей вантажу відноситься те, що він може розріджуватись, якщо його поставляють при вмісті вологи понад допустимої для нього норми у 13 %. Мідний концентрат є негорючим матеріалом та має низький рівень ризику пожежні. Важливою властивістю є те, що цей вантаж буде роз'їдати мішковину, парусину або брезент, що покриває трюмні колодязі. Безперервне та довготривале перевезення цього вантажу у трюмі може мати негативний ефект на конструкцію судна.

Завантаження має бути таким, щоб утворювати поверхню штабеля з висотами між вершинами та жолобами, що не перевищують 5 % ширини трюму судна. Також вантажні відкоси або схили мають бути рівномірними від кордонів люка до переборок або перегородок вантажного відсіку. Такі рекомендовані норми знижують ризик обвалення або зсування вантажу під час плавання в поганих погодних умовах.

Оскільки щільність вантажу надзвичайно висока – $0.51 \text{ м}^3/\text{т}$, то палуба трюму може бути перевантажена. Тож необхідно більш рівномірно розподілити та вирівняти масу штабеля по всій площі відсіку.

До заходів безпеки при перевезенні вказаного вантажу треба віднести стан льяльних колодязів, що повинні бути чистими, сухими і покриті за необхідністю відповідними матеріалами, щоб запобігти проникненню вантажу.

Вантажні приміщення під час рейсового плавання не повинні вентилюватися. Такий режим запобігає забрудненню вентиляційних шахт, виходу пилу у навколишнє середовище та осідання на зовнішніх палубах.

Стан поверхні та положення штабелю цього вантажу регулярно перевірявся підчас рейсу. Якщо спостерігається суттєве утворення води, що перевищує норму, та призводить до розрідження стану вантажу, то капітан повинен прийняти відповідні дії для запобігання зсуву вантажу та потенційного перекидання судна. Основні фізичні властивості та характеристики вантажу, що використовувались для розрахунку попереднього вантажного плану, наведені у документі «FORM FOR CARGO INFORMATION» (див. додаток Д, рис. 7).

Перед початком завантаження, капітаном судна було прийнято рішення сформувати штабелі трапецієвидної форми. Попередній розрахунок таких форм штабелів не дозволяла бортова вантажна програма (див. додаток Д, рис. 8), однак власноруч було прораховано нову форму та положення штабелів, враховуючи розміри та форму трюму, яку показано у додатку Д на рис. 9.

Було змінено форми штабелів так, щоб його крайні носові та кормові відкоси не переходили вертикальний кордон проекцій площин кришок на палубу трюму. Для цього автором були позначені критичні відмітки у вигляді червоних ліній на бортових переборках трюмів (див. додаток Д, рис. 10). Також були виконані заміри відступів від носових та кормових переборок для розрахунку зони нового положення штабелів, що є безпечною та ергономічною, враховуючи всі особливості перевезення вантажу.

Завантаження судна здійснювалось вантажним рейковим комплексом що використовує стрічки для подавання вантажу до судна. Результат фактичного вантажного плану показано у додатку Д на рис. 11, що демонструє положення штабелю другого трюму з корми після завершення завантаження. Як видно з зображення, форма укусу штабеля та його загальне положення займає саме розрахункову зону, та залишає вільним простір під кришками. Відкіс штабеля не перетнув розрахований кордон основи підніжжя форми штабелю.

Обґрунтований підхід до аналізу практики показує, що недоліки планування та розрахунків вантажних планів пов'язані з існуючими вантажними програмами, для яких необхідно суттєво переосмислити алгоритми та подальше використання.

2. На т/х «WILSON BILBAO» в рейсі з 23 по 26 березня 2013 р з порту Ейкефет (Норвегія) до порту Вайле (Данія) було здійснено одночасне перевезення двох партій щебеню (див. додаток Д, рис. 12). На судна було завантажено 1002 т вантажу з розміром часток 31,5–50 мм та 2400,4 т з розміром 8–16 мм. Властивості такого вантажу вже були описані раніше у випадку рейсу Ейкефет – Кьогге, судна т/х «PLATO».

Підчас розрахунку вантажного плану були враховані наступні фактори: по-перше, вантаж не може бути змішаний; по-друге, враховувати можливості виконання баластних операцій підчас завантаження та третій – обмеження берегового вантажного обладнання.

Перший фактор впливав на прийняття рішення щодо використання зернової переборки. Конструктивно це судно має дві пересувні зернові переборки, що можуть бути встановлені у різні штатні позиції по довжині трюму і ділять один трюмний відсік на три незалежні частини (див. додаток Д, рис. 13), об'єму, що утворюється при використанні переборок, та відстані між кожною позицією наведено у додатку Д на рис. 14.

Мова йде про розрахунок розташування окремих штабелів так, щоб загальна довжина підніжжя штабелю одного вантажу була сформована таким

чином, що дозволила би розташувати інший вантаж за таким же принципом, але окремо. Тобто відстань між відкосами двох партій вантажу, має бути достатньою, щоб вони не змішувались. Знову мав місце випадок, де використання методу «природної сепарації» могло бути логічним та обґрунтованим.

Вище зазначені фактори впливали на формування та розрахунок попереднього вантажного плану, який необхідно реалізувати враховуючи всі умови. Але для цього необхідно детальні адекватні розрахунки декількох проміжних етапів вантажного плану. Так перетяжка судна, вздовж причалу, три рази підряд, без зупинки вантажного процесу, може привести до формування іншої конфігурації штабелів, як це показано на рис. 3.3. А це, в свою чергу, приведе до збільшення загальної довжини підніжжя одного штабеля і недостатнього простору для іншого.

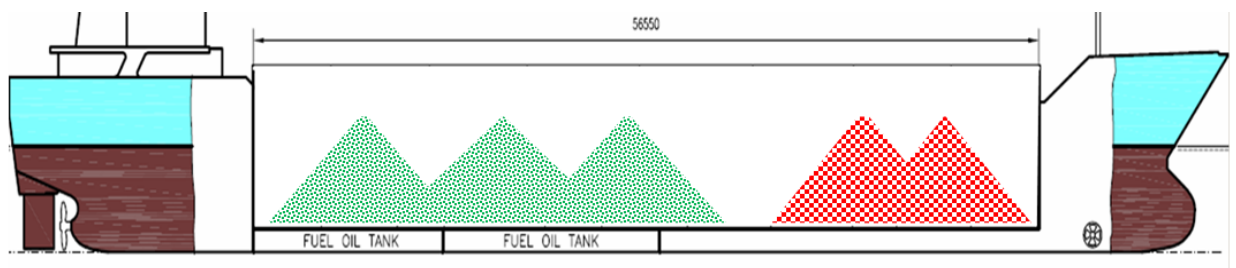


Рисунок 3.3 – Попередній план завантаження двох вантажів

Щоб уникнути помилки, та звести вплив людського фактору до мінімального, адміністрація судна вирішила встановити одну переборку. Новий план передбачив формування окремих штабелів з певною масою у певному розташуванні в просторі трюму. Встановлена переборка забезпечила для судна безпечне перевезення вантажу та запобігання його змішуванню. Такий план представлено на рис. 3.4.

Копія фактичного вантажного плану приведено у додатку Д на рис. 15. Аналіз виконання рейсу вказує на такі практичні недоліки, як: неспроможність розрахунків складних форм штабелів вантажу; витрати часу

на додаткові розрахунки або на встановлення додаткових конструкцій. Не пристосованість, існуючих на борту, вантажних програм розраховувати складні рейсові завдання призводить до втрати комерційного часу судна та збільшенню стомленості екіпажа при підготовках судна до вантажних операцій.

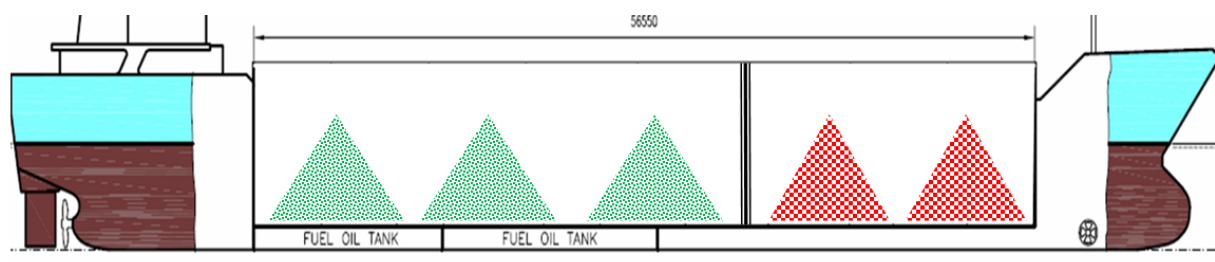


Рисунок 3.4 – Фактичний план використаний судном

Висновки по розділу 3

Натурні рейсові дослідження показали, що для забезпечення безпеки мореплавання малотоннажного судна необхідно більш ретельно підходити до планування процесу завантаження та оцінки його стану під час проведення вантажних операцій. На базі отриманої автором практики, і різних особливостей завантаження суден, з якими доводилося мати справу, та супутні проблеми, що виникали під час завантаження різноманітних форм трюму, дають можливість систематизувати і частково визначити основну проблематику «коастерного» флоту.

Спостереження явищ деформації та надлишкових навантажень на палубу трюму, не раціонального завантаження простору трюму, змішання вантажів або утворення не прорахованих форм штабелю вказує на той спектр інформації і розрахунків, яких часто не вистачає. Зараз, за результатами аналізу багатьох рейсів, частина з яких була описана в цьому розділі, можна зробити наступні висновки:

1. Малий дедвейт суден та велика вантажна потужність портів скорочує загальний час вантажних операцій до годин. Це призводить до необхідності здійснення постійного і ретельного контролю під час проведення вантажних операцій для своєчасного внесення необхідних коректив.

2. Якщо необхідно здійснювати корегування плану завантаження, то потрібно виконувати додаткові розрахунки з урахуванням фактичного положення штабелів вантажів у вантажних відсіках трюму.

3. В існуючих вантажних програмах відсутня можливість в повному обсязі планувати і розраховувати форми штабелів в трюмі судна, а це вимагає від судноводіїв додаткових витрат часу для визначення основних параметрів кожного штабеля з метою подальшого виконання розрахунків морехідних якостей судна.

4. Фактична форма простору трюму являє іноді складну фігуру, розділ якої на окремі об'єми призводить до великої кількості розрахунків.

5. При плануванні форми штабелів не враховується динаміка зміни положення корпусу судна за параметром диференту, що є досить актуальним, оскільки при завантаженні трюму судна штабель необхідно формувати таким чином, щоб була можливість обчислення його основних параметрів.

6. Витрати часу на встановлення пересувних конструкцій трюму, таких як переборки або панелі, не є завжди економічно виправданим.

7. Не враховуються обмеження або особливості вантажного обладнання портів.

8. Для максимального використання вантажопідйомності судна необхідно планувати оптимальну послідовність його завантаження.

9. Актуальним постає питання створення програмного додатку до існуючих судових програм на базі судової технічної та гідростатичної документації. Він дозволить розрахувати необхідність використання пересувних конструкцій трюму та запобігти нераціональному використанню вантажного простору.

10. Практика показала, що вирішення вищезазначених проблемних аспектів не лише розширює можливості «коастерних» суден, як типу одотрюмного судна для перевезення одночасно декількох різних вантажів, а й припускає здійснювати це без додаткового використання сепараційних матеріалів, лише за рахунок «природної сепарації» вантажів.

Зміст розділу 3 опубліковано в статтях автора [92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100].

РОЗДІЛ 4.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОНФІГУРАЦІЇ ШТАБЕЛЮ НАВАЛОЧНОГО ВАНТАЖУ В ТРЮМІ СУДНА

Для загальної реалізації математичної моделі методу «природної сепарації» використовується геометричне моделювання графоаналітичним методом.

4.1 Визначення геометричних та фізичних характеристик штабелів в трюмі при простій формі трюму

При розташуванні штабеля вантажу в центральній частині трюму і відсутності диференту, поздовжній переріз вантажу залежить від його об'єму, та має форму рівнобедреного трикутника (III, рис. 4.1) або рівнобедреної трапеції (II, рис. 4.1), кути при основі штабеля дорівнюють кутам природного укосу для даного вантажу. Штабелі вантажу, розташовані в крайніх частинах трюму, у тому же перерізі можуть мати форму прямокутного трикутника або прямокутної трапеції (I, IV, рис.4.1).

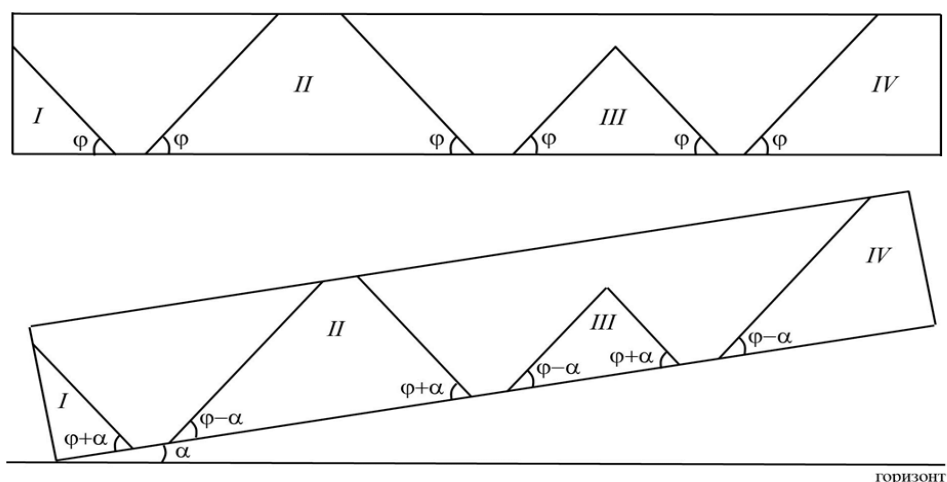


Рисунок 4.1 - Випадки розташування штабелів вантажу

При наявності диференту кути при основі цих трикутників або трапецій

змінюються на кут диференту: один з кутів збільшується, інший – зменшується.

Розглянемо спочатку штабель виду III, рис. 4.1. Зображення такого штабеля, використане для розрахунків, що наведено на рис. 4.2.

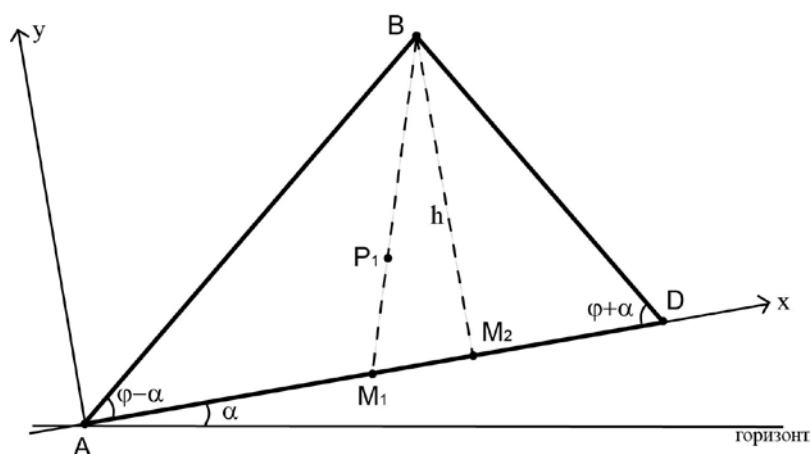


Рисунок 4.2 – Трикутна форма штабеля

Тут вантаж у поздовжньому перерізі має форму трикутника ABD , висота якого $BM_2 = h$. Тоді:

$$AD = h(w_1 + w_2)$$

$$S_{ABD} = \frac{1}{2} h^2 (w_1 + w_2),$$

де, $w_1 = \text{ctg}(\varphi - \alpha)$, $w_2 = \text{ctg}(\varphi + \alpha)$.

Координати центра мас P_1 у системі координат, початок який перебуває у вершині A :

$$P_1 \left(\frac{h(2w_1 + w_2)}{3}; \frac{h}{3} \right) \quad (4.1)$$

Якщо задано масу навалочного вантажу m , його насипну густину ρ і ширину трюму d , то площа поздовжнього перерізу штабеля такого вантажу

$S = \frac{m}{\rho d}$. Звідси визначаємо необхідну висоту трикутного штабеля:

$$h = \sqrt{\frac{2S}{w_1 + w_2}}, \quad (4.2)$$

і його основу

$$L = AD = \sqrt{2S(w_1 + w_2)}. \quad (4.3)$$

Якщо розрахована в такий спосіб висота не перевищує висоту трюму H ,

$$\sqrt{\frac{2S}{w_1 + w_2}} \leq H \quad (4.4)$$

то штабель вантажу може мати трикутну форму.

Для розрахунку штабеля вантажу виду I (рис. 4.1) можемо користуватися тими ж формулами (4.1) - (4.4), поклавши в них $w_1 = 0$, або $w_2 = 0$ відповідно.

Нехай тепер завантаження виконане в такий спосіб, що вантаж у поздовжньому перерізі має форму трапеції $ABCD$ (II, Рис. 4.1), верхня основа якої дорівнює b , а висота h (рис. 4.3). Нехай M_2, M_3 – проекції вершин верхньої основи на нижню. Тоді:

$$AM_2 = hw_1, \quad M_3D = hw_2, \quad M_2M_3 = b, \quad AD = b + h(w_1 + w_2)$$

$$S_{ABCD} = bh + \frac{1}{2}h^2(w_1 + w_2) \quad (4.5)$$

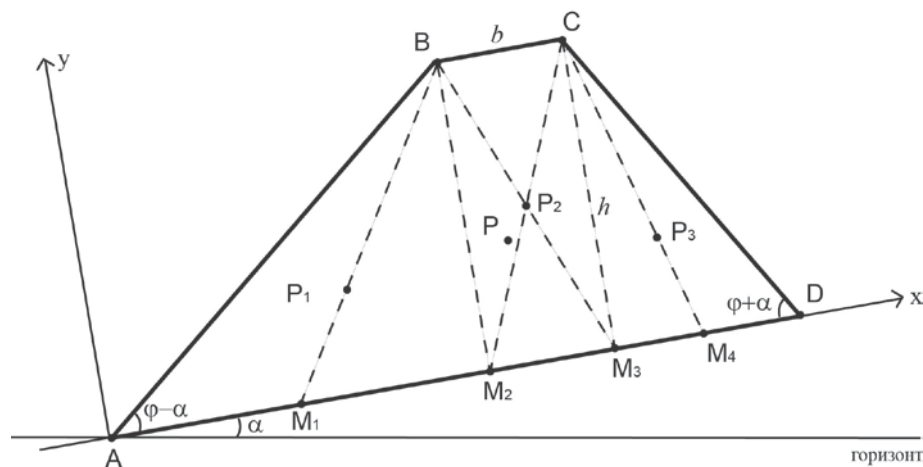


Рисунок 4.3 – Форма штабеля у вигляді трапеції

Якщо задано площу поздовжнього перерізу такого штабеля вантажу $S = \frac{m}{\rho d}$, а висота h дорівнює висоті трюму H , то з (4.5) ми можемо визначити довжину верхньої основи трапеції:

$$b = \frac{S}{H} - \frac{1}{2}H(w_1 + w_2). \quad (4.6)$$

Відповідно, довжина нижньої основи розраховується наступним чином:

$$L = AD = \frac{S}{H} + \frac{1}{2}H(w_1 + w_2). \quad (4.7)$$

Визначимо координати центра мас штабеля вантажу P в системі координат, початок який перебуває у вершині A . Для цього послідовно визначимо координати центрів мас P_1 , P_2 , P_3 трикутника ABM_2 , прямокутника M_2BCM_3 , трикутника M_3CD й площі цих фігур S_1 , S_2 , S_3 .

Для першого трикутника:

$$A(0;0), \quad M_2(Hw_1;0), \quad B(Hw_1;H), \quad P_1\left(\frac{2Hw_1 + w_2}{3}; \frac{H}{3}\right), \quad S_1 = \frac{1}{2}H^2w_1 + w_2$$

Для прямокутника:

$$P_2\left(Hw_1 + \frac{b}{2}; \frac{H}{2}\right), \quad S_2 = bH$$

Для другого трикутника:

$$M_3(Hw_1 + b;0), \quad C(Hw_1 + b;H), \quad D(H(w_1 + w_2) + b;0), \\ P_3\left(\frac{3Hw_1 + 3b + Hw_2}{3}; \frac{H}{3}\right), \quad S_3 = \frac{1}{2}H^2w_2$$

Отже, координати точки P :

$$x_0 = \frac{x_1S_1 + x_2S_2 + x_3S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \quad y_0 = \frac{y_1S_1 + y_2S_2 + y_3S_3}{S_1 + S_2 + S_3} \\ P\left(\frac{H^3}{6S}[(2w_1 + w_2)(w_1 + w_2 + 3\sigma) + 3\sigma^2]; \frac{H^3}{6S}[w_1 + w_2 + 3\sigma]\right), \quad (4.8)$$

де $\sigma = \frac{b}{H}$.

Для розрахунку штабеля вантажу, що має форму прямокутної трапеції IV (Рис. 4.1) можемо використовувати такі самі ж формулами (4.6) - (4.8), поклавши в них значення $w_1 = 0$, або $w_2 = 0$ відповідно.

4.2 Визначення геометричних та фізичних характеристик штабелів в трюмі при його простій формі з урахуванням конструктивних особливостей

Для зменшення часу завантаження та розвантаження трюму бажано виключити з цього процесу допоміжні операції, такі як переміщення кришок трюму з однієї позиції в іншу. Тоді розміщення вантажів в носовій та кормовій частинах будуть відрізнятися від зображених на рис. 4.1. Наприклад, на рис. 4.4 зображено можливі розташування штабеля, які дозволяють не переміщувати кришки в процесі завантаження, а на рис. 4.5 – таке розташування штабелів вантажу, яке дозволяє не переміщувати кришки як в процесі завантаження, так і в процесі розвантаження.

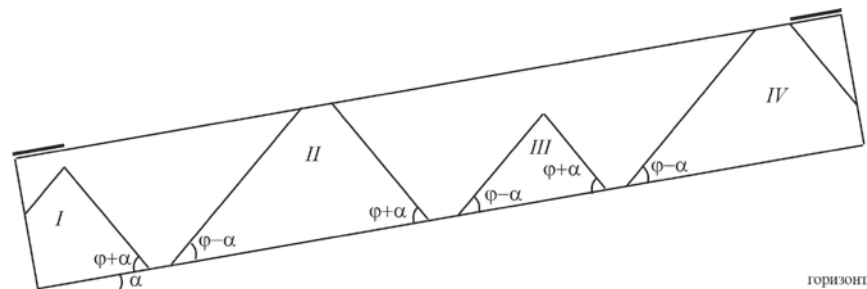


Рисунок 4.4 – Розташування штабелів при обмеженнях завантаження

Види штабелів на рис. 4.5 такі ж самі, як і на рис. 4.1 (II та III), формули для обчислення їх геометричних розмірів отримано в розділі 4.1. Однак на рис. 4.4 зображено два нових види штабелів, що мають форму призм з основою у вигляді чотирикутника (I) або п'ятикутника (IV).

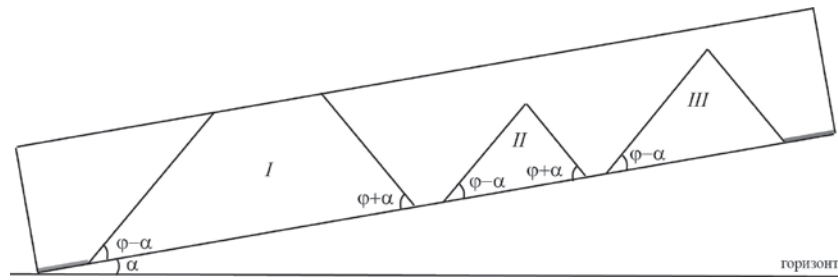


Рисунок 4.5 – Розташування штабелів при обмеженнях розвантаження

Розглянемо спочатку чотирикутний переріз, що на рис. 4.6. Відстань від вершини C до стінки трюму позначаємо через q , $C_1B_2 = q$. Як і раніше, будемо використовувати позначення $w_1 = \text{ctg}(\varphi - \alpha)$, $w_2 = \text{ctg}(\varphi + \alpha)$. Тоді:

$$BB_2 = BC_1 - C_1B_2 = hw_2 - q, \quad B_1B_2 = \frac{BB_2}{w_2} = h - \frac{q}{w_2}$$

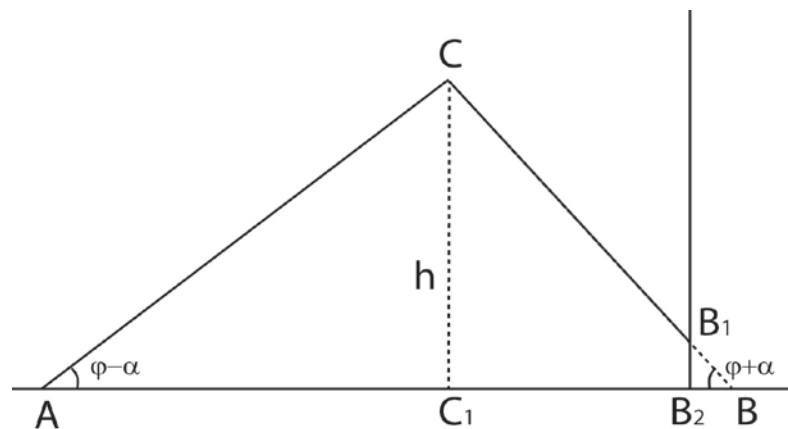


Рисунок 4.6 – Штабель вантажу з чотирикутним перерізом

Обчислимо площі та координати центрів мас складових нашого чотирикутника ACB_1B_2 .

Для трикутника $\triangle CBA$:

$$S_1 = \frac{1}{2}h^2(w_1 + w_2), \quad x_1 = \frac{1}{3}h(2w_1 + w_2), \quad y_1 = \frac{h}{3} \quad (4.9)$$

Для трикутника $\triangle B_2B_1B$:

$$S_2 = \frac{1}{2} h^2 w_2 \left(\frac{hw_2 - q}{hw_2} \right)^2, \quad x_2 = hw_1 + q + \frac{1}{3}(hw_2 - q), \quad y_2 = \frac{h}{3} \frac{hw_2 - q}{hw_2} \quad (4.10)$$

Для чотирикутника AB_2B_1C $S = S_1 - S_2$, $x = \frac{x_1 S_1 - x_2 S_2}{S_1 - S_2}$; $y = \frac{y_1 S_1 - y_2 S_2}{S_1 - S_2}$;

$$S = \frac{1}{2} h^2 \left(w_1 + w_2 \left(1 - \left(1 - \frac{q}{hw_2} \right)^2 \right) \right) = \frac{1}{2} \left(h^2 w_1 + 2qh - \frac{q^2}{w_2} \right); \quad (4.11)$$

$$x = \frac{\frac{1}{3} h^3 (2w_1 + w_2)(w_1 + w_2) - \left(hw_1 + q + \frac{1}{3}(hw_2 - q) \right) \frac{(hw_2 - q)^2}{w_2}}{\left(h^2 w_1 + 2qh - \frac{q^2}{w_2} \right)}; \quad (4.12)$$

$$y = \frac{h^3}{3} \cdot \frac{w_1 + w_2 - w_2 \left(1 - \frac{q}{hw_2} \right)^3}{\left(h^2 w_1 + 2qh - \frac{q^2}{w_2} \right)}. \quad (4.13)$$

Розглянемо обчислення геометричних розмірів штабеля вантажу, що має п'ятикутний переріз $A_0C_0CB_1B_2$, як демонструє рис. 4.7.

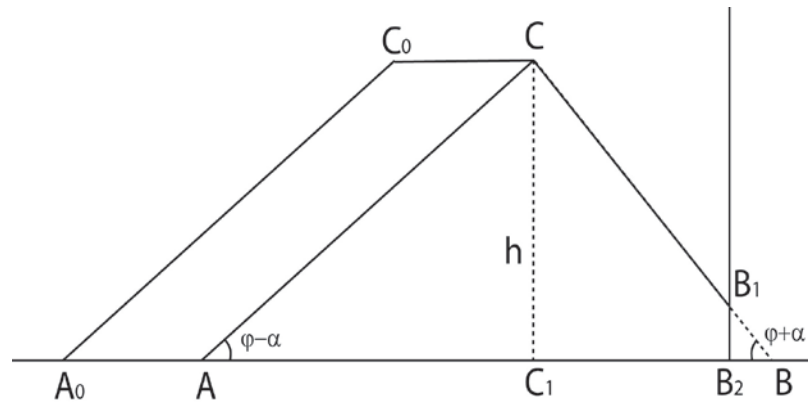


Рисунок 4.7 – Штабель вантажу з п'ятикутним перерізом

Розташуємо початок системи координат в точці A . Будемо позначати через b довжину сторони C_0C , через S_0, x_0, y_0 площу чотирикутника ACB_1B_2 та координати його центра мас, які обчислені за формулами (4.11), (4.12), (4.13), а через S_3, x_3, y_3 площу паралелограма A_0C_0CA та координати його центра мас, які обчислені за формулами

$$S_3 = hb, \quad x_3 = hw_1 - b, \quad y_3 = \frac{h}{2}.$$

Тоді для п'ятикутника $A_0C_0CB_1B_2$:

$$S = S_0 + S_3, \quad x = \frac{x_0S_0 + x_3S_3}{S_0 + S_3}, \quad y = \frac{y_0S_0 + y_3S_3}{S_0 + S_3}$$

Використовуючи позначення $\delta = 1 - \frac{q}{hw_2}$, $\lambda = 1 - \frac{b}{hw_1}$, отримаємо:

$$S = \frac{1}{2} \left(h^2 w_1 + 2qh - \frac{q^2}{w_2} \right) + hb \quad (4.14)$$

$$x = h \frac{(2w_1 + w_2)(w_1 + w_2) - (3w_1 + 3 - 2w_2\delta)\delta^2 + 3w_1^2(1 - \lambda)\lambda}{3(w_1 + w_2(1 - \delta^2) + 2(1 - \lambda)w_1)} + b \quad (4.15)$$

$$y = \frac{h \cdot (w_1 + w_2 - w_2\delta^3) + 3b}{3(w_1 + w_2(1 - \delta^2) + 2(1 - \lambda)w_1)} \quad (4.16)$$

Тепер обговоримо, як з'ясувати форму перерізу штабелю вантажу по заданим S, w_1, q, w_2 .

Перевіряємо спочатку, чи можна розмістити вантаж трикутним штабелем, висота якого не перевищує висоти трюму. Для цього обчислюємо за формулами розміри такого трикутника:

$$h = \sqrt{\frac{2S}{(w_1 + w_2)}}, \quad a_2 = hw_2 \quad (4.17)$$

Якщо $w_2 \sqrt{\frac{2S}{(w_1 + w_2)}} \leq q$ та $\sqrt{\frac{2S}{(w_1 + w_2)}} \leq H$, то можна розмістити вантаж

трикутним штабелем і його центр маси має координати $x_{cm} = \frac{h}{3}(2w_1 + w_2)$,

$y_{cm} = \frac{h}{3}$ відносно лівої вершини трикутника.

Якщо $w_2 \sqrt{\frac{2S}{(w_1 + w_2)}} \leq q$ та $\sqrt{\frac{2S}{(w_1 + w_2)}} > H$, то переріз штабеля має

форму трапеції (Рис.4.4) з основами

$$b = \frac{S}{H} - \frac{1}{2}H(w_1 + w_2), \quad L = \frac{S}{H} + \frac{1}{2}H(w_1 + w_2)$$

і координати його центра маси визначаються за формулами (4.8).

Якщо $w_2 \sqrt{\frac{2S}{(w_1 + w_2)}} > q$, то правий край штабеля вантажу досягає вертикальної перегородки. Перевіримо можливість розміщення вантажу в формі на рис. 4.6. Розв'яжемо рівняння формули (4.11) відносно h :

$$h^2 w_1 + 2qh - \frac{q^2}{w_2} - 2S = 0$$

$$h = \frac{q}{w_1} \left(\sqrt{1 + \frac{w_1}{w_2} + \frac{2Sw_1}{q^2}} - 1 \right) \quad (4.18)$$

Якщо $h = \frac{q}{w_1} \left(\sqrt{1 + \frac{w_1}{w_2} + \frac{2Sw_1}{q^2}} - 1 \right) \leq H$, то вантаж можна розмістити штабелем з формою на рис. 4.6 і його центр мас має координати за формулами (4.12) та (4.13). При використанні позначення $\delta = 1 - \frac{q}{hw_2}$, ці формули можемо записати простіше:

$$x_{cm} = \frac{h(w_1 + w_2)(2w_1 + w_2 - 3w_2\delta^2) + 2w_2^2\delta^3}{3(w_1 + w_2(1 - \delta^2))}; \quad y_{cm} = \frac{h(w_1 + w_2) - w_2\delta^3}{3(w_1 + w_2(1 - \delta^2))} \quad (4.19)$$

Висота правої вертикальної сторони чотирикутника і його нижня основа дорівнюють відповідно:

$$h_1 = \frac{hw_2 - q}{w_2} = h\delta, \quad L = hw_1 + q$$

$$\text{Якщо } \frac{q}{w_1} \left(\sqrt{1 + \frac{w_1}{w_2} + \frac{2Sw_1}{q^2}} - 1 \right) > H, \text{ то вантаж розмістимо штабелем з}$$

формою на рис. 4.8 з $h = H$, $h_1 = H - \frac{q}{w_2}$ та основами

$$b = \frac{S}{H} - \frac{1}{2} \left(Hw_1 + 2q - \frac{q^2}{Hw_2} \right) = \frac{S}{H} - \frac{1}{2} H (w_1 + w_2(1 - \delta^2)), \quad (4.20)$$

$$L = b + Hw_1 + q = \frac{S}{H} + \frac{1}{2} H \left(w_1 + \frac{q^2}{H^2 w_2} \right) = \frac{S}{H} + \frac{1}{2} H (w_1 + w_2(1 - \delta)^2), \quad (4.21)$$

і його центр мас має координати за формулами (4.15) та (4.16).

4.3 Урахування особливостей геометрії трюму різних суден

При наявності в кормовій частині трюму пересувних переборок та твіндекних панелей форма насипу в цій частині, а отже і його геометричні параметри, будуть відрізнятися від отриманих та розглянутих в підрозділах 4.1 та 4.2. Зразки таких форм штабелів наведено на рис. 4.8, 4.9 та 4.10.

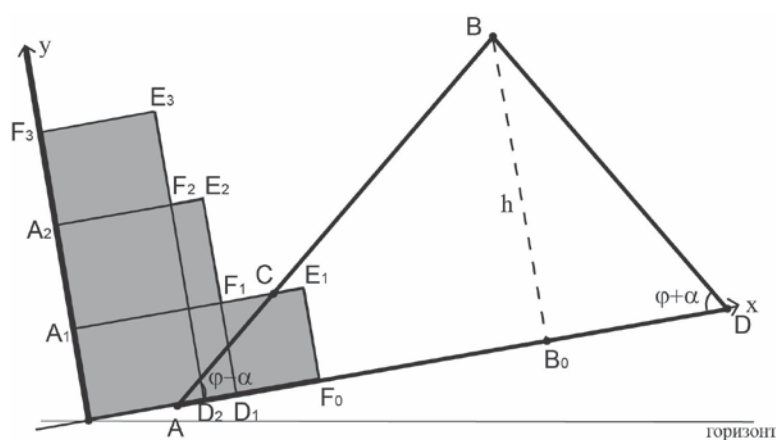


Рисунок 4.8 – Форма штабеля сформована додатковими конструкціями трюму як пересувні панелі або переборки

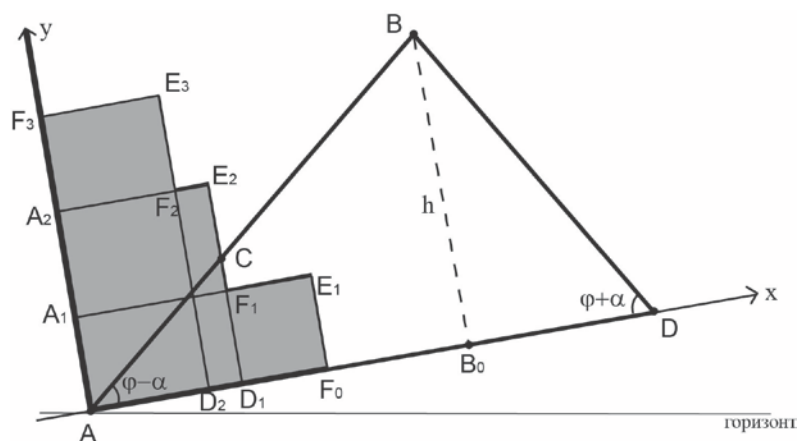


Рисунок 4.9 – Форма штабеля сформована додатковими конструкціями трюму як пересувні панелі або переборки

B_0 знаходиться справа від точки F_0 .

Для цього спочатку перевіряємо, чи можливо це для форми штабеля, що показана на рис. 4.8, 4.9 та 4.10. Справа від прямої BB_0 переріз співпадає з трикутником $\triangle BB_0D$ і, отже, площа цієї частини перерізу

$$S_{\triangle BB_0D} = \frac{1}{2} h^2 w_2, \quad (4.24)$$

де h – висота перерізу. Площа перерізу зліва від прямої BB_0 дорівнює

$$S_1(C) = \frac{1}{2} (h + y_C) (d - x_C) - \sum_{j=1}^{k-1} \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) - y_C \left(d - \sum_{j=1}^{k-1} d_j - x_C \right), \quad (4.25)$$

де k – номер ступені, на якій знаходиться точка C . Зауважимо, що останній добуток обертається на 0 у випадку, коли точка C перетину лівого схилу штабеля та межі знаходиться на вертикальному відрізку.

Обчислюємо значення площі перерізу у випадках, коли точка C співпадає з одною з кутових точок F_k, E_k :

При $C = F_k$ маємо:

$$h = \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \quad (4.26)$$

та

$$S_1(C = F_k) = \frac{1}{2} \left(h + \sum_{j=1}^k h_j \right) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) - \sum_{j=1}^k \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) = \quad (4.27)$$

$$= \left(\frac{1}{2} \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \right) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) - \sum_{j=1}^k \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right),$$

$$\begin{aligned} S(C = F_k) &= S_1(C = F_k) + S_{\triangle BB_0D} = \\ &= \left(\frac{1}{2} \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \right) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) - \sum_{j=1}^k \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) + \\ &\quad + \frac{1}{2} \left(\left(d - d_0 + \sum_{j=1}^k d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \right)^2 w_2. \end{aligned} \quad (4.28)$$

При $C = E_k$ маємо

$$h = \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j, \quad (4.29)$$

та

$$\begin{aligned}
S_1(C = E_k) &= \frac{1}{2} \left(h + \sum_{j=1}^k h_j \right) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) - \sum_{j=1}^{k-1} \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) = \\
&= \left(\frac{1}{2} \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \right) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) - \sum_{j=1}^{k-1} \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right),
\end{aligned} \tag{4.30}$$

$$\begin{aligned}
S(C = E_k) &= S_1(C = E_k) + S_{\triangle BB_0D} = \\
&= \left(\frac{1}{2} \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \right) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) - \sum_{j=1}^{k-1} \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) + \\
&\quad + \frac{1}{2} \left(\left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) / w_1 + \sum_{j=1}^k h_j \right)^2 w_2.
\end{aligned} \tag{4.31}$$

Очевидно, що $S(C = F_0) < S(C = E_1) < S(C = F_1) < S(C = E_2) < \dots$ якщо $S_0 < S(C = F_0)$, то точка $S_0 < S(C = F_0)$ повинна бути розташована на відрізку F_0B_0 і штабель має трикутну форму з параметрами, що визначаються за формулою (4.17). Якщо S_0 знаходиться на одному з проміжків $[S(C = F_{k-1}); S(C = E_k)]$ або $[S(C = E_k); S(C = F_k)]$, то точка S знаходиться на відповідному відрізку. Тоді з формул (4.23), (4.24) та (4.25) маємо при $C \in F_{k-1}E_k$:

$$\begin{cases} y_C = \left(d_0 - \sum_{j=1}^{k-1} d_j + h w_1 - d \right) / w_1 \\ S_0 = \frac{1}{2} (h + y_C) \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right) - \sum_{j=1}^{k-1} \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) + \frac{1}{2} h^2 w_2 \end{cases} \tag{4.32}$$

Підставивши вираз з першого рівняння в друге, отримаємо квадратне рівняння відносно h , розв'язавши його знайдемо необхідну висоту штабеля. Координати центра мас такого штабеля визначаємо через його подання у вигляді комбінації трикутників та прямокутників:

$$x_{cm} = \frac{x_1^* \cdot s_1^* + x_2^* \cdot s_2^* + x_3^* \cdot s_3^* - \sum_{j=1}^{k-1} (x_j \cdot s_j)}{S_0}; \tag{4.33}$$

$$y_{cm} = \frac{y_1^* \cdot s_1^* + y_2^* \cdot s_2^* + y_3^* \cdot s_3^* - \sum_{j=1}^{k-1} (y_j \cdot s_j)}{S_0}; \tag{4.34}$$

$$\text{де } x_1^* = \left(d + \frac{1}{3} h w_2 \right), \quad y_1^* = \frac{1}{3} h, \quad s_1^* = \frac{1}{2} h^2 w_2,$$

$$x_2^* = \left(d - \frac{1}{3} (h - y_C) w_1 \right), \quad y_2^* = y_C + \frac{1}{3} (h - y_C) = \frac{2}{3} y_C + \frac{1}{3} h, \quad s_2^* = \frac{1}{2} (h - y_C)^2 w_2,$$

$$x_3^* = \frac{1}{2} \left(d - \sum_{i=j+1}^m d_i \right) + \sum_{i=j+1}^m d_i = \frac{1}{2} \left(d + \sum_{i=j+1}^m d_i \right), \quad y_3^* = \frac{1}{2} y_C, \quad s_3^* = y_C \left(d - d_0 + \sum_{j=1}^{k-1} d_j \right),$$

$$x_j = \frac{d_j}{2} + \sum_{i=j+1}^m d_i, \quad y_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^j h_i, \quad s_j = d_j \sum_{i=1}^j h_i, \quad m - \text{кількість сходин.}$$

Аналогічно, з формул (4.22), (4.24) та (4.25) маємо при $C \in F_k E_k$:

$$\begin{cases} x_C = d - \left(h - \sum_{j=1}^k h_j \right) w_1 \\ y_C = \sum_{j=1}^k h_j \\ S_0 = \frac{1}{2} (h + y_C) (d - x_C) - \sum_{j=1}^{k-1} \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) - y_C \left(d - \sum_{j=1}^{k-1} d_j - x_C \right) + \frac{1}{2} h^2 w_2 \end{cases} \quad (4.35)$$

Підставивши вирази з перших двох рівнянь в третє, отримаємо квадратне рівняння відносно h ; з якого знайдемо необхідну висоту штабеля. Координати центра мас такого штабеля визначаємо через його подання у вигляді комбінації трикутників та прямокутників:

$$x_{cm} = \frac{x_1^* \cdot s_1^* + x_2^* \cdot s_2^* + x_3^* \cdot s_3^* - \sum_{j=1}^{k-1} (x_j \cdot s_j) - x_k \cdot s_k}{S_0}; \quad (4.36)$$

$$y_{cm} = \frac{y_1^* \cdot s_1^* + y_2^* \cdot s_2^* + y_3^* \cdot s_3^* - \sum_{j=1}^{k-1} (y_j \cdot s_j) - y_k \cdot s_k}{S_0}; \quad (4.37)$$

$$\text{де } x_k = \sum_{i=k+1}^m d_i + \frac{1}{2} \left(\sum_{i=k}^m d_i - x_C \right),$$

$$y_k = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^k h_i, \quad s_k = \left(\sum_{i=k}^m d_i - x_C \right) \sum_{i=1}^k h_i,$$

$$x_1^* = \left(d + \frac{1}{3} h w_2 \right), \quad y_1^* = \frac{1}{3} h, \quad s_1^* = \frac{1}{2} h^2 w_2,$$

$$\begin{aligned}
x_2^* &= \left(d - \frac{1}{3}(h - y_C)w_1 \right), \quad y_2^* = y_C + \frac{1}{3}(h - y_C) = \frac{2}{3}y_C + \frac{1}{3}h, \quad s_2^* = \frac{1}{2}(h - y_C)^2 w_2, \\
x_3^* &= \frac{1}{2}(d - x_C) + x_C = \frac{1}{2}(d + x_C), \quad y_3^* = \frac{1}{2}y_C, \quad s_3^* = y_C(d - x_C), \\
x_j &= \frac{d_j}{2} + \sum_{i=j+1}^m d_i, \quad y_j = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{j-1} h_i, \quad s_j = d_j \sum_{i=1}^j h_i \quad \text{при } j < k.
\end{aligned}$$

Нарешті, при $S_0 > S(C = F_m)$ знаходимо висоту штабеля h з системи (4.32) при $k = m + 1$, що в цьому випадку набуває виду:

$$\begin{cases} y_C = (hw_1 - d) / w_1 \\ S_0 = \frac{d}{2}(h + y_C) - \sum_{j=1}^m \left(d_j \sum_{i=1}^j h_i \right) + \frac{1}{2}h^2 w_2 \end{cases} \quad (4.38)$$

Якщо отримане з (4.32), (4.35) або (4.38) значення h перевищує висоту трюму, то штабель має форму, основу на трапеції. Висота такого штабелю дорівнює H , а розташування точки C знаходимо з умов (4.22), (4.23). Точка C належить горизонтальному відрітку $F_k E_k$ при

$$Hw_1 + d_0 - d \leq \sum_{j=1}^k (w_1 h_j + d_j) \leq Hw_1 + d_0 + d_k - d \quad (4.39)$$

та вертикальному відрітку $F_{k-1} E_k$ при

$$Hw_1 + d_0 - d \leq \sum_{j=1}^{k-1} d_j + \sum_{j=1}^k w_1 h_j \leq Hw_1 + d_0 - d + w_1 h_k \quad (4.40)$$

Знаходимо мінімальне k , при якому виконується перша нерівність в (4.39). Якщо при цьому значенні k виконується також і друга нерівність в (4.39), то $C \in F_k E_k$ і $x_C = d - \left(H - \sum_{j=1}^k h_j \right) w_1$. Якщо при цьому значенні k друга

нерівність в (4.39) не виконується, то знаходимо мінімальне значення k , при якому виконується перша нерівність в (4.40), тоді автоматично виконується й

друга нерівність в (4.40) і $C \in F_{k-1} E_k$, $y_C = \left(d_0 - \sum_{j=1}^{k-1} d_j + Hw_1 - d \right) / w_1$. Якщо

перша нерівність в (4.40) не виконується при $k = m$, то точка C знаходиться над точкою F_m , $y_C = (Hw_1 - d) / w_1$.

Щоб визначити верхню основу трапеції, обчислюємо $S_1(C)$ за формулою (4.25) при $h = H$ і визначених x_C, y_C . Тоді:

$$b = \frac{S_0 - S_1(C) - \frac{1}{2}H^2w_2}{H} = \frac{S_0 - S_1(C)}{H} - \frac{1}{2}Hw_2. \quad (4.41)$$

Розглянемо тепер розташування насипного вантажу в трюмі більш складної форми. У додатку Е на рис. 1 зображена носова частина трюму, що має форму прямої призми, утвореної з прямокутного паралелепіпеда відтинанням двох симетричних трикутних призм $B_3B_4B_5A_3A_4A_5$ та $B_0B_1B_2A_0A_1A_2$.

Будемо вважати, що нижня горизонтальна грань трюму (палуба трюму) лежить на координатній площині xOz , а вертикальна носова грань $A_0A_5B_5B_0$ прямокутного паралелепіпеда трюму лежить на координатній площині yOz .

Тепер розглянемо обчислення геометричних параметрів крайнього штабеля вантажу в випадку, коли трюм має форму призми, як показано у додатку Е на рис. 1.

Поверхня насипного вантажу є паралельною до осі Oz і утворює з горизонтальною площиною xOz кут φ , що дорівнює куту природного укосу вантажу. Ця поверхня на рисунку зображена площиною $A_7A_6B_8B_9$, $\angle A_6B_8B_9 = \varphi$. Ми зараз розглядаємо випадок, коли площина $A_7A_6B_8B_9$ перетинає координатну площину yOz по прямій C_0C_5 , що розташована вище координатної площини xOz . Тоді верхня грань штабеля вантажу є шестикутником $A_7A_6C_4C_3C_2C_1$, де точки C_4, C_3, C_2, C_1 є точками перетину площини $A_7A_6B_8B_9$ з вертикальними прямими $A_4B_4, A_3B_3, A_2B_2, A_1B_1$ відповідно.

Знайдемо об'єм та координати центра мас частини штабеля, що розташована на рисунку справа від площини $A_7A_6B_6B_7$. Для цього будемо розглядати цю частину, як комбінацію стандартних многогранників: трикутна призма $A_6B_6B_8A_7B_7B_9$, від якої відрізані трикутна призма

$C_5B_5B_8C_0B_0B_9$, дві трикутні призми – $B_4B_3B_5D_4C_3C_5$ та симетрична їй відносно площини xOz та дві трикутні піраміди – $C_4D_4C_3C_5$ та симетрична їй відносно площини xOz .

Будемо використовувати позначення:

$$B_4B_5 = a, \quad B_3B_5 = b, \quad A_6B_6 = h, \quad A_6A_5 = q \quad (4.42)$$

Тоді у випадку, що розглядаємо, відповідає умова $h \cdot \operatorname{ctg} \varphi > q$ і $B_8B_6 = h \cdot \operatorname{ctg} \varphi$, $B_8B_5 = h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q$, $C_5B_5 = h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi$, $B_8B_4 = h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q + a$, $C_4B_4 = h - (q - a) \cdot \operatorname{tg} \varphi$.

Для призм $A_6B_6B_8A_7B_7B_9$, $C_5B_5B_8C_0B_0B_9$, $B_4B_3B_5D_4C_3C_5$ та піраміди $C_4D_4C_3C_5$ відповідно маємо:

$$V_1 = \frac{h^2 d \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{2}, \quad x_{cm1} = q - \frac{h \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{3}, \quad y_{cm1} = \frac{h}{3} \quad (4.43)$$

$$V_2 = \frac{(h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2 d \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{2}, \quad x_{cm2} = -\frac{h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q}{3}, \quad y_{cm2} = \frac{h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi}{3} \quad (4.44)$$

$$V_3 = \frac{ab(h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi)}{2}, \quad x_{cm3} = \frac{a}{3}, \quad y_{cm3} = \frac{h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi}{2} \quad (4.45)$$

$$V_4 = \frac{a^2 b \operatorname{tg} \varphi}{6}, \quad x_{cm4} = \frac{a}{2}, \quad y_{cm4} = \frac{4h - (4q - a) \operatorname{tg} \varphi}{4} \quad (4.46)$$

Позначимо кут лівого скату насипу через ψ , а довжину верхньої горизонтальної грані через l . Для лівої частини штабеля маємо:

$$V_5 = \frac{h^2 d \cdot \operatorname{ctg} \psi}{2}, \quad x_{cm5} = q + l + \frac{h \cdot \operatorname{ctg} \psi}{3}, \quad y_{cm5} = \frac{h}{3}, \quad (4.47)$$

$$V_6 = hld, \quad x_{cm6} = q + \frac{l}{2}, \quad y_{cm6} = \frac{h}{2}, \quad (4.48)$$

Отже, для штабеля в цілому маємо:

$$V_{SH} = V_1 - V_2 - 2V_3 - 2V_4 + V_5 + V_6, \quad (4.49)$$

$$x_{cm} = \frac{V_1 x_{cm1} - V_2 x_{cm2} - 2V_3 x_{cm3} - 2V_4 x_{cm4} + V_5 x_{cm5} + V_6 x_{cm6}}{V_1 - V_2 - 2V_3 - 2V_4 + V_5 + V_6}, \quad (4.50)$$

$$y_{cm} = \frac{V_1 y_{cm1} - V_2 y_{cm2} - 2V_3 y_{cm3} - 2V_4 y_{cm4} + V_5 y_{cm5} + V_6 y_{cm6}}{V_1 - V_2 - 2V_3 - 2V_4 + V_5 + V_6}, \quad (4.51)$$

де елементи правих частин визначають за відповідними формулами (4.43) - (4.48) раніше.

Тепер розглянемо випадок, коли пряма перетину площини $A_7A_6B_8B_9$ та координатної площини yOz розташована нижче координатної площини xOz , як демонструється у додатку Е на рис. 2, де виконується умова $h \cdot \operatorname{ctg} \varphi \leq q$. Тоді верхня грань штабеля вантажу є шестикутником $A_7A_6C_4C_3C_2C_1$, де точки C_4, C_1 є точками перетину площини $A_7A_6B_8B_9$ з вертикальними прямими A_4B_4, A_1B_1 , а точки C_2, C_3 є точками перетину площини $A_7A_6B_8B_9$ з прямими B_1B_2, B_4B_3 відповідно.

Частина штабеля, що розташована на цьому рисунку справа від площини $A_7A_6B_8B_9$ будемо розглядати, як трикутну призму $A_6B_6B_8A_7B_7B_9$, від якої відрізані дві трикутні піраміди – $C_4B_4B_8C_3$ та симетричну їй піраміду $C_1B_1B_9C_2$.

$$\begin{aligned} \text{Тоді} \quad B_8B_6 &= h \cdot \operatorname{ctg} \varphi, & B_8B_5 &= q - h \cdot \operatorname{ctg} \varphi, & B_8B_4 &= h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q + a, \\ C_3B_8 &= \frac{b}{a}(h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q + a), & C_4B_4 &= h - (q - a) \cdot \operatorname{tg} \varphi. \end{aligned}$$

Для призми $A_6B_6B_8A_7B_7B_9$, як і в попередньому випадку, виконуються формули (4.43).

Для піраміди $C_4B_4C_3B_8$:

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{b}{6a}(h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q + a)^3 \cdot \operatorname{tg} \varphi, \\ x_{cm2} &= \frac{1}{2}(a + q - h \cdot \operatorname{ctg} \varphi), \quad y_{cm2} = \frac{(h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q + a) \cdot \operatorname{tg} \varphi}{4} \end{aligned} \quad (4.52)$$

Отже, для штабеля в цілому, враховуючи ліву частину, маємо наступне:

$$V_{SH} = V_1 - 2V_2 + V_5 + V_6 \quad (4.53)$$

$$x_{cm} = \frac{V_1x_{cm1} - 2V_2x_{cm2} + V_5x_{cm5} + V_6x_{cm6}}{V_1 - 2V_2 + V_5 + V_6} \quad (4.54)$$

$$y_{cm} = \frac{V_1y_{cm1} - 2V_2y_{cm2} + V_5y_{cm5} + V_6y_{cm6}}{V_1 - 2V_2 + V_5 + V_6} \quad (4.55)$$

де елементи правих частин визначають за формулами (4.43), (4.52), (4.47) та (4.48).

При побудові плану завантаження нам треба визначити висоту штабеля

h та довжину верхньої горизонтальної грані l по заданим значенням об'єму штабеля V^* та відстані q . Спочатку обчислюємо об'єм штабеля V_{SH} при h , рівній висоті трюму H та $l=0$ за формулою (4.49) при $H \operatorname{ctg} \varphi > q$ або за формулою (4.53) при $H \operatorname{ctg} \varphi \leq q$.

Якщо отримане значення менше за V^* , то висота штабеля що шукаємо дорівнює H , а l визначаємо з (4.49) або (4.53) при $V_{SH} = V^*$ та $h = H$.

Якщо отримане значення $V_{SH} > V^*$, то $l=0$, а h знаходимо з рівнянь (4.49) та (4.53) при $V_{SH} = V^*$ та $l=0$. Ці рівняння розв'язуємо відносно h чисельними методами. Оскільки залежність V_{SH} від h є монотонно зростаючою, то було використано метод дихотомії.

Розглянемо тепер розташування насипного вантажу в носовій частині трюму (додаток Е, рис. 3). Тепер від прямокутного паралелепіпеда трюму відтінено дві симетричні трикутні призми $C_3C_4C_5A_3A_4A_5$ та $C_0C_1C_2A_0A_1A_2$ та дві зрізані трикутні піраміди $B_3B_4B_5C_3C_4C_5$ та $B_0B_1B_2C_0C_1C_2$.

Тож зараз розглядаємо випадок, коли площа $A_7A_6B_8B_9$ перетинає координатну площину yOz по прямій D_5D_5' , що розташована вище координатної площини xOz . Цей випадок визначається умовою $q \operatorname{tg} \varphi < h < h_p + q \operatorname{tg} \varphi$. Тоді верхня грань штабеля вантажу є шестикутником $A_8D_2D_3D_3'D_2'A_8'$.

Знайдемо об'єм та координати центра мас частини штабеля, що розташована на рисунку справа від площини $A_8A_8'B_8'B_8$. Для цього будемо розглядати цю частину, як комбінацію стандартних многогранників: трикутна призма $A_8B_8B_6A_8'B_8'B_6'$, від якої відрізані трикутна призма $D_5B_5B_6D_5'B_5'B_6'$, та дві зрізані трикутні піраміди: $B_3B_4B_5D_3D_2D_5$ та симетрична їй. Будемо використовувати позначення:

$$B_4B_5 = a; \quad B_3B_5 = b; \quad A_7B_5 = h_0; \quad C_5B_5 = h_p; \quad A_8A_5 = q \quad (4.56)$$

$$\text{Тоді} \quad C_5 C_4 = a \left(1 - \frac{h_p}{h_0} \right), \quad B_6 B_5 = h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q; \quad D_5 B_5 = h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi;$$

$$A_7 D_5 = h_0 + q \cdot \operatorname{tg} \varphi - h; \quad D_3 D_5 = b \left(\frac{h_0 + q \cdot \operatorname{tg} \varphi - h}{h_0} \right); \quad D_2 D_6 = \frac{h_0 - h + q \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi + h_0 / a}.$$

Для трикутної призми $A_8 B_8 B_6 A_8' B_8' B_6'$, трикутної призми $D_5 B_5 B_6 D_5' B_5' B_6'$, трикутної піраміди $A_7 B_3 B_4 B_5$ та трикутної піраміди $A_7 D_3 D_2 D_5$:

$$V_1 = \frac{1}{2} h^2 d \cdot \operatorname{ctg} \varphi; \quad x_{cm1} = q - \frac{1}{3} h \cdot \operatorname{ctg} \varphi; \quad y_{cm1} = \frac{1}{3} h; \quad (4.57)$$

$$V_2 = \frac{1}{2} (h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q)^2 d \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (4.58)$$

$$x_{cm2} = -\frac{1}{3} (h \cdot \operatorname{ctg} \varphi - q); \quad y_{cm2} = \frac{1}{3} (h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

$$V_3 = \frac{1}{6} a \cdot b \cdot h; \quad x_{cm3} = \frac{1}{4} a; \quad y_{cm3} = \frac{1}{4} h; \quad (4.59)$$

$$V_4 = \frac{(h_0 + q \cdot \operatorname{tg} \varphi - h)^3}{\operatorname{tg} \varphi + h_0 / a} \cdot \frac{b}{6 h_0}; \quad x_{cm4} = \frac{1}{4} \cdot \frac{q \cdot \operatorname{tg} \varphi + h_0 - h}{\operatorname{tg} \varphi + h_0 / a}; \quad (4.60)$$

$$y_{cm4} = \frac{1}{4} \left(h_0 + 2(h - q \cdot \operatorname{tg} \varphi) + h - \left(\frac{h_0 \left(\frac{q}{a} - 1 \right) + h}{\operatorname{tg} \varphi + h_0 / a} \right) \operatorname{tg} \varphi \right).$$

Позначимо кут лівого скату насипу через ψ , а довжину верхньої горизонтальної грані через l . Для лівої частини штабеля маємо:

$$V_5 = \frac{h^2 d \cdot \operatorname{ctg} \psi}{2}; \quad x_{cm5} = q + l + \frac{h \cdot \operatorname{ctg} \psi}{3}; \quad y_{cm5} = \frac{h}{3} \quad (4.61)$$

$$V_6 = h l d; \quad x_{cm6} = q + \frac{l}{2}; \quad y_{cm6} = \frac{h}{2}. \quad (4.62)$$

Отже, для штабеля в цілому, враховуючи ліву частину:

$$V_{SH} = V_1 - V_2 - 2V_3 + 2V_4 + V_5 + V_6, \quad (4.63)$$

$$x_{cm} = \frac{V_1 x_{cm1} - V_2 x_{cm2} - 2V_3 x_{cm3} + 2V_4 x_{cm4} + V_5 x_{cm5} + V_6 x_{cm6}}{V_1 - V_2 - 2V_3 + 2V_4 + V_5 + V_6}, \quad (4.64)$$

$$y_{cm} = \frac{V_1 y_{cm1} - V_2 y_{cm2} - 2V_3 y_{cm3} + 2V_4 y_{cm4} + V_5 y_{cm5} + V_6 y_{cm6}}{V_1 - V_2 - 2V_3 + 2V_4 + V_5 + V_6}. \quad (4.65)$$

Далі розглядаємо випадок, коли площа $A_7 A_6 B_8 B_9$ перетинає координатну площину yOz по прямій, що розташована нижче координатної площини xOz , (додатку Е, рис. 4). Для даного випадку $h \cdot \operatorname{ctg} \varphi \leq q$.

Тоді, в позначеннях (4.56)

$$C_5 C_4 = a \left(1 - \frac{h_p}{h_0} \right), \quad B_6 B_5 = q - h \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad B_6 B_4 = a - q + h \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

$$D_3 B_6 = \frac{b}{a} (a - q + h \cdot \operatorname{ctg} \varphi), \quad D_2 D_6 = \frac{a - q + h \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{\operatorname{ctg} \varphi + a / h_0}, \quad B_5 D_6 = a \frac{h_0 + q \cdot \operatorname{tg} \varphi - h}{a \cdot \operatorname{tg} \varphi + h_0}$$

$$V_0 = \frac{h^2 d \operatorname{ctg} \varphi}{2}; \quad x_{cm0} = \frac{2h \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{3} + q - h \cdot \operatorname{ctg} \varphi; \quad y_{cm0} = \frac{h}{3} \quad (4.66)$$

Для трикутної піраміди $D_2 B_4 D_3 B_6$:

$$V_1 = \frac{b}{6a} \frac{(a - q + h \cdot \operatorname{ctg} \varphi)^3}{\operatorname{ctg} \varphi + a / h_0}; \quad y_{cm1} = \frac{1}{4} \cdot \frac{a - q + h \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{\operatorname{ctg} \varphi + a / h_0} \quad (4.67)$$

$$x_{cm1} = \frac{2ah_0 + a^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi + 3qa \cdot \operatorname{tg} \varphi - 3ha + 2qh_0 - 2hh_0 \cdot \operatorname{ctg} \varphi}{4(a \cdot \operatorname{tg} \varphi + h_0)};$$

Для штабеля:

$$V_{SH} = V_0 - 2V_1; \quad x_{cm} = \frac{V_0 \cdot x_{cm0} - 2V_1 \cdot x_{cm1}}{V_0 - 2V_1}; \quad y_{cm} = \frac{V_0 \cdot y_{cm0} - 2V_1 \cdot y_{cm1}}{V_0 - 2V_1} \quad (4.68)$$

Визначаємо висоту штабеля h та довжину верхньої горизонтальної грані l по заданим значенням об'єму штабеля V^* та відстані q аналогічно до того, як це було зроблено в попередньому випадку.

4.4 Урахування змін геометричних та фізичних характеристик штабелів вантажу в процесі завантаження та протягом рейсу

При зміні диференту форма штабеля вантажу може змінитися. При нахилі вже сформованого штабеля його грані можуть скласти з горизонтом кут, що перевищує $\varphi_{\text{пер}} = \varphi + \delta$ і тоді на цій межі вантаж осиплеться так, щоб новостворена грань складала з горизонтом кут φ . Приріст кута δ , при якому починається осипання, залежить від природи вантажу та умов завантаження і може складати $0^\circ - 5^\circ$.

Такий приклад зсуву та зміни довільної форми штабелю продемонстровано на рис. 4.11.

$$L = AD = \frac{S}{H} + \frac{1}{2}H(\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha_1) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha_2)) \quad (4.72)$$

Щоразу довжина нижньої основи збільшується, і це повинно бути враховано при розрахунку та складанні вантажного плану, щоб не допустити змішування штабелів різних вантажів.

Аналогічну зміну штабеля трикутної форми при зсуванні від нахилу палуби трюму можна продемонструвати на наступному рис. 4.12 нижче.

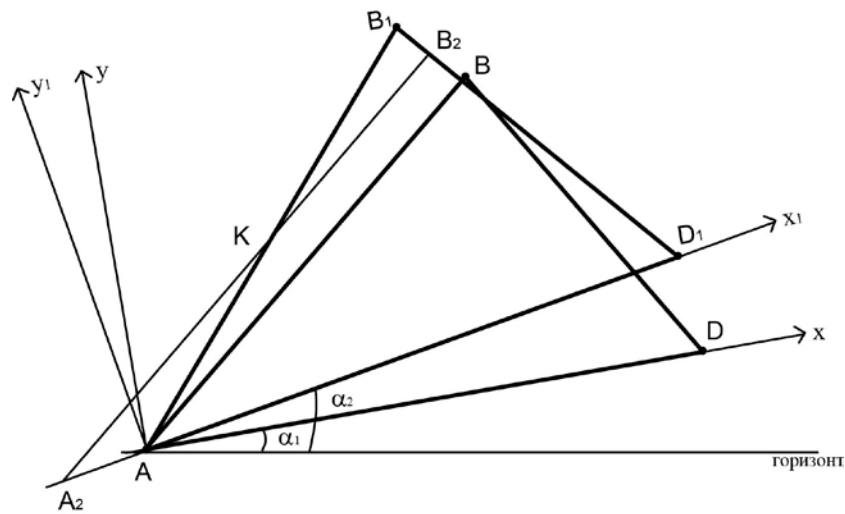


Рисунок 4.12 – Формування трикутної форми штабеля від нахилу горизонту

Тут $\angle D_1 A_2 B_2 = \varphi - \alpha_2$, $\angle A_2 D_1 B_2 = \varphi + \alpha_1$ і, з урахуванням того, що при осипанні площа трикутника не зміниться, для утвореного трикутника $A_2 D_1 B_2$ висота й основа визначаються по формулам

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha_2) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha_1)}}, \quad (4.73)$$

$$L = A_2 D_1 = \sqrt{2S(\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha_2) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha_1))}. \quad (4.74)$$

Аналогічно, при $\alpha_1 - \alpha_2 > \delta$ відбудеться осипання грані, що відповідає правій бічній стороні трикутника й

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha_1) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha_2)}}, \quad (4.75)$$

$$L = A_2 D_1 = \sqrt{2S(\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha_1) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha_2))}. \quad (4.76)$$

Якщо мова йде про поступову зміну диференту в процесі завантаження

даного штабеля, яка обумовлена зміною центра мас судна, то для трикутного штабеля його форма визначається тільки диферентом судна на момент закінчення вантажених операцій. Для трапецієподібного штабеля також завантаження можна організувати таким чином, щоб його форма на момент закінчення його формування визначалася тільки величиною диференту на цей момент.

Щоб урахувати зміну диференту судна в ході завантаження, при визначенні оптимального плану вантажних операцій, доводиться прораховувати розташування і форму штабелів вантажів, як при різному порядку їх геометричного розташування, так і залежно від порядку формування штабелів. При необхідності формування n штабелів для кожного з них необхідно визначити номер вантажу, що міститься в цьому штабелі і його номер у черзі завантаження. Таким чином, необхідно прорахувати $N = (n!)^2$ варіантів розрахунку вантажних планів.

Наприклад, необхідно розрахувати $N = 36$ вантажних планів при $n = 3$ штабелям, і $N = 576$ при $n = 4$, $N = 14400$ при $n = 5$ й ін. Для кожного з N варіантів розрахунок проводиться в три етапи.

На першому етапі перевіряється можливість розташування штабелів вантажу в трюмі при обраному їхньому геометричному порядку й визначається попереднє положення кожного з штабелів.

На другому етапі визначається зміна диференту судна після завантаження кожного штабеля й відповідна зміна форми вже завантажених до нього штабелів.

На третьому етапі виконується уточнення місця розташування штабеля кожного з вантажів з метою забезпечити рівну відстань між основами кожної пари сусідніх штабелів.

Отже, таким чином проводиться розрахунок кожного плану завантаження і вже потім, з них вибирається один оптимальний.

У зв'язку зі значною кількістю обчислень і складністю структури

алгоритму розрахунку, такий розрахунок виконується в середовищі «Scilab».

Відібраний оптимальний план, далі для контролю, перевіряється за допомогою існуючої вантажної програми на борту судна. Це необхідно для порівняння отриманих результатів та офіційної звітності для суднових документів.

4.5 Урахування похибок

Дослідимо погрішності розподілу штабелів вантажу при завантаженні, викликані неточністю даних про характеристики вантажу, або обмеженою точністю завантажувального пристрою чи комплексу та ін.

Далі будемо позначати погрішність висоти і ширини основи штабеля вантажу через Δh і ΔL .

Для штабеля трикутної форми ширина основи згідно (4.3) дорівнює

$$L = \sqrt{2 \frac{m}{\rho d} (\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha))}. \quad (4.77)$$

Для оцінки ΔL знайдемо частинні похідні цього виразу по змінним φ й ρ , у значеннях яких можливі найбільші погрішності:

$$\frac{\partial L}{\partial \rho} = \frac{-L}{2\rho}, \quad \frac{\partial L}{\partial \varphi} = \frac{-2L}{\sin 2\varphi} \cdot \frac{1 - \cos 2\varphi \cos 2\alpha}{\cos 2\alpha - \cos 2\varphi}. \quad (4.78)$$

З огляду на те, що $|\alpha|$ звичайно не перевищує 5° ,

$$0,985 < \cos \alpha < 1$$

і при $\varphi < 45^\circ$, $\cos 2\varphi > 0$ маємо

$$1 - \cos 2\varphi < 1 - \cos 2\varphi \cos 2\alpha < 1 - 0,985 \cos 2\varphi$$

$$1 < \frac{1 - \cos 2\varphi \cos 2\alpha}{\cos 2\alpha - \cos 2\varphi} < \frac{1 - 0,985 \cos 2\varphi}{0,985 - \cos 2\varphi}.$$

Функція $\frac{1 - 0,985x}{0,985 - x} = 0,985 \left(1 + \frac{0,03}{0,985 - x} \right)$ монотонно зростає при

$x < 0,985$. Розглядаючи φ в межах від 30° до 45° , одержимо, що $0,5 > \cos 2\varphi > 0$ та

$$1 < \frac{1 - \cos 2\varphi \cos 2\alpha}{\cos 2\alpha - \cos 2\varphi} < \frac{1 - 0,985 \cos 2\varphi}{0,985 - \cos 2\varphi} < 1,046.$$

Отже, з (4.78) одержуємо:

$$\frac{-2,092L}{\sin 2\varphi} < \frac{\partial L}{\partial \varphi} < \frac{-2L}{\sin 2\varphi}. \quad (4.79)$$

Далі будемо вважати $\frac{\partial L}{\partial \varphi} \approx \frac{-2L}{\sin 2\varphi}$. З (4.79) випливає, що помилка при

такому допущенні не перевищить 5%.

Зневажаючи нескінченно малими порядку вище першого, представляємо приріст функції $L(\varphi, \rho)$ у вигляді диференціала:

$$\begin{aligned} \Delta L &\approx \frac{\partial L}{\partial \varphi} \Delta \varphi + \frac{\partial L}{\partial \rho} \Delta \rho = \frac{-2L}{\sin 2\varphi} \cdot \frac{1 - \cos 2\varphi \cos 2\alpha}{\cos 2\alpha - \cos 2\varphi} \Delta \varphi + \frac{-L}{2\rho} \Delta \rho \\ \Delta L &\approx \frac{-2L}{\sin 2\varphi} \Delta \varphi + \frac{-L}{2\rho} \Delta \rho \end{aligned} \quad (4.80)$$

Тут через $\Delta \varphi$, $\Delta \rho$ позначені погрішності даних по куту природного укосу і насипній щільності відповідно. Перший додаток формули (4.80) при $\varphi = 45^\circ$ дає негативну погрішність 3,5 см на кожен метр L і кожен градус $\Delta \varphi$. При менших значеннях φ абсолютна величина цього додатка росте. Другий додаток дає від'ємний приріст ΔL величиною 0,5 см на кожен метр L і кожен відсоток відносної погрішності $\Delta \rho / \rho$. Наприклад, при $\Delta \varphi = -2^\circ$, $\rho = 1500$, $\Delta \rho = -100$, $L = 10$ м, одержуємо:

$$\Delta L \approx 3,5 \cdot 2 \cdot 10 + 0,5 \cdot 10 \cdot \frac{100}{1500} \cdot 100 \approx 103 \text{ см.}$$

Таким чином, бачимо, що похибка розрахунку ширини основи штабеля може виявитися досить значною і, в результаті, при завантаженні відбудеться перекриття штабелів і змішування різних вантажів. Щоб уникнути цього, слушно проводити контроль розмірів штабеля (його ширини основи і висоти), в процесі завантаження, у момент часу, що відповідає приблизно завантаженню половини маси штабеля, та наприкінці завантаження штабеля. У цей же час уточнюємо значення диференту, виходячи з даних по осадкам судна. З формул (4.2), (4.3), маємо

$$\frac{L}{h} = \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha) = \frac{2 \sin 2\varphi}{\cos 2\alpha - \cos 2\varphi} \quad (4.81)$$

Розв'язавши останнє рівняння відносно φ , знайдемо:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{h}{L \cos^2 \alpha} + \sqrt{\frac{h^2}{L^2 \cos^4 \alpha} + \operatorname{tg}^2 \alpha} \right) \quad (4.82)$$

Тепер з (4.2) одержимо уточнене значення питомої щільності:

$$\rho = \frac{2m}{dh^2} \cdot \frac{1}{\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha) + \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha)}$$

Уточнені значення вносимо в програму розрахунку плану завантаження і, при необхідності, корегуємо план.

Оцінимо погрішність уточненого значення φ . Перепишемо (4.81) у наступному виді:

$$L(\cos 2\alpha - \cos 2\varphi) = 2h \sin 2\varphi \quad (4.83)$$

Диференціюємо по h :

$$2L \sin 2\varphi \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial h} = 2 \sin 2\varphi + 4h \cos 2\varphi \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial h}, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial h} = \frac{\sin 2\varphi}{L \sin 2\varphi - 2h \cos 2\varphi}.$$

Аналогічно, диференціюємо по L :

$$(\cos 2\alpha - \cos 2\varphi) + 2L \sin 2\varphi \frac{\partial \varphi}{\partial L} = 4h \cos 2\varphi \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial L}, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial L} = \frac{\cos 2\alpha - \cos 2\varphi}{4h \cos 2\varphi - 2L \sin 2\varphi}.$$

Звідси наближена погрішність визначення таким способом кута природного укосу (у радіанах) приблизно дорівнює:

$$\Delta \varphi \approx \frac{\partial \varphi}{\partial L} \Delta L + \frac{\partial \varphi}{\partial h} \Delta h = \frac{(\cos 2\alpha - \cos 2\varphi) \Delta L - 2 \sin 2\varphi \Delta h}{4h \cos 2\varphi - 2L \sin 2\varphi}.$$

Тут $\Delta L, \Delta h$ – помилки вимірів величин L й h . З огляду на (4.83), отриманий вираз можна спростити:

$$\Delta \varphi \approx \frac{2 \frac{h}{L} \sin 2\varphi \Delta L - 2 \sin 2\varphi \Delta h}{4h \cos 2\varphi - 2L \sin 2\varphi} = \frac{\frac{h}{L} \Delta L - \Delta h}{2h \operatorname{ctg} 2\varphi - L}.$$

4.6 Визначення осадок судна в процесі завантаження

При наявності гідростатичних таблиць ми можемо побудувати функції, що виражають масу судна m_v та його горизонтальний момент M_x через два аргументи: носову d_f та кормову d_a осадки, а також обернені до них функції, що виражають носову та кормову осадки через масу судна та його горизонтальний момент.

Такі функції ми будуємо в вигляді апроксимуючих поліномів двох змінних, наприклад:

$$m_v = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^j a_{i,j-i} (d_f - d_{f0})^i (d_a - d_{a0})^{j-i},$$

коефіцієнти яких визначаємо методом найменших квадратів. Тут через d_{f0}, d_{a0} позначаємо середні значення носової та кормової осадки. Їх можна обрати, наприклад, як такі, що відповідають половині від максимально можливого завантаження при нульовому диференті, або ж просто, як середні значення з тих, що наведені в гідростатичних таблицях. Побудова апроксимуючого полінома по степеням $(d_f - d_{f0}), (d_a - d_{a0})$, а не по степеням d_f, d_{a0} дозволяє досягти більшої точності обчислень за рахунок зменшення похибок округлень.

Аналогічно, обернені функції наближаємо поліномами виду:

$$d_f = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^j b_{i,j-i} (m_v - m_{v0})^i (M_x - M_{x0})^{j-i}.$$

Тут також через m_{v0}, M_{x0} позначаємо середню масу судна та горизонтальний момент.

На основі проведених автором обчислень, по відомим гідростатичним таблицям декількох суден, з'ясовано, що степінь полінома достатньо обирати рівною 5, оскільки похибки при цьому складають десятки долі процента.

Якщо гідростатичних таблиць немає, то будуємо за допомогою

вантажної програми 40 – 60 точок, що відповідають таким залежностям, і по цих точкам отримаємо апроксимуючі поліноми. Цієї кількості точок вже недостатньо для визначення 21 коефіцієнта полінома п'ятого ступеню, тому в цьому випадку використовуємо апроксимуючі поліноми четвертого ступеню. Цього достатньо для визначення диференту з точністю до десятих часток градуса.

Блок-схема алгоритму та програми наведена у додатку Е на рис. 5. Для спрощеного уявлення роботи алгоритму, блоки попередніх підрахунків показано червоним кольором, а перший етап роботи – зеленим, другий – жовтим і третій етап – синім кольором відповідно.

Висновки по розділу 4

Для розв'язання задачі розміщення в трюмі малотоннажного судна вантажів методом «природної сепарації» розробленні математична модель та програма, які дозволяють:

1. Розподілити сумарну масу вантажу, як окремим штабелем з певними обмеженнями, так і декількома штабелями, вирішуючи при цьому питання оптимізації розташування штабелів навалочних вантажів в трюмі методом «природної сепарації» з урахуванням динаміки судна та властивостей вантажів.

2. Описати конфігурацію штабелів та здійснити розрахунки параметрів плану розміщення вантажів і визначити: планові точки завантаження; форми штабелів та їх розміри з урахуванням зміщення штабелів відповідно змінам кутів нахилу палуби трюму в процесі завантаження.

3. В середовищі «Scilab» перевірити, як в автоматичному режимі – по максимуму відстаней між штабелями, так і в ручному режимі, всі допустимі способи завантаження та обрати серед них оптимальний. Це дає можливість вважати рішення більш безпечним та виправданим для здійснення завантаження в запланований спосіб.

4. Полегшити роботу судноводію, скоротити витрати часу на етапі складання вантажного плану, мінімізувати похибки в його розрахунках.

5. Здійснювати перевезення різних навалочних вантажів в одному трюмі без їх змішування та забезпечити максимальну економічну ефективність експлуатації судна.

6. Внести доповнення у вантажні програми «коастерного» флоту, забезпечити розрахунки остійності та морехідних якостей малотоннажних суден при перевезенні різних навалочних вантажів.

Зміст розділу 4 опубліковано в статтях автора [101, 102, 103, 104, 105, 106, 108].

РОЗДІЛ 5.

РЕЗУЛЬТАТИ ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ «ПРИРОДНОЇ СЕПАРАЦІЇ»

5.1 Практичне використання програмного середовища «Scilab» для розрахунку вантажного плану однострюмного судна

Програмне середовище «Scilab» з відкритим початковим кодом призначено для числових обчислень. Таке програмне забезпечення працює в операційних системах Windows, Mac OS, Linux і досить легко встановлюється на звичайному ПК на борту судна.

Для вирішення питання завантаження однострюмного судна методом «природної сепарації» необхідно відкрити файл програми. Натиснувши елемент меню «Виконати», ми отримаємо робоче вікно, з якого починаємо планування вантажних операцій.

У робочому вікні програми «Розміщення вантажів в трюмі» судноводій може відредагувати дані в білих полях, які стосуються геометричних розмірів трюму та наступної початкової інформації: осадки судна, обмеження на диферент та кількість запланованих штабелів.

Позначення «Відстань AP-трюм» означає відстань від кормового перпендикуляра судна до кормової переборки трюму, а «Відстань AP-ImdA» і «Відстань AP-ImdF» – відстань від кормового та носового перпендикулярів судна до марок кормової та носової осадки відповідно. Слід зазначити, що розташування марок до міделю судна від своїх перпендикулярів має плюсове значення без позначки «+», а у протилежні сторони – негативне, при цьому необхідно додавати знак «-».

Поле «Обмеження на диф-т» означає показник диференту, який судно не може перевищувати під час вантажних операцій. Судноводію це значення необхідно вводити адекватним до параметрів судна, враховуючи його гідростатичні особливості. Якщо задати надто суворі умови цього параметру

то судноводій може отримати у відповідь розрахунок програми, що таке завантаження не можливе.

При задаванні значень осадок носом та кормою у полі «Початкові данні» слід брати до уваги, що їх фактична різниця може перевищувати значення елементу «Обмеження на диф-т».

Поле «Число насипів» означає кількість штабелів окремих партій вантажу, або заплановану кількість штабелів, на яку необхідно розділити партію за коносаментом або з необхідності технології процесу завантаження.

Після редагування всіх необхідних даних, при натисканні активної зеленої кнопки «Задати кількість штабелів», з'являються таблиці «Відомості про вантаж» та «Обмеження при завантаженні», а також відображаються дві нові активні кнопки у нижній частині вікна справа, та нові поля під стовпчиком «Початкові данні». Таке робоче вікно зображено на рис. 5.1.

Розміщення вантажів в трюмі

ГЕОМЕТРИЯ СУДНА

Довжина трюму, м	58
Ширина трюму, м	10.6
Висота трюму, м	8.4
Відстань AP-трюм, м	16.5
Відстань AP-FP, м	83.77
Відстань AP-lmdA, м	2
Відстань FP-lmdF, м	2

ПОЧАТКОВІ ДАНІ

Осада корма, м	3
Осада нос, м	1
Обмеження на диф-т, м	2.5
Число насипів	3

ВІДОМОСТІ ПРО ВАНТАЖ

Номер вантажу	Маса, тон	Насипна густина, тон/м3	Кут природного відкосу, °	Приріст кута, °
Вугілля 1	1100	1.8	40	0
Пісок 2	800	1.7	46	0
Шебень 3	900	1.5	35	0

Обмеження при завантаженні

Корма	Кришки трюма	Відступ від края	Впритул	0
Ніс	Кришки трюма	Відступ від края	Впритул	0

Задати кількість штабелів

СТАРТ АВТО СТАРТ наближено

Рисунок 5.1 – Вікно «Розміщення вантажів» після основного редагування

Рядки в таблиці «Відомості про вантаж» вказують на кількість штабелів, яку було встановлено судноводієм раніше, у полі «Число насипів». «Номер вантажу» дозволяє вказувати назву вантажу або його інше найменування. В білих клітинках таблиці редагуються дані про властивості вантажів (щільність, питомий завантажувальний об'єм).

Елемент таблиці «Приріст кута» дозволяє зазначити кут нахилу штабеля,

при якому його відкіс почне своє зсування. Цей кут залежить від фізичних властивостей вантажу. Якщо така інформація невідома, то у відповідних клітинка таблиці необхідно поставити нульове значення. При цьому значенні програма враховує зміщення при будь якому нахилі палуби.

Зона таблиці «Обмеження при завантаженні» дозволяє в кожному рядку обирати одне з полів (блакитний колір). Це залежить від бажаних умов розташування штабелів вантажу, в кормовій або носовій частинах трюму.

Цей елемент враховує не тільки конструктивні особливості форми трюму та його додаткового обладнання (зернові перегородки, твіндекні панелі), а й умови мінімізації протяжки судна біля причалу в процесі завантаження. Планування найкращого положення вантажу реалізовано у вигляді трьох сценаріїв розташування штабелів у кінцевих зонах трюму опціями: «Кришки трюму», «Відступ від краю» та «Впритул».

Опція «Кришки трюму» з встановленим судноводієм значенням у метрах в полі праворуч дає можливість програмі прорахувати форму штабеля (див. рис. 5.2), де червоною стрілкою показано смислове значення величини у клітинці.

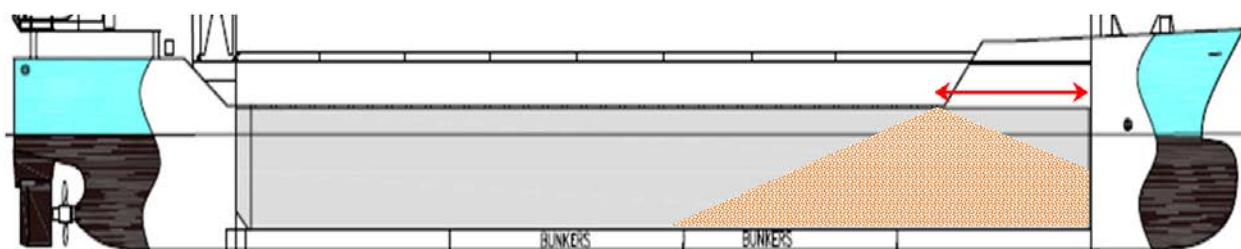


Рисунок 5.2 – Розрахункова форма штабелю з опцією «Кришки трюму»

Отримаємо форму та параметри штабеля, враховуючи носовий чи кормовий підзори люків трюму. Таку конструкцію має значна кількість малотоннажних суден, а сучасні вантажні програми не дозволяють повноцінно врахувати простір, який неможливо заповнити без штивки.

Опція «Відступ від краю» з встановленим судноводієм значенням у

метрах, в полі праворуч, дає можливість прорахувати форму штабеля (див. рис. 5.3), де червоною стрілкою показано значення вказаної у клітинці величини. Отримаємо форму та параметри штабеля з урахуванням особливості проведення вантажних операцій, наприклад, необхідно залишити доступ до трапів входу, льяльних колодязів та вентиляційних шахт трюму. Такі умови виникають, коли судно має додаткові конструкції, що зберігаються тільки у середині трюму, наприклад: зернові пересувні перегородки чи система твіндечних панелей, які встановлюється у трюмі.

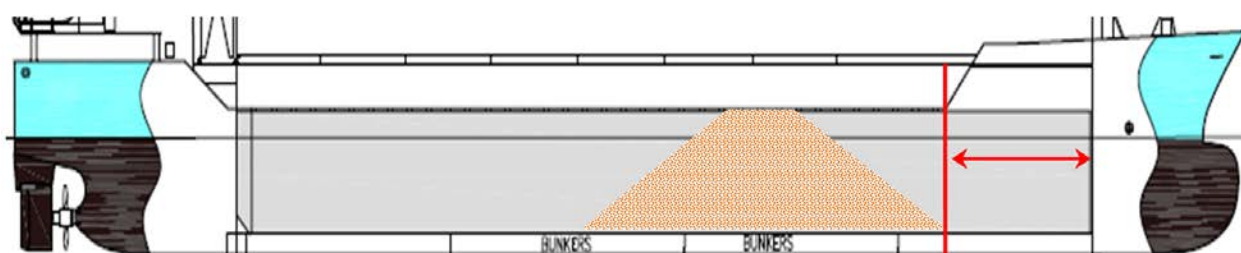


Рисунок 5.3 – Розрахункова форма штабелю з опцією «Відступ від краю»

Опція – «Впритул» дає можливість програмі прорахувати форму штабеля з носової чи кормової частини (див. рис. 5.4). При виборі цієї опції числове значення в кінці відповідного рядка не враховується автоматично.

Такий вибір судноводій може використовувати тоді, коли мова йде про випадки максимального завантаження простору, але з умовою «природної сепарації» окремих партій вантажів. Для кожного конкретного судна це можна врахувати та прописати у розрахунковому коді програми.

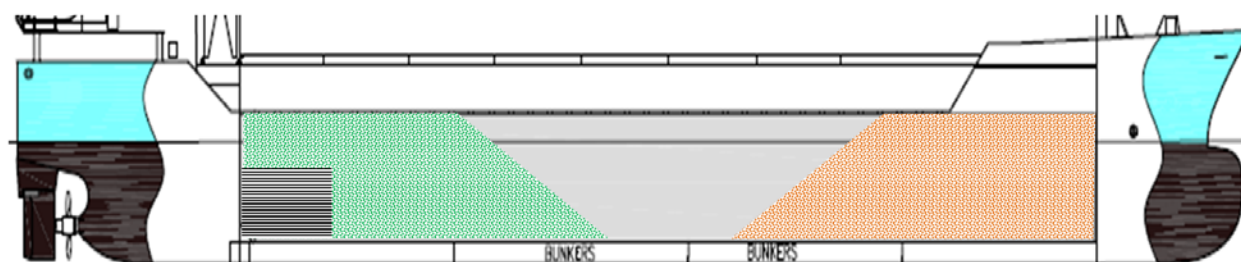


Рисунок 5.4 – Розрахункова форма штабелю з опцією «Впритул»

Цей випадок використовується при умовах, коли кришки люку дають прямий вертикальний доступ до всієї площини палуби трюму і в ньому зберігаються конструкції для генеральних вантажів, які закріплені, як правило, у кормовій частині (див. рис.5.4). В такому випадку форма об'єму штабеля не проста для обчислення та може не враховуватись існуючими вантажними програмами. Однак, ідея врахування для конкретного судна певної форми саме його трюму для обчислення конфігурації штабелю, також покладено в основу цього проекту.

Можна відзначити, що більшість одотрюмних «універсальних» коастерів спроектовано саме таким чином, щоб зберігати рухомі елементи у трюмі для захисту від погодних умов та впливу інших зовнішніх факторів.

Під зеленою кнопкою «Задати кількість штабелів» з'явилися клітинки кількістю заданого числа штабелів, а положення вказує на розташування партій від корми до носа, де корма – крайнє ліве положення, а ніс, відповідно, крайнє праве (див. рис. 5.1).

Після редагування всіх даних вікна «Розміщення вантажів в трюмі», активними кнопками: «СТАРТ АВТО» або «СТАРТ наближено» у нижній частині вікна справа вибираємо два основних варіанти наступного режиму роботи програми. В першому випадку прискорюється пошук оптимального рішення щодо конфігурацій штабелів та процесу завантаження. У другому – судноводій буде сам перебирати різні варіанти, та приймати більш зручний при конкретних обставинах.

«СТАРТ АВТО» передбачає оптимізацію розрахунків по максимальній відстані між штабелями, враховуючи всі обмеження що були вибрані в таблиці «Обмеження при завантаженні». При натисканні кнопки з'явиться два наступних вікна: «Геометричні характеристики насипів» (див рис. 5.5) та «Графічні зображення вантажів» (див рис. 5.6). Поява цих вікон означає, що розрахунок завершено, а результат показано судноводію.

Стовпчик «Назва» показує геометричний порядок штабелів, котрий було встановлено у попередньому робочому вікні. Але послідовність рядків з

назвою вантажів змінена за принципом: з першого до останнього як з корми до носа.

ГЕОМЕТРИЯ ШТАБЕЛІВ									
Назва	Маса	Лівий край	Основа	Верхня грань	Висота	Висота 2	Відстань l _{tv} до аи	X _{cm}	Y _{cm}
Пісок 2	800	3	13.10	0	6.780	0	9.556	9.550	2.260
Вугілля 1	1100	21.44	16.69	0	6.910	0	29.68	29.75	2.303
Щебінь 3	900	43.46	14.54	0	6.668	3.257	53	52.19	2.379

Відстань між штабелями 5.34m

ОПТИМАЛЬНИЙ ПОРЯДОК ЗАВАНТАЖЕННЯ

3	2	1
---	---	---

Інформація про осадки та диференти								
№ завантаж.	Вантаж	№ штабеля	Осад корма	Осад ніс	Диф-т, м	Диф-т °	Trim d min	Trim d max
1	Щебінь 3	3	2.698	3.267	0.570	0.409	-0.035	0.694
2	Вугілля 1	2	3.672	4.638	0.966	0.694	-0.035	0.694
3	Пісок 2	1	4.96	4.912	-0.048	-0.035	-0.035	-0.035

Рисунок 5.5 – Інформаційне вікно геометричних характеристик насипів

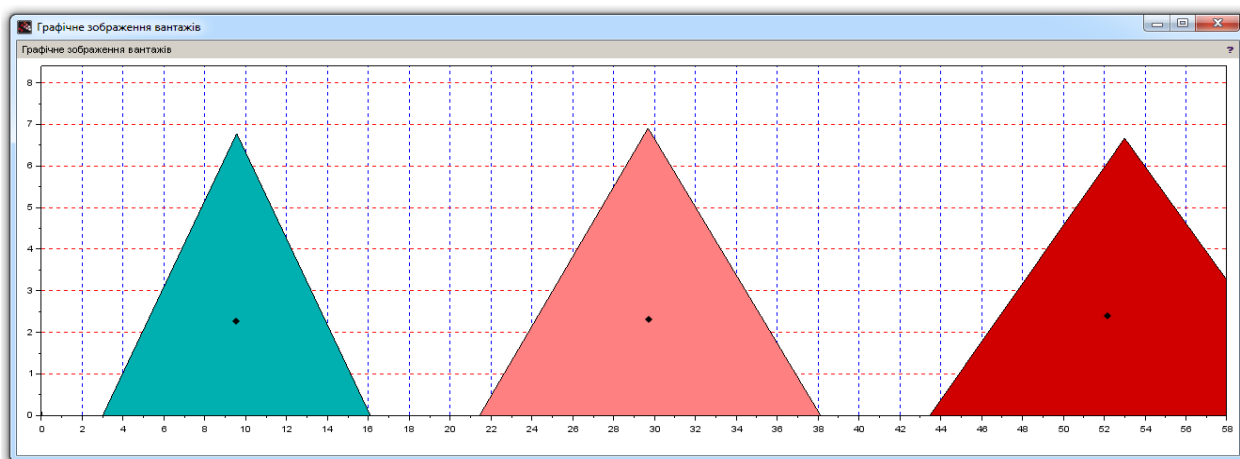


Рисунок 5.6 – Інформаційне вікно графічного зображення вантажів

Стовпчик «Лівий край» показує відстань у метрах від кормової переборки трюму до початку кормового підніжжя штабелю, як відображають червоні позначки знизу (див. рис. 5.7). Якщо буде обрана опція «Впритул» для кормового штабелю, то це значення у таблиці буде «0».

Стовпчик «Основа» показує довжину підніжжя штабелю у метрах. А стовпчик «Верхня грань» – навпаки, довжину верхньої основи штабелю, якщо він має форму трапеції. При трикутній формі штабеля це значення у

таблиці буде «0».

Стовпчик «Висота» показує максимальну висоту у метрах всіх штабелів від рівня палуби. А стовпчик «Висота 2» показує висоту укосу штабеля, що утворений біля переборки. Сміслові значення цього показника показано синьою позначкою з носа судна на рис. 5.7. Але, якщо форма штабелю не утворює площини дотику до носової чи кормової переборки, то чисельне значення у таблиці буде «0».

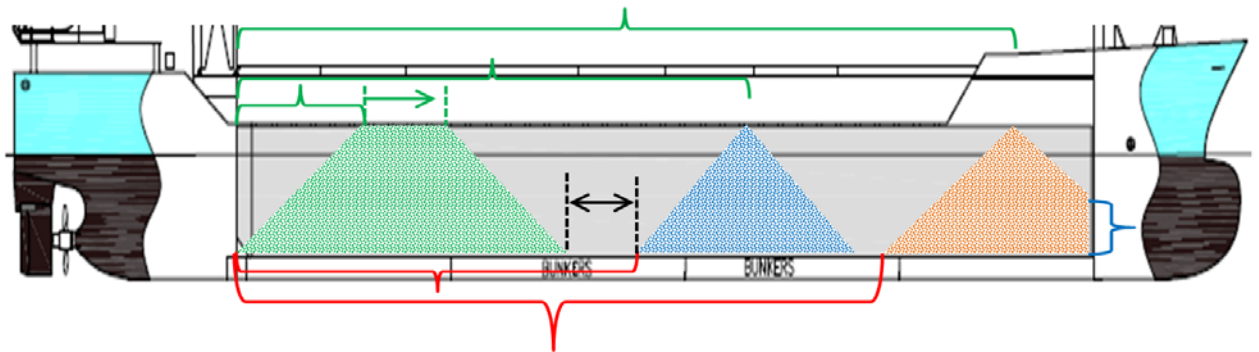


Рисунок 5.7 – Пояснювальна схема геометричних характеристик штабелів

Стовпчик «Відстань ltv до aw», показує відстань в метрах від кормової переборки трюму до вершини кормового штабелю. Тобто ми, фактично, маємо позицію у просторі трюму з якої необхідно починати завантаження кожного конкретного штабеля, щоб отримати бажаний результат. Якщо форма штабелю є трикутною, то вершина трикутника є точкою початку виконання вантажних операцій. Для форми штабелю у вигляді трапеції, це означає кормовий початок формування штабелю, а завантаження необхідно виконувати від корми до носа. Це продемонстровано зеленими позначками рис. 5.7.

Стовпчики «Хсм» та «Үсм» є показниками значень горизонтальної та, відповідно, вертикальної координати центру мас у просторі трюму, що виражені в метрах від кормової переборки та палуби.

Зелений рядок «Відстань між штабелями» з чисельним значенням у

метрах означає відстань між штабелями, що буде утворена в цьому випадку, як показано чорними позначками на рис. 5.7. Це значення буде рівним між всіма штабелями вантажного приміщення, оскільки програмний код вибрав автоматично найбільше значення, враховуючи задані умови. Такий принцип реалізує максимальне забезпечення «природної сепарації» вантажів.

Таблиця «Інформація про осадки та диферент» показує динамічні зміни положення корпусу судна на кожному етапі завантаження та покроковий сценарій реалізації вантажного плану. Стовпчики «Осад корма» та «Осад ніс» інформують про осадки судна в метрах після завершення певного кроку. Стовпчики «Диф-т, м» і «Диф-т, °» показують утворений диферент судна у метрах та градусах відносно лінії горизонту після завершення цього кроку. Стовпчики «Trim d min» та «Trim d max» демонструють мінімальне та максимальне значення диференту в градусах відносно горизонту при виконанні всіх наступних кроків. Знак «-» в цій таблиці означає положення до корми.

Перші три стовпчики цієї таблиці пояснюють фактичний покроковий сценарій у часовому проміжку.

Стовпчик «№ завантаження» вказує на порядковий номер дії завантаження, першою виконується дія зі штабелем в першому рядку таблиці. У стовпчику «Вантаж» позначаються інформація чи назва вантажу або штабеля. Стовпчик «№ штабеля» вказує на положення розташування штабеля у трюмі, рахуючи від корми. Інформаційний елемент «Оптимальний порядок завантаження» – це уявний спрощений готовий вантажний план. Приклад завантаження судна та розташування певного вантажу в трюмі буде виглядати так, як зображено у нижній частині рис. 5.8.

Вікно «Графічні зображення вантажів» (рис. 5.6) є спрощеним видом діаметральної площини, де ліва частина є кормовою, а права – носовою. Це зображення вантажного плану що у масштабі доповнює фактичну картину конфігурацій штабелів у просторі вантажного приміщення. Масштабування графічного зображення виконується автоматично. Позначки на осях виконані

у метрах, а системою відліку є кормова переборка трюму та його палуба. Це вікно допомагає судноводію візуально оцінити не тільки утворені форми штабелів, а й їх взаємне розташування та положення у вантажному відсіку.

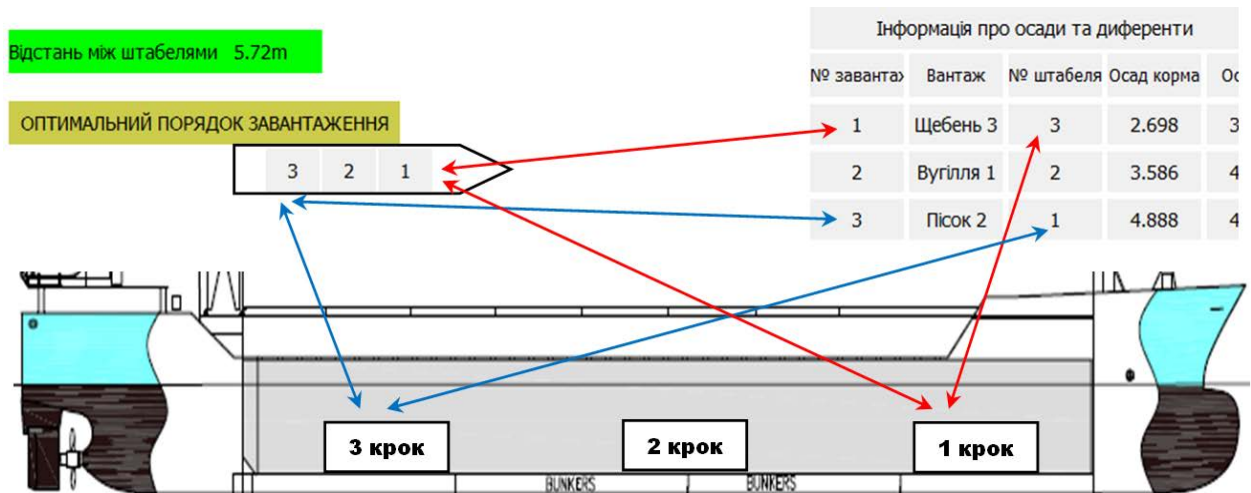


Рисунок 5.8 – Пояснення результатів та елементів таблиці вікна

Активна кнопка – «СТАРТ наближено» передбачає «ручне» прорахування вантажного плану по заданим параметрам. Цей варіант дає можливість користувачеві впливати на результат, оскільки в основу покладено розрахунки не оптимізації, а лише заданого варіанту розміщення штабелів. Це надає можливість порівнювати кінцеві результати розрахунків кожного плану окремо, та самостійно обирати той, що є сприятливим в конкретному випадку. При натисканні кнопки з'явиться два вікна. Вікно «Геометричні характеристики насипів», при першому відображенні, буде мати інформацію щодо вантажу у верхній таблиці. Але перший розрахунок виконується без урахування змін диференту судна при завантаженні. Тому інформація елемента «Відстань між штабелями» має попередній характер (див. рис. 5.9).

Інформаційний елемент «Оберіть порядок завантаження» надає судноводію вибір плану розрахунку одним з полів: «Вибір вручну» або «Автоматичний вибір».

Геометричні характеристики насипів

ГЕОМЕТРИЯ ШТАБЕЛІВ

Назва	Маса	Лівий край	Основа	Верхня грань	Висота	Висота 2	Відстань ltv до ав	Xcm	Ycm
Вугілля 1	1000	3	15.82	0	6.627	0	11.31	11.04	2.209
Пісок 2	800	24.38	13.10	0	6.776	0	31.26	31.04	2.259
Щебень 3	900	43.05	14.95	0	6.600	2.909	53	51.99	2.325

Відстань між штабелями 5.57м

Оберть порядок завантаження

☐ Вибір вручну ☐ Автоматичний вибір

1 2 3

Обчислити осаді

Рисунок 5.9 – «Геометричні характеристики насипів» для ручного режиму

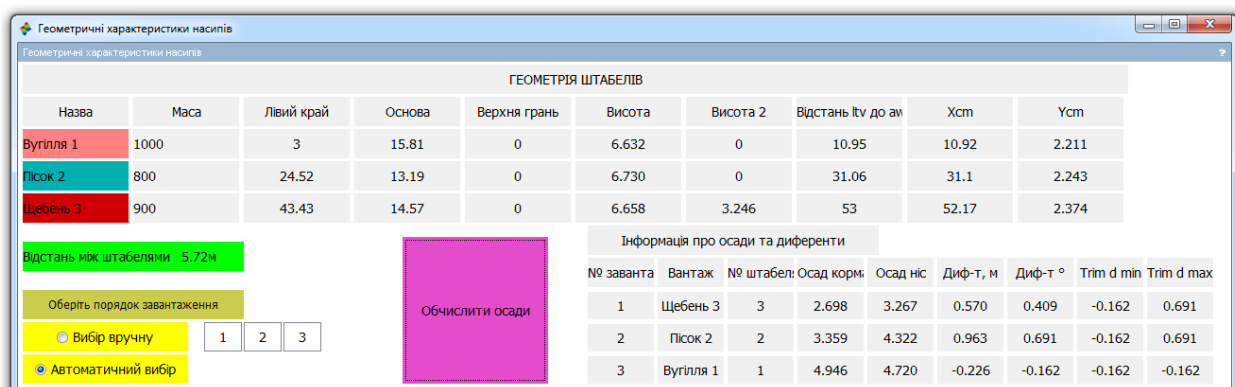
Автоматичний режим враховує порядок, який задано у клітинках вікна «Розміщення вантажів»: виконується оптимізація по порядку завантаження вантажів з метою максимальної відстані між штабелями. Цей режим не виконує оптимізації по геометричному розташуванню штабелів, що важливо пам'ятати судноводієві. Обравши «Автоматичний вибір», натиском активної кнопки «Обчислити осаді», отримаємо результат у формі таблиці.

Для режиму – «Вибір вручну» самостійно встановлюється послідовність кроків завантаження. Для цього, у відповідні клітинки рядка задається цифра, яка є номером штабеля. Після закінчення вибору послідовності кроків завантаження, натиском кнопки «Обчислити осаді» отримаємо результат у формі таблиці.

Для порівняння на рис. 5.10 та 5.11 показана фактична зміна динамічних показників поведінки судна за бажанням судноводія. Якщо жодна з них, наприклад, його не задовольняє, то він продовжує змінювати вхідні данні доки не отримає бажаний результат конфігурацій чи параметрів штабелів вантажів.

Підводячи короткий підсумок підкреслимо, що за рахунок створеної програми на основі математичної моделі, обрана концепція вирішення комплексного питання організації та планування вантажних операцій малотоннажного однотрюмного судна, з урахуванням всіх умов, досить легко

та професійно інтегрується у зручну форму обробки даних та подання матеріалу кінцевих показників.



Геометричні характеристики наслідів

ГЕОМЕТРИЯ ШТАБЕЛІВ

Назва	Маса	Лівий край	Основа	Верхня грань	Висота	Висота 2	Відстань ltv до ав	Xcm	Ycm
Вугілля 1	1000	3	15.81	0	6.632	0	10.95	10.92	2.211
Пісок 2	800	24.52	13.19	0	6.730	0	31.06	31.1	2.243
Щебень 3	900	43.43	14.57	0	6.658	3.246	53	52.17	2.374

Відстань між штабелями 5.72м

Оберіть порядок завантаження

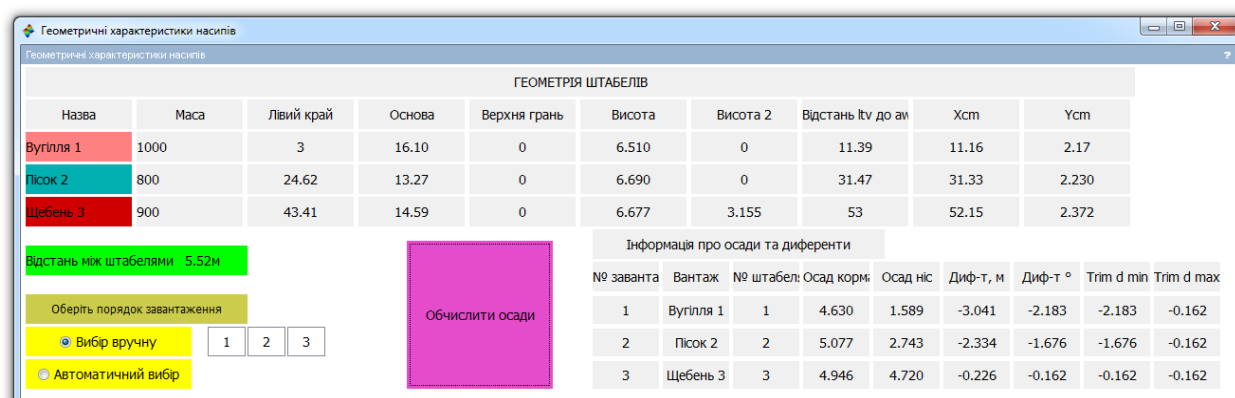
☒ Вибір вручну ☐ Автоматичний вибір

Обчислити осаді

Інформація про осаді та диференти

№ заванта	Вантаж	№ штабелі	Осад корм	Осад ніс	Диф-т, м	Диф-т °	Trim d min	Trim d max
1	Щебень 3	3	2.698	3.267	0.570	0.409	-0.162	0.691
2	Пісок 2	2	3.359	4.322	0.963	0.691	-0.162	0.691
3	Вугілля 1	1	4.946	4.720	-0.226	-0.162	-0.162	-0.162

Рисунок 5.10 – Фінальний вигляд вікна результату «Автоматичний вибір»



Геометричні характеристики наслідів

ГЕОМЕТРИЯ ШТАБЕЛІВ

Назва	Маса	Лівий край	Основа	Верхня грань	Висота	Висота 2	Відстань ltv до ав	Xcm	Ycm
Вугілля 1	1000	3	16.10	0	6.510	0	11.39	11.16	2.17
Пісок 2	800	24.62	13.27	0	6.690	0	31.47	31.33	2.230
Щебень 3	900	43.41	14.59	0	6.677	3.155	53	52.15	2.372

Відстань між штабелями 5.52м

Оберіть порядок завантаження

☒ Вибір вручну ☐ Автоматичний вибір

Обчислити осаді

Інформація про осаді та диференти

№ заванта	Вантаж	№ штабелі	Осад корм	Осад ніс	Диф-т, м	Диф-т °	Trim d min	Trim d max
1	Вугілля 1	1	4.630	1.589	-3.041	-2.183	-2.183	-0.162
2	Пісок 2	2	5.077	2.743	-2.334	-1.676	-1.676	-0.162
3	Щебень 3	3	4.946	4.720	-0.226	-0.162	-0.162	-0.162

Рисунок 5.11 – Фінальний вигляд вікна результату «Вибір вручну»

Алгоритми розрахунків та методика, що створені для вирішення низки питань завантаження суден, відповідають потребам інтенсивності роботи сучасного існуючого флоту, та враховують можливості інформаційних і комп'ютерних систем, що є на борту.

5.2 Визначення конфігурації та параметрів штабелів методом «природної сепарації»

5.2.1 Перевірка можливості вантажного плану судна «Wilson Bilbao» методом «природної сепарації»

У 2013 році автор виконав ряд рейсів на посаді старшого (вантажного) помічника капітана судна т/х «Wilson Bilbao». Інформація щодо характеристик судна була описана раніше у додатку Д. Судно 25.11.2013 р було завантажено двома партіями вугілля в порту Амстердам (Нідерланди) та виконало його перевезення в порт Пітерхед (Велика Британія).

Вугілля – природний, твердий, горючий матеріал, що складається з аморфного вуглецю і вуглеводнів. Він самонагрівається, може створювати в трюмі легкозаймисту атмосферу та знижує концентрацію кисню, викликає корозію металевих конструкцій. Крім цього, він може розріджуватись, якщо фракція має більш ніж 75 % часточок, за розміром, менше ніж 5 мм.

До запобіжних заходів, щодо погодних умов та підчас перевезення, відноситься контроль над показником вмісту вологи у вантажі – Transportable Moisture Limit (TML), що він може переносити. Для цього екіпажу судна необхідно виконувати або контролювати наступні пункти:

- під час рейсу вміст вологи у вантажі повинен бути менше його TML;
- вантажні операції не можуть виконуватись під час опадів;
- під час обробки вантажу, всі неробочі люки вантажних приміщень, в яких знаходиться вантаж або повинен бути завантажений, мають бути закриті;
- вантаж може бути оброблений під час опадів за умови, якщо фактичний вміст вологості вантажу достатньо менший за його TML, настільки, що фактичну вологість не може бути збільшено понад його TML;
- вантаж з трюму може бути розвантажено під час опадів за умови, якщо весь його об'єм буде вивантажено в порту.
- використання CO₂ або інертного газу, якщо він є, можливо для запобігання

появи пожежі.

Для запобігання утворення тріщин у високих відкосах штабелів та можливого самонагрівання вантажу відкоси необхідно згладжувати. Основні фізичні властивості вантажу згідно з IMBC Code: навалочна щільність 654-1266 кг/м³, ПЗО = 0.79 до 1,53 м³/т, кут природного укосу не був вказаний.

Перед завантаженням трюм зачистили і висушили, трюмні колодязі осушили та закрили, щоб запобігти проникненню вантажу всередину.

Завантаження судна проходило за допомогою пересувного екскаватора з грейферним гідравлічним ковшем. Повний цикл завантаження відбувся з 08:45 до 13:30, що склало менш ніж п'ять годин. Цей час враховує і виконання підрахунку фінальної кількості вантажу для кожної фракції окремо.

Застереження, що присутнє у контексті рейсового завдання (див. додаток Ж, рис. 1), натякало на те, що екіпаж повинен використати пересувні трюмні конструкції для реалізації безпечного завантаження.

Згідно рейсового завдання суднова адміністрація для сепарації партій вантажу повинна була використати одну з зернових пересувних переборок. Було розроблено попередній вантажний план, що мав максимально враховувати властивості вантажу та бути можливим до реалізації (див. додаток Ж, рис. 2). Перед початком вантажних операцій, відповідно плану, екіпаж мав встановити трюмну конструкцію оскільки суднова адміністрація не мала можливості пред'явити відповідні розрахунки щодо розташування вантажу окремими штабелями для їх «природної сепарації» та безпеки перевезення. Причиною обмежень розрахункової діяльності на борту була застаріла офіційна вантажна програма, яка була переведена у режим роботи на звичайному ПК за допомогою Microsoft Office Excel.

У додатку Ж, рис. 3 наведено першу сторінку бортової програми де було зроблено попередні розрахунки остійності судна. Вона демонструє обмежені можливості прорахунку обставин використання додаткових пересувних переборок. Крім того, деякі обчислення, в силу дуже складних математичних

калькуляцій таких як розрахунок форми штабелю в наслідок зміни диференту, судноводію виконати майже не можливо.

На момент виконання цього рейсу, автором було запропоновано використати, існуючу на той момент, версію програми «Scilab», щоб протестувати її у реальних умовах експлуатації судна. Для цього була використана вся основна необхідна інформація стосовно вантажу така як: насипна щільність ($1/52 \text{ ft}^3 = 1/1,47 \text{ м}^3/\text{т} = 0,68 \text{ т}/\text{м}^3$) та практичний кут природного укосу вантажу розташованого на причалі, що приблизно дорівнює 40° .

Враховуючи те, що вантаж може зріджуватись та спроможний до самонагрівання, автором було обрано критерій максимального віддалення штабелів не тільки один від одного, але і від будь-яких джерел тепла, тобто від кормової та носової переборок трюму відповідно.

Прийнявши за початкові данні осадки судна носом 1,8 м, а кормою 2,56 м з програмного файлу «DRAFT SURVEY», та обмеження для диференту судна не більше 2 м, запускаємо програму «Scilab» через вікно «Розміщення вантажів в трюмі», що показано на рис. 5.12. Задаємо початкові та відповідні геометричні дані у відповідні стовпчики та інформацію у вантажну таблицю. Обираємо послідовність та положення штабелів так, як було заявлено у попередньому вантажному плані і позначаємо це у клітинках відповідними цифрами.

Обираємо обмеження при завантаженні так, щоб між штабелями та кінцевими переборками трюму була максимально однакова відстань. Тому встановлюємо в обох випадках «Відступ від краю», та починаємо в ручному режимі вводити значення поки не отримаємо бажаний результат. Прорахувавши 5–7 варіантів було отримано результат, який дорівнює 3,35 м. Він з'являється при натисканні кнопки «СТАРТ наближено». Подальше обрана опція «Вибір вручну» була використана при натисканні кнопки «Обчислити осадки». Отриманий результат продемонстровано програмним вікном «Геометричні характеристики насипів», що показано на рис. 5.13.

Розміщення вантажів в трюмі

Розміщення вантажів в трюмі

ГЕОМЕТРІЯ СУДНА		ПОЧАТКОВІ ДАНІ		ВІДОМОСТІ ПРО ВАНТАЖ				
Довжина трюму, м	56.55	Осада корма, м	2.56	Номер вантажу	Маса, тон	Насипна густина, тон/м3	Кут природного відкосу, °	Приріст кута, °
Ширина трюму, м	10.2	Осада, нос, м	1.8	coal 40-100mm	752.295	0.68	40	0
Висота трюму, м	8.13	Обмеження на диф-т, м	2	coal 30-50mm	762.144	0.68	40	0
Відстань AP-трюму, м	15.2	Число насипів	2					
Відстань lmdA-lmdF, м	77.62	Задати кількість штабелів						

2 1

Обмеження при завантаженні

Корма	Кришки трюма	Відступ від края	Впритул	Значення
Ніс	Кришки трюма	Відступ від края	Впритул	3.36

СТАРТ АВТО

СТАРТ наближено

Рисунок 5.12 – Вікно розміщення вантажів для т/х «Wilson Bilbao»

Геометричні характеристики насипів

Геометричні характеристики насипів

ГЕОМЕТРІЯ ШТАБЕЛІВ									
Назва	Маса	Лівий край	Основа	Верхня грань	Висота	Висота 2	Відстань ltv до ам	Xcm	Ycm
coal 30-50mm	762.144	3.36	23.20	3.827	8.13	0	13.04	14.96	3.094
coal 40-100mm	752.295	29.91	23.28	3.402	8.13	0	39.59	41.45	3.056

Відстань між штабелями 3.35м

Оберіть порядок завантаження

Вибір вручну 2 1

Автоматичний вибір

Обчислити осаді

Інформація про осаді та диференти								
№ заванта	Вантаж	№ штабелі	Осад кормі	Осад ніс	Диф-т, м	Диф-т °	Trim d min	Trim d max
1	coal 40-100mm	2	2.019	3.962	1.943	1.434	0.024	1.434
2	coal 30-50mm	1	3.836	3.868	0.032	0.024	0.024	0.024

Рисунок 5.13 – «Геометричні характеристики насипів» судна «Wilson Bilbao»

Отримане чисельне значення, що дорівнює 3,35 м у «Обмеженнях при завантаженні», дало автору змогу раціонально розташувати в трюмі два штабелі, які максимально рівновіддалені один від одного та від країв трюму, як показано червоними позначками на рис 5.14.

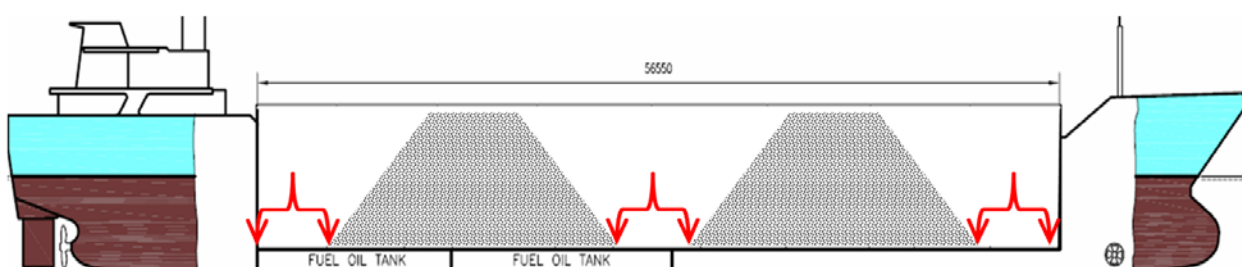


Рисунок 5.14 – Новий фактичний план завантаження судна «Wilson Bilbao»

Судно було завантажено за новим фактичним планом, про що свідчить копія коносаменту у додатку 3, рис. 4, який було отримано за допомогою існуючого на той час розрахункового математичного коду програмного середовища «Scilab». Такий план мав наступні переваги: по-перше, відстані, що більші 3,3 м безпечніші на випадок зсуву будь-якого відкосу (див. додаток Ж, рис. 5); по-друге, вантажі розташовані так, що не мають зони контакту а ні до льяльних колодязів, а ні до кормової переборки трюму (див. додаток Ж, рис. 6); по-третє, екіпаж судна не витрачав час на встановлення додаткової перегородки у порту завантаження.

5.2.2 Практичні розрахунки вантажного плану судна «Wave» за допомогою створеного застосунку середовища «Scilab»

На т/х «Wave» автор, виконуючи обов'язки старшого (вантажного) помічника капітана, виконав рейс з 17 по 19 жовтня 2015 року, порт завантаження Уусікаупункі, (Фінляндія), порт вивантаження Норрчепінг (Швеція). Судно було зафрахтовано для перевезення партії добрива на основі аміачної селітри. Вантаж складався зі змішаної маси порошку та гранульованої суміші зеленого, коричневого або бежевого кольору. Він є гігроскопічним вантажем, власна вологість становила від 0 % до 1 %, та був двох різних марок виробництва. Цей факт став відомий адміністрації судна напередодні початку вантажної операції. Детальна інформація про вантаж наведена в «Cargo information for Solid Bulk Cargoes» (див. додаток И, рис. 1).

Розглянемо цей рейс, як один з типових прикладів практичних проблем завантаження судна на базі його власної суднової вантажної програми.

Слід зазначити, що для цього судна автором було створено програмний файл, який має додаткові параметри: «Укоси довжини» та «Укоси ширини» у першому робочому вікні програми «Розміщення вантажів в трюмі», які судноводій повинен відредагувати у відповідних білих полях, які показані на рис. 5.15. Ці параметри створено для більш детального опису геометричної

форми та відповідних розмірів трюму. Слід відмітити, що додаткові параметри можливо створити для будь-якої форми трюму та у такій необхідній кількості, аби створити повний опис об'єму трюму для конкретного судна.

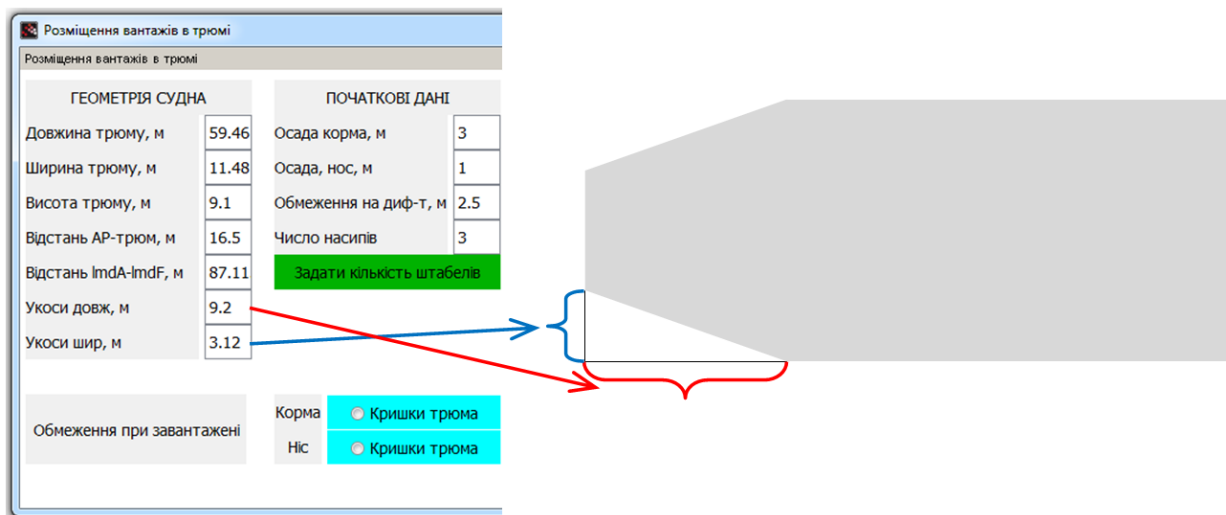


Рисунок 5.15 – Врахування параметрів носових укосів форми трюму

Синім кольором показано смислове значення елемента укосу ширини площини трюму в носовій частині – «Укоси шир, м», а червоним кольором – елементу укосу довжини площини трюму в носовій частині – «Укоси довж, м». Зауважимо, що врахування укосів в нашому випадку виконано за умови, що бортові переборки трюму є перпендикулярними площинами до площини палуби трюму. В інших випадках, де форма трюму більш складна, необхідна зміна частини математичного коду програми, яка описує конфігурацію конкретного трюмного простору.

Загальні геометричні розміри трюму наведено у додатку И, рис. 2. Необхідно відзначити, що судно «Wave» мало 4 зернові панелі, які були розташовані у кормовій частині трюму по двоє, одна над одною. При їх установці утворюються дві рухомі зернові перегородки на всю висоту трюму, розділяючи його, при необхідності, на три об'єми. Дев'ять кришок трюму не відкриваються повністю та не дають можливості повного відкриття люку

оскільки кінцеві позиції кришок №1 та №9 залишаються закритими для складування інших зверху. У разі встановлення зернових перегородок екіпажу необхідно щонайменше 2 години на маніпуляцію з кожною окремою панеллю.

Оскільки вантаж відрізнявся між собою виробничими марками, то мав бути завантажений відокремлено між собою. Зміни умов про вантаж стали відомі адміністрації судна за 12 годин до початку вантажних операцій. Приймаючи до уваги той факт, що вантаж потрібно зберігати сухим та враховувати умови можливості закриття кришок трюму при атмосферних опадах, вантажний план передбачав зберігання адекватного диференту судна протягом всього процесу завантаження, та враховував умови «природної сепарації» двох штабелів у трюмі. Вагомим критерієм стала інформація стивідорів про те, що зміна вантажу для часткового завантаження партій не можлива. Тобто, спочатку має бути завантажена одна партія повністю а потім друга. Зупинити стрічковий конвеєр для тимчасової зміни вантажу не дозволялося.

Рухомий стрічковий конвеєр дозволяв здійснювати, за необхідністю, завантаження у будь-яку точку трюму та надавав можливість формувати таку форму штабелю, яку необхідно згідно вантажного плану судна. Це дозволяло прорахувати необхідну форму та положення штабеля у трюмі за допомогою створеного оновленого програмного файлу середовища «Scilab», що згадувалося раніше.

Оскільки суднова бортова програма «EASEACON» не дозволяла розрахувати вантажний штабель потрібної форми таким чином, щоб забезпечити адекватну умову сепарації вантажу, автору довелося виконати поетапно декілька прорахунків, щоб отримати бажаний результат. Для цього було прораховано стан судна без вантажу з єдиним повним баластним танком форпіком, враховуючи всі запаси, як початкова умова гідростатичних параметрів. Носовий баластний танк необхідний для втримання носових осадок судна у робочому проміжку. Результат такого стану судна

продемонстровано судновою вантажною програмою у додатку И, рис. 3.

Всі необхідні початкові данні та інформацію про фізичні властивості вантажу використано з «Cargo information for Solid Bulk Cargoes» та було внесено до першого робочого вікна програми: «Розміщення вантажів в трюмі».

Автором було максимально враховано всі можливі практичні питання цього рейсу що потенційно можуть виникнути протягом вантажних операцій. Конструктивні особливості судна було враховано при роботі з елементом «Обмеження при завантаженні» де була обрана та встановлена опція «Відступ від краю» для обох кінцевих частин трюму. Такий вибір пояснюється тим, що 3 м є достатньою довжиною від переборок і гарантує обмеження прямого контакту вантажу з кришками льяльних колодязів при перевезенні вантажів під час сильної кільової хитавиці. Після відповідного редагування всіх необхідних даних у «Вікні запланованого розміщення вантажів» були отримали початкові умови, що показано на рис. 5.16.

ГЕОМЕТРИЯ СУДНА		ПОЧАТКОВІ ДАНІ		ВІДОМОСТІ ПРО ВАНТАЖ				
Довжина трюму, м	59.46	Осада корма, м	3.32	Номер вантажу	Маса, тон	Насипна густина, тон/м3	Кут природного відкосу, °	Приріст кута, °
Ширина трюму, м	11.48	Осада, нос, м	0.67	НРК 26-04-03	1643	1	37	0
Висота трюму, м	9.1	Обмеження на диф-т, м	2.5	НРК 08-05-19	1050	1	37	0
Відстань AP-трюму, м	16.5	Число насипів	2					
Відстань lmdA-lmdF, м	87.11	Задати кількість штабелів						
Укоси довж, м	9.2							
Укоси шир, м	3.12	1 2						

Обмеження при завантаженні		Корма				Ніс			
		Кришки трюма	Відступ від края	Впритул	3	Кришки трюма	Відступ від края	Впритул	3

START АВТО START наближено

Рисунок 5.16 – Вікно запланованого розміщення вантажів судна «Wave»

В цьому рейсі було встановлено обмеження на диферент у 2,5 м, який є граничним, але дозволяє рухатися крану для закриття люку на випадок атмосферних опадів. Заповнено відповідну таблицю «Відомості про вантаж» з числом штабелів вантажу – 2 та відповідні дані про кількість вантажу, що

фактично був на складі порту перед початком завантаження.

Баласт було відкачано до початку завантаження, за винятком форпіку. Цей танк залишився повним навіть після завантаження на час морського переходу для диферентування судна, при необхідності, протягом рейсу.

Оскільки дебаластування судна під час завантаження було відсутнє, то, натисканням активного елементу «СТАРТ АВТО» було обрано автоматичний режим розрахунку вантажного плану. Результат автоматичного розрахунку отримано у вигляді кінцевого вікна результатів, де інформація елемента «Відстань між штабелями» дорівнювала 3,13 м і була досить адекватною та безпечною для практичного виконання вантажного плану. На рис. 5.17 продемонстровано кінцеві геометричні характеристики та графічний план розташування вантажів у відповідному масштабуванні.

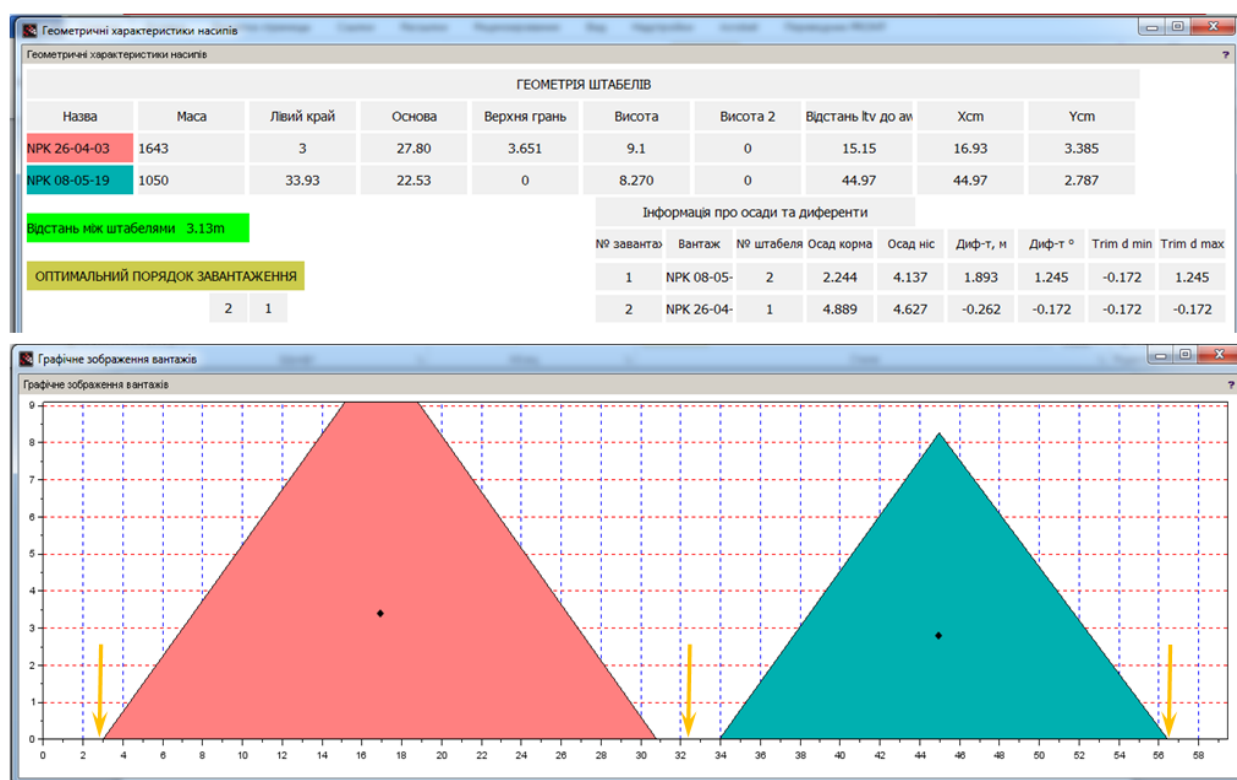


Рисунок 5.17 – Згенерований геометричний та графічний план завантаження

Використавши необхідні отримані геометричні характеристики штабелів автором разом з екіпажем було підготовлено трюм з розміткою положення

основ штабелів на палубі. Краскою жовтого кольору були позначені граничні лінії очікуваного формування штабелів у відповідній для кожного з них зоні (див. додаток И, рис. 4). Ці лінії також продемонстровано жовтими стрілками на рис. 5.17. Стрілка між штабелями показує лінію, нанесену посередині відрізка довжиною у 3,13 м, який було отримано у розрахунках раніше. Це зроблено для того, щоб протягом процесу завантаження контролювати положення штабелю та його наближення до критичної відмітки, яку перетинати не дозволено.

Для перевірки стану судна на офіційній судновій вантажній програмі автором було перенесено параметри, отримані в середовищі «Scilab», до бортового програмного забезпечення. Для цього була використана опція штучно-тарного вантажу та створено два штабелі у вигляді прямокутних паралелепіпедів, з відповідними розмірами довжини основи, висоти та ширини, що максимально наближено передає геометричні параметри з програмного файлу «Scilab» до суднової вантажної програми (див. додаток И, рис. 5). При цьому, безпосередньо фінальні результати що були отримані за допомогою «Scilab» наступні: кормова осадка – 4,89 м, носова – 4,63 м. Тобто, різниця показників між бортовою програмою та програмою «Scilab», є незначною, та повністю влаштовували адміністрації судна та порту завантаження, а план був прийнятий для виконання обома сторонами. (див. додаток И, рис. 6).

Завантаження судна було успішно завершено та отримано відповідний документ (див. додатку И, рис. 7). Автором, було помічено незначне відхилення фактичної форми штабелів вантажу від теоретично розрахованих. Це пов'язано з можливою точністю роботи вантажного терміналу та людського фактора пов'язаного з оператором портового обладнання. Але ці відхилення не призвели до суттєвих змін положення корпусу та остійності судна. Крім того, як і передбачалось, відкоси штабелів мали середню відстань між собою 2,9 м, а з інших кінцевих боків біля 3 м.

5.2.3 Визначення фактичних параметрів штабелів згідно з рейсовим завданням судна «Elena»

На т/х «Elena» автор, виконуючи обов'язки старшого (вантажного) помічника капітана, з 03 по 05 листопада 2016 року здійснив рейс з порту завантаження Ле-Трепорт (Франція) в порт вивантаження Гамбург (Німеччина). Судно було зафрахтовано для перевезення трьома партіями кварцового піску «Granusil», що містить високу концентрацію діоксиду кремнію. Вантаж відрізнявся між собою фракціями, тому мав бути відокремлений між собою, але запланований до перевезення в одному трюмі одночасно. Рейсове завдання вимагало від судноводія вирішення питання розрахунку маси та об'ємів штабелів вантажів для їх «природної сепарації» під час завантаження (див. додатку К, рис. 1).

Генеральний план судна та його основні характеристики представлено у додатку К, рис. 2а та 2б. Судно є універсальним та має 12 твіндекних панелей, які розташовані у кормовій частині трюму (див. додаток К, рис. 3). Додатковим важливим моментом є те, що кришки трюму не відкриваються повністю і не дають повний просвіт люку трюму. Для відкриття трюму, вони зсуваються у кормову та носову паркінгові позиції.

Якщо розглядати загальні властивості вантажу, то кварцовий пісок – це суміш, що отримується після дроблення кварцу, величина його зерен може варіюватися від 0,05 мм до 3 мм. Він є безпечним та не потребує спеціальних умов при виконанні вантажних операцій. Основні фізичні властивості, згідно заяв офіційних портових осіб були: середній кут природного укосу 40° для всіх партій, а насипна щільність, у середньому, приймалася $1,55 \text{ т/м}^3$ для всіх фракцій. Автором було зроблено серію фотознімків стану вантажу (див. додаток К, рис. 4).

Завантаження здійснювалось мобільним малогабаритним гідравлічним екскаватором з грейферним гідравлічним ковшем (див. додаток К, рис. 5). Оператор повинен був завантажувати окремі фракції у відповідні точки

трюму для формування кінцевого штабелю (див. додаток К, рис. 6).

Загальна кількість вантажу, що було завантажено на борт за умов чартеру склала 3004 т, що наведено у копії коносаменту додатку К, рис. 7. Слід відзначити, що досить складні умови завантаження були реалізовані портовою технікою менш ніж за 7 годин. Таке швидке завантаження судна, при складних умовах виконання плану, створюють емоційну напругу не тільки для помічників капітана, але і для всього екіпажу.

Для виконання вимог чартеру було розроблено вантажний план який реалізовано за допомогою методу «природної сепарації». Вантажна програма, яка була на борту судна не дозволяла враховувати конфігурацію штабеля таким чином, як це було необхідно здійснювати на практиці. Тому автором було запропоновано варіант, який спочатку розраховує судно без маси баласту на борту за допомогою суднової програми. Це необхідно для отримання осадок і, як наслідок, диференту.

Після чого, отримані осадки та диферент було використано, як початкові дані, для файлу програми «Scilab», що був створений для вирішення питання завантаження одотрюмного судна методом «природної сепарації». Кінцевий графічний розрахунок цієї програми, який дає конфігурацію штабелів у просторі вантажного приміщення у масштабі, показує всі необхідні параметри, які використовували як інформацію попереднього вантажного плану.

Останнім кроком, після цього, була перевірка на офіційній судновій програмі стану судна на основі використання показників, що було згенеровано попередньо спеціальним файлом «Scilab», для отримання офіційних фактичних показників остійності та міцності корпусу судна для виконання рейсу.

Отже, стан судна без баласту має початковий диферент майже 5 м на корму, що значно більший, ніж з частковим баластом. Це дає змогу вважати себе ближче до небезпеки, оскільки при такому нахилі палуби відкоси вантажу зсуваються активніше. Початкові осадки при цьому становлять

-0,33 м для носа та 4,55 м для корми (див. додаток К, рис. 8).

Відповідну інформацію стосовно положення корпусу судна разом з інформацією про вантаж було використано у програмному середовищі «Scilab», яка була описана у пункті 5.1. При цьому необхідно було також врахувати геометричні обмеження стосовно особливостей трюму судна. Оскільки твіндечні панелі знаходились у кормі, а кришки трюму під час завантаження не можна було рухати, було використано елемент «Обмеження при завантаженні» де були встановлені відповідні опції. Для кормової частини вона становить 5 м, оскільки розмір довжини максимальної виступаючої частини штабелю панелей дорівнює 4,65 м. Для носової частини лімітом простору були кришки трюму, які знаходились відкриті у паркінгу і займали простір люку на 4,5 м. від носа. Але якщо кришка перебуває у закритій позиції, то вона займає простір по довжині трюму у 6м, тому це буде виступати більш жорсткою умовою для носової частини.

У вікні «Розміщення вантажів в трюмі» задаємо дані судна в стовпчику «Геометрія судна» і умови завантаження в стовпчику «Початкові данні». Оскільки даний вантаж не боїться вологи, то не накладаємо жорстке обмеження на диферент протягом завантаження (тому у відповідній клітинці поставили недосяжне значення «5» підчас завантаження). Задаємо число штабелів вантажу – «3» та дані по вантажу в таблицю «Відомості про вантаж». Таким чином вся введена до нашої програми інформація представлена на рис. 5.18.

Тепер обираємо обмеження при завантаженні. Штабель в кормовій частин будемо вимагати розмістити так, щоб він не досягав складованих там твіндеків – «Відступ від краю» дорівнює 5 м. Штабель в носовій частині розміщаємо за умови завантаження без зайвого перекладення кришок трюму, тому – «Кришки трюму» дорівнює 6 м.

Для того, щоб частково урахувати відкачку залишків баласту протягом завантаження, за ініціативою капітана, було прийняте рішення для використання ручного режиму розрахунку, оскільки він дав змогу

максимально ефективно зачистити баласт протягом завантаження, коли судно має достатній диферент для роботи інжектором, але в межах допустимого. Зауважимо, що зміна параметрів запасів судна програмним середовищем не враховується. Натискаємо на активний елемент «СТАРТ наближено», де розташування штабелів у трюмі було попередньо задано вже у початковому вікні. В результаті такого розрахунку у проміжному вікні в інформаційному елементі «Відстань між штабелями», отримаємо значення 1,11 м, що має попередній характер.

ГЕОМЕТРІЯ СУДНА		ПОЧАТКОВІ ДАНІ		ВІДОМОСТІ ПРО ВАНТАЖ				
Довжина трюму, м	58	Осада корма, м	4.55	Номер вантажу	Маса, тон	Насипна густина, тон/м3	Кут природного відкосу, °	Приріст кута, °
Ширина трюму, м	10.6	Осада, нос, м	-0.33	grade 0/8mm	1640.52	1.55	40	0
Висота трюму, м	8.4	Обмеження на диф-т, м	5	grade 2/5mm	556	1.55	40	0
Відстань AP-трюм, м	16.5	Число насипів	3	grade 5/8mm	807.96	1.55	40	0
Відстань AP-FP, м	83.77	Задати кількість штабелів						
Відстань AP-lmdA, м	2							
Відстань FP-lmdF, м	2							
Обмеження при завантаженні		Корма	☒ Кришки трюма ☒ Відступ від края ☒ Впритул	5	СТАРТ АВТО СТАРТ наближено			
		Ніс	☒ Кришки трюма ☒ Відступ від края ☒ Впритул	6				

Рисунок 5.18 – Вікно розміщення вантажів для судна «Elena»

Враховуючи вищесказане та можливості наступного кроку, автором обрано режим «Автоматичний вибір» саме для цього випадку, оскільки буде враховано порядок, що задано у клітинках початкового вікна «Розміщення вантажів» раніше, для виконання оптимізації по порядку завантаження вантажів з метою максимальної відстані між штабелями. Обчислюємо осадки за допомогою відомої нам кнопки, після чого отримуємо план завантаження з реальною візуальною конфігурацією штабелів у вантажному трюмі та низку важливих показників, які зможемо перенести до офіційної суднової програми для розрахунку фактичних параметрів остійності судна, враховуючи динамічні зміни запасів. В наступних двох вікнах наведено згенерований розрахунковий покроковий план завантаження в числовому (рис. 5.19) та графічному (рис. 5.20) видах.

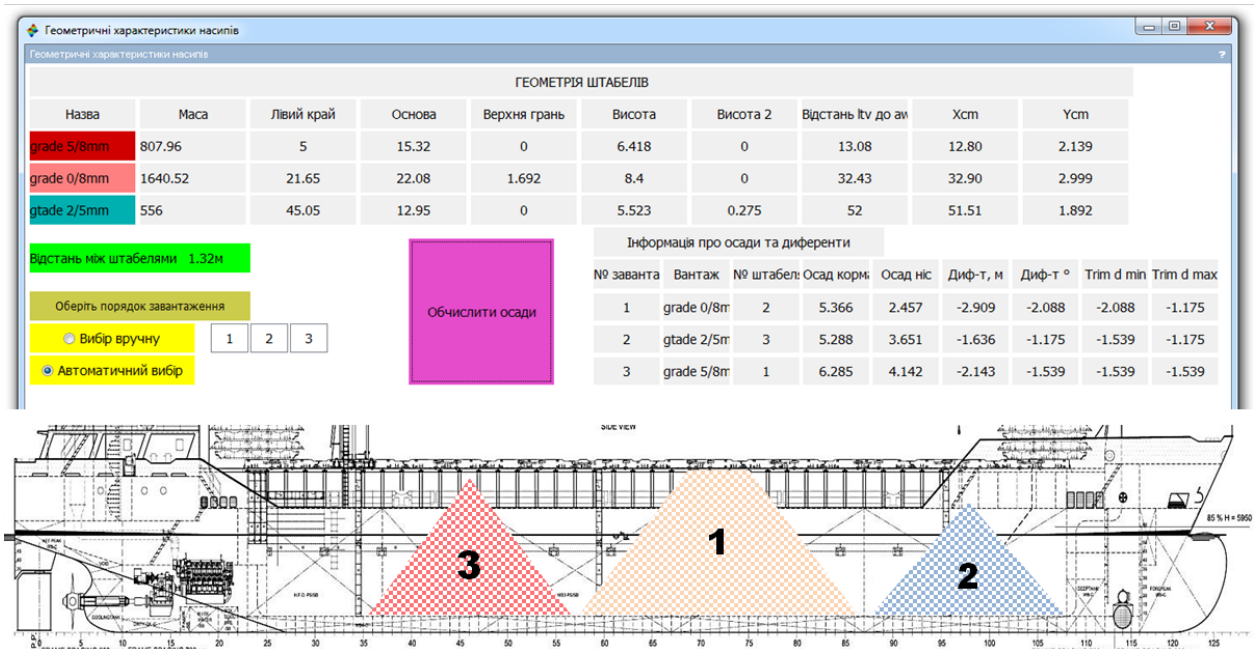


Рисунок 5.19 – Числовий вантажний план з поясненнями

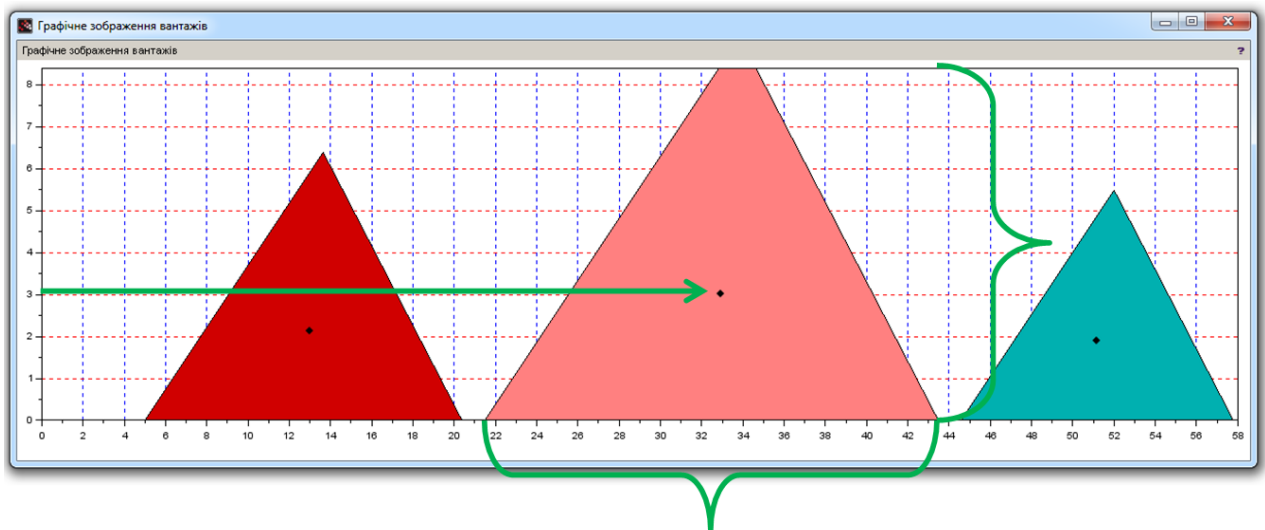


Рисунок 5.20 – Графічний вантажний план з поясненням параметрів

У вікні «Геометричні характеристики насипів» по-перше помічаємо, що завантаження трьома окремими штабелями можливе: відстань між штабелями становить 1,32 м, що достатньо з урахуванням можливих похибок. Це видно з верхнього фото у додатку І на рис. 9, яке показує положенням першого та другого штабелів з червоними позначками. Також

наведені розміри кожного з штабелів, та порядок їх завантаження. Спочатку формуємо штабель вантажу 0/8 мм в середній частині трюму, цей штабель має форму трикутника зі зрізаною вершиною, точка завантаження розташована на відстані 32,43 м від кормової переборки, висота штабеля в точці завантаження є висотою трюму 8,4 м. Наступним формуємо штабель вантажу 2/5 мм, трикутної форми, точка завантаження розташована на відстані 52 м від кормової переборки. Останнім формуємо штабель вантажу 5/8 мм в кормовій частині, також трикутної форми, зона завантаження знаходиться у відмітці 13,08 м від кормової переборки і має протяжність основи 15,32 м. Один з проміжних етапів вантажних операцій продемонстровано на нижньому фото у додатку К, рис. 9.

Завершальним кроком є внесення отриманих параметрів, керуючись візуальною конфігурацією штабелів з сформованими відкосами, до офіційної суднової програми, де модулі вантажів створено за довжиною основ, а висоти за отриманими висотами штабелів, як вказують зелені позначки на рис. 5.20. Діалогові вікна офіційної бортової програми з введеними параметрами показано на рис. 5.21.

Рисунок 5.21 – Вікно для вводу інформації стосовно генеральних вантажів

Позиціонування штабелів в трюмі відбувається за відліком їх координат положення центру ваги від кормової переборки, враховуючи систему відліку шпангоутів та шпаций. Такий результат продемонстровано на верхній частині у додатку К, рис. 10, де показано стан судна у бортовій програмі з введеними показниками попередніх розрахунків у середовищі «Scilab». А побудований з цими показниками офіційний план у масштабі судна за допомогою бортової вантажної програми, показано наступним у нижній частині додатку К, рис 10.

Кінцевий результат розрахунків всіх основних параметрів судна, після закінчення процесу завантаження, разом з показниками остійності був схвалений судновою адміністрацією і відповідав всім чартерним та погодним умовам, що дало змогу забезпечити безпеку мореплавання та виконати рейсове завдання. Це показано у фінальному інформаційному вікні офіційної суднової програми, що наведено у додатку К, рис. 11.

5.3 Практика формування корисної моделі

Недоліками існуючих сьогодні способів розміщення навалочних вантажів є зниження продуктивності вантажних робіт, висока вартість у використанні додаткових пристроїв, таких як: рухомі переборки, твіндеки та панелі. Тому доцільне економічне обґрунтування автором теоретичного та практичного використання методу «природної сепарації» створює умови для формування «корисної моделі» щодо розміщення та контролю навалочних вантажів в трюмі судна.

При перевезенні навалочних або насипних вантажів малотоннажними суднами, які мають тільки один трюм, досить часто мають місце випадки, коли за умовами чартеру, необхідно одночасно завантажити і розмістити в одному трюмі окремими штабелями декілька видів або фракцій навалочних вантажів з дотриманням умови запобігання їх перемішування під час перевезення. При цьому великі початкові диференти малотоннажних суден можуть створювати відчутну поправку із-за масштабного зсипання частини

штабелю. При завантаженні вантажу в умовну точку, штабель засипатиметься нерівномірно. Але знаючи розрахунковий диферент можна скорегувати вантажний план в процесі завантаження.

Тому в основу корисної моделі автор запропонував поставити задачу створити спосіб завантаження навалювальних вантажів до трюму судна шляхом виконання їх розміщування з використанням метода «природної сепарації». Така задача вирішується тим, що штабелі вантажу розміщують у трюмі так, щоб сума довжин підніжжя усіх штабелів складала величину меншу за довжину трюму. Відстань між запланованими точками завантаження від носової або кормової переборки трюму розраховують за допомогою системи визначення розмірів штабелів.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі і технічним результатом, що досягається, полягає у наступному.

Розміщення штабелів у визначені планові точки трюму відбувається так, щоб вантаж зсипався в напрямку корми та носа судна однаково від планової точки завантаження та забезпечив стійкість штабелів вантажу та можливість одночасного перевезення декількох видів або фракцій навалочних вантажів.

Вибір визначеної відстані між плановими точками завантаження відповідно до поправки по зміщенню вантажу відносно диференту судна забезпечує використати метод «природної сепарації» вантажів і, як наслідок, збільшення економічної вигоди перевізника.

Виконання умови коли сума довжин підніжжя усіх штабелів складає величину меншу за довжину трюму забезпечує розділення окремих штабелів та запобігає їх змішуванню.

Спосіб розміщування навалочних вантажів в трюмі судна згідно запропонованої корисної моделі здійснюють наступним чином. Вантажі різного виду або різних фракцій розміщують в трюмі одотрюмного малотоннажного судна штабелями, кожний з яких має відповідну форму та габарити в залежності від місця його розміщення по довжині трюму та координати його центру маси. Штабелі вантажу, не менше двох, розміщують

у визначені планові точки завантаження трюму, визначені за допомогою системи визначення розмірів штабелів (рис. 5.22).

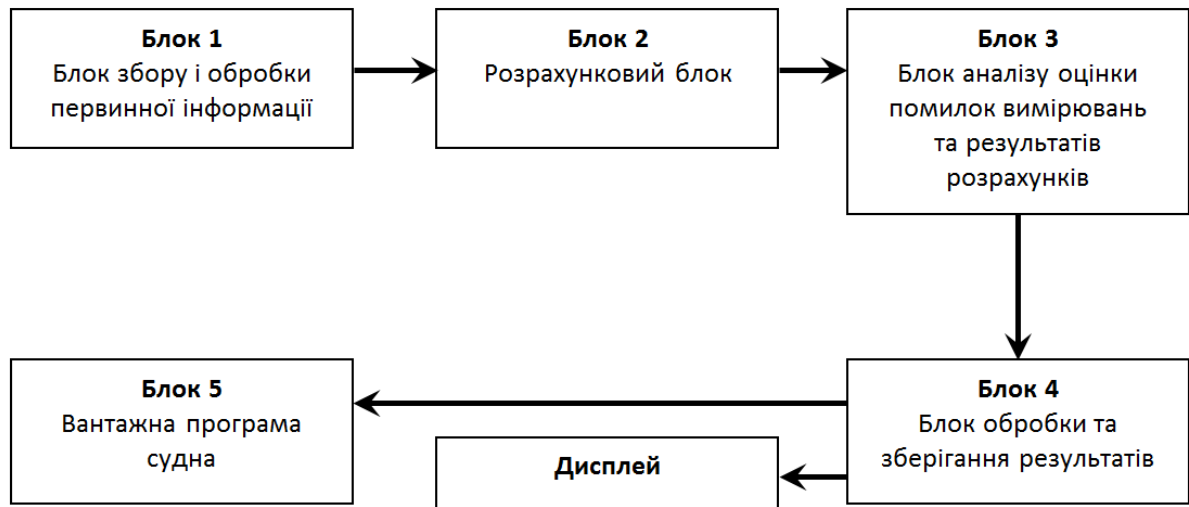


Рисунок 5.22 – Блок-схема системи визначення розмірів штабелів

Вантаж засипають в напрямку корми та носа судна однаково від планової точки завантаження, потім засипають вантаж в центральну частину трюму. При цьому штабелі розміщують на відстані один від одного з урахуванням поправки на зміщення вантажу, а саме додаткової частини довжини палуби, яка засипається вантажем штабеля при нахилі палуби на відміну від горизонтального положення поверхні палуби. Для кожного з вантажів розраховується форма та габарити штабеля при різних варіантах їх розміщення: ніс, довільна (центр), корма.

Якщо є декілька допустимих способів розміщення штабелів, то вибирається оптимальний, у якому сума довжини підніжжя приймає мінімальне значення. Після цього визначається відстань між основами штабелів, розміри та координати центра маси кожного штабеля. Якщо умова не виконується для розглянутих способів розміщення вантажів, то це підтверджує, що розміщення такого набору вантажів неможливо здійснити в трюмі судна і необхідно зменшити масу одного з намічених до перевезення вантажів.

Для штабелів у носовій і кормовій частині трюму завантаження починають від крайніх точок трюму (від кормової або носової переборки) до його середини (рис. 5.23). Закінчення завантаження кожного окремого штабелю вантажу визначають по кількості його завантаженої маси, а не по формі штабелю в трюмі. Простір, що залишився, по довжині підосви насипу, і є поправкою по зміщенню вантажу відносно кутів нахилу палуби трюму.

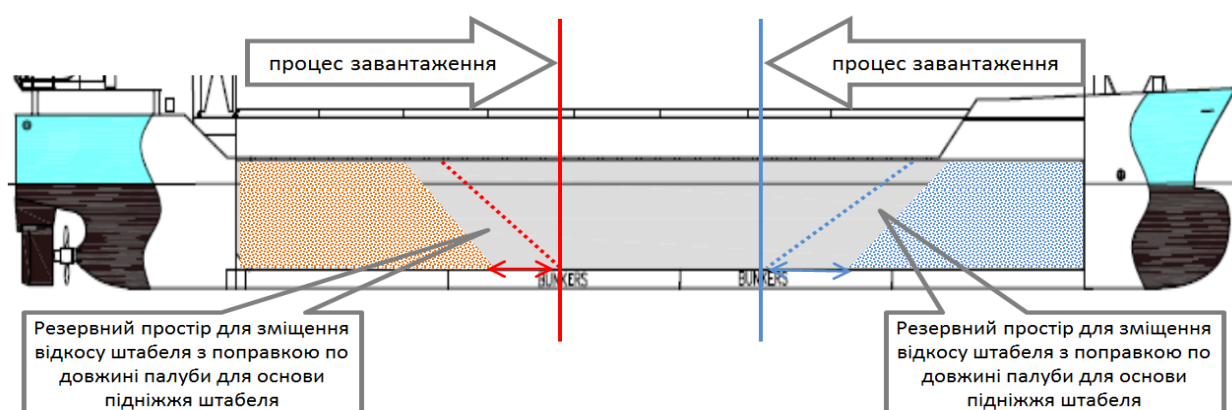


Рисунок 5.23 – Схема способу утворення поправки кінцевих форм штабелів

Завантаження центральної частини трюму проводять з відступом на величину поправки з носової та кормової частини трюму, потім починають завантаження середнього штабелю на довжину палуби, що залишилась, рухаючись рівномірно від цента відрізка до його країв (рис. 5.24).

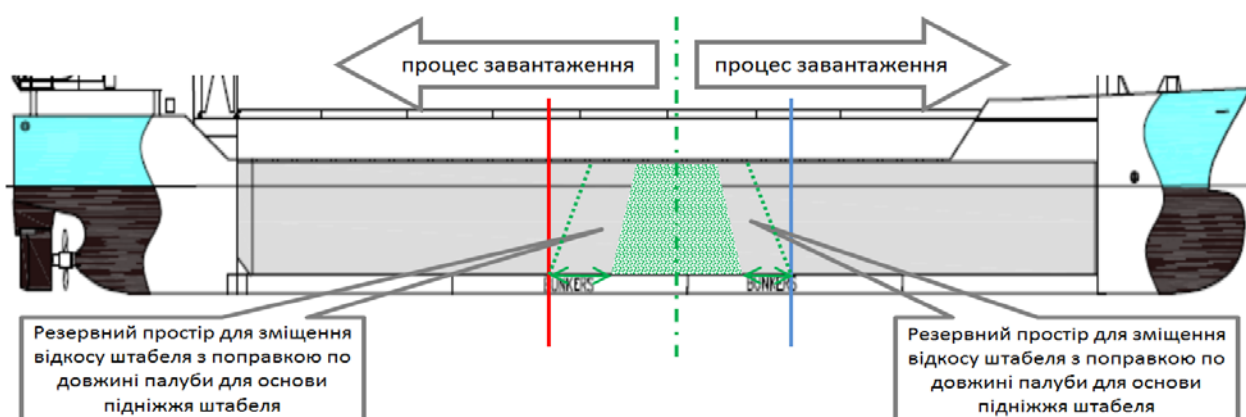


Рисунок 5.24 – Схема способу утворення поправки довільної форми штабеля

При необхідності завантаження більше ніж трьох штабелів у трюм, для кожної підосви насипу штабелю необхідно вимірювати відступи, щоб врахувати поправки по зміщенню вантажу з носа і корми, а на відрізок палуби, що залишиться, завантажувати вантаж з його середини рівномірно заповнюючи об'єм трюму у носовому і кормовому напрямку.

Запропонована автором корисна модель стосується морських вантажних суден і способів попередження зміщення навалочних вантажів в трюмі судна. Вона забезпечує можливість контролю завантаження різних типів вантажів в одному трюмі без їх змішування та без використання додаткових суднових конструкцій, і розширює фрахтову діяльність для малотоннажних однострумних суден, підвищує економічну вигоду для перевізника за рахунок зниження вартості перевезень при безпечній експлуатації судна.

Введений метод «природної сепарації» економічно виправдовує свою доцільність при композитних завантаженнях судна щоб вибрати корисну водотоннажність.

Зміст пункту 5.3 було запатентовано та наведено у відповідних літературних джерелах [109, 110].

Висновки до розділу 5

Підсумовуючи викладені у цьому розділі результати дослідження можна зазначити, що вдалося вирішити низку наступних питань які вкрай важливі для експлуатації малотоннажних суден при перевезенні навалочних вантажів, а саме:

1. Обґрунтована можливість не використовувати додаткові пересувні конструкції в трюмі судна.
2. Проаналізувати виконані рейси, які показали, що найбільш виправданим є використання програмного додатку при перевезенні двох або більше вантажів в одному трюмі, не приймаючи до уваги його конфігурацію. Цей додаток може бути пристосований для будь-якого судна, як додаткове програмне забезпечення, або бути інтегрований з бортовими програмами.
3. Підтвердити можливість одночасного формування форми декількох штабелів в залежності від динамічної зміни диференту корпусу суден під час їх завантаження.
4. Створити можливість прорахунку та отримати необхідні базові параметри кожного окремого штабелю у трюмі, використовуючи стандартну початкову інформацію про фізичні властивості вантажів.
5. Впровадити процес оптимізації проведення завантаження судна та врахувати його конструктивні обмеження при перевезенні навалочних вантажів.
6. Створити алгоритм автоматичного розрахунку розташування штабелів декількох навалочних вантажів за методом «природної сепарації».
7. Впровадити автоматичний розрахунок графічного відображення вантажного плану з урахуванням всіх початкових даних і підвищити ефективність виконання процесу завантаження судна та розрахунку морехідних якостей і забезпечення безпеки мореплавання.
8. Здійснити верифікацію запропонованої математичної моделі методу «природної сепарації» при виконанні фактичних рейсів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі міститься теоретичне дослідження та нове рішення науково-практичної задачі удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними і насипними вантажами, забезпечення морехідної безпеки судна.

Питання вдосконалення методів оптимізації завантаження та визначення основних параметрів штабелів навалочних або насипних вантажів в трюмі стають все більш актуальними, особливо при зростанні норм вантажних робіт для малотоннажних суден, які можуть бути повністю завантажені за декілька годин.

В результаті досліджень розроблено математичні моделі і розрахункові схеми технологічних процесів завантаження малотоннажних одотрюмних суден навалочними і насипними вантажами. Моделі адаптовані до інженерних розрахунків та базуються на наступних основних результатах дослідження:

1. Виконано системне вивчення і дослідження процесів формування штабелю навалочного або насипного вантажу у трюмі під час завантаження, в залежності від кута природного укусу і його вплив на подальшу реалізацію вантажного плану судна та забезпечення остійності і безпеки мореплавання.

2. Виконано аналіз програмних можливостей існуючих судових бортових вантажних програм, який показав, що найбільш придатними вони є для штучно-тарних вантажів. Також було виявлено, що повноцінні розрахунки навалочних вантажів з різною формою штабелю виконати неможливо. Тому, вперше запропоновано метод «природної сепарації» та одночасного перевезення на судні навалочних вантажів з запобіганням їх змішування.

3. Для запропонованого методу було розроблено алгоритм та математичну модель розрахунків форми та положення штабелів навалочного вантажу в трюмі судна. Модель адаптована до інженерних розрахунків і

базується на фактах встановлених при виконанні натурних спостережень при завантаженні коастерних малотоннажних суден «WILSON BILBAO», «WAVE» та «ELENA» одночасно різними партіями навалочних вантажів при різних портових умовах.

4. Розроблено метод розрахунку завантаження малотоннажного судна, визначення складної геометричної фігури штабелів декількох навалочних вантажів в одному трюмі та подальший розрахунок координат їх центра ваги і зміни форми вантажу на будь якому етапі завантаження та фактичному диференті судна, дозволяє оперативно прогнозувати можливі виникнення ризику змішання різних вантажів.

5. Встановлено, що програмний застосунок може бути використаний для будь-якого судна, як додаткове програмне забезпечення, або бути інтегрованим з бортовими програмами для полегшення планування вантажних операцій.

6. Верифікація розробленої математичної моделі методу «природної сепарації» була підтверджена в реальних рейсах на борту суден «WILSON BILBAO», «WAVE» та «ELENA».

7. Розроблено та запатентовано «спосіб розміщення» та «спосіб контролю розміщення» навалочних вантажів в трюмі судна, який включає розрахунок розподілення мас різних вантажів відповідно до поправки по зміщенню вантажу відносно диференту судна.

8. Дослідження, які були проведенні в рейсових умовах та в портах при виконанні вантажних операцій, підтвердили достовірність і високу ефективність наукових результатів та заходів спрямованих на удосконалення методів завантаження малотоннажних коастерних суден навалочними та насипними вантажами.

Дисертаційна праця використана у виробничій діяльності судноплавних компаній та на малотоннажних судах, а також впроваджена в науково-дослідних роботах, які виконуються в НУ«ОМА» та в навчальному процесі курсантів. Таким чином, результати дисертаційної роботи у вигляді

розроблених математичних моделей і розрахункових схем технологічних процесів, на основі запропонованого методу «природної сепарації», дають змогу забезпечити максимальне використання вантажомісткості малотоннажних суден при перевезенні декількох вантажних партій та підвищити рівень безпеки перевезення вантажів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ukrainian Ports. 2007-2008 (Все о портах Украины. 2007-2008): под ред. К. Ильницкого. Одесса: Порты Украины, 2007. 666 с.
2. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974р. (SOLAS -74), Консолідований текст, ІМО 2002. 310 с.
3. Топалов В. П., Торский В. Г., Березовский П. Е. Обеспечение безопасной эксплуатации балкеров : практическое пособие. Одесса: Изд. Астропринт – 2001. 296 с.
4. Клименко Є. М. Удосконалення методів контролю завантаження балкарів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 2015. Одеса, 2015. 20 с.
5. Кубишкін С. В. Удосконалення технології і умов перевезення навалочних вантажів транспортними суднами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 2009. Одеса, 2009. 20 с.
6. Барановский М. Е. Безопасность морской перевозки навалочных грузов. Москва : Транспорт, 1985. 189 с.
7. Коробцов В. И. Морская перевозка насыпных грузов. Москва : Транспорт, 1977. 187 с.
8. Бронштейн Н. И. Об остойчивости судов, перевозящих зерно : «Морской флот», 1961. № 2, С. 8–10.
9. Быков Б. М. Равновесие и смещение сыпучего груза при регулярной качке судна. Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. Л., «Морской транспорт», 1963. С. 176–180.
10. Быков Б. М. Обзор случаев гибели судов, перевозящих сыпучие грузы. Теоретические и практические вопросы остойчивости и непотопляемости морских судов. Л., «Морской транспорт», 1963. С. 202–212.
11. Быков В. М. О перевозке сыпучих грузов, «Морской флот», 1964 №4. С. 176-180.

12. Павленко Л. В., Козырь Л. А. Особенности эксплуатации балкеров : Латстар, Одесса, 2002. 78 с.
13. Кацман Ф. М., Дорогостайский Д. В., Конов А. В., Коваленко Б. П. Теория и устройство судов : Судостроение, – Л., 1991. 416 с.
14. Мельник В. Н. Эксплуатационные расчёты мореходных характеристик судна. Москва: Транспорт, 1990. 142 с.
15. Сизов В. Г. Теория корабля. Одесса: Феникс, 2003. 282 с.
16. Сизов В. Г. Об остойчивости судов, перевозящих сыпучие грузы. «Судостроение», 1958, №6. С. 7–9.
17. Бекенский Б. В. Расчеты мореходных качеств судна. Морской транспорт, – Л., 1959. 220 с.
18. Фрид Е. Г. Устройство судна: учебник. – 5-е изд., стереотип: – Л.: Судостроение, 1989. 344 с.
19. Холоша В. И. Проектирование и эксплуатация сухогрузных судов. Судостроение, – Л, 1984. 216 с.
20. Розе Г. Остойчивость и дифферент морских судов. Судпромгиз, – Л, 1957. 316 с.
21. Герасимов А. В., Пастухов А. И., Соколов В. И. Основы теории корабля : Военное изд-во министерства обороны СССР –М., 1958. 382 с.
22. Магула В. Э., Друзь Б. И., Кулагин В. Д. Теория и устройство судов : Морской транспорт, М., 1963. 496 с.
23. Благовещенский С. Н., Холодилин А. Н. Справочник по статике и динамике корабля. Т.1. –Л.: Судостроение, 1975. 333с.
24. Коротков Б. П., Модников В. П., Терехович Э. Ю. Динамическая система контроля и обеспечения безопасности судов в штормовом море : С.Петербург : Судостроени - №7. 1996. С.4–10.
25. Бондарь В. М. О модели поведения одной разновидности подвижного груза при качке судна. Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. № 5 – Одесса: ИздатИнформ, 2000 – С. 36–53.

26. Восковщук Н. И., Князев В. В. Определение остойчивости судна при больших наклонениях в начальной стадии проектирования : Тр. Дальневост. гос. техн. ун-та., №113. – 1994 – С. 28–32.

27. Крыжевич Г. Б. Особенности обеспечения безопасности и ресурса конструкций СДПП, имеющих эксплуатационные ограничения по интенсивности волнения : Тр. ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова., № 3. – 1996 – С. 53–59.

28. Регістр Судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден : у 5 т. Том 2. Київ : Регістр судноплавства України, 2006, 344 с.

29. Ногид Л. М. Проектирование формы судна и построение теоретического чертежа : Судпромгиз, 1962. 244 с.

30. Павленко Г. Е. О рациональном распределении нагрузки судна с точки зрения общей прочности : «Судостроение», №6. 1957. С 9 –14.

31. Дормидонтов Н. К., Анфимов В. Н., Малый П. А., Пахомов Б. А., Шмуйлов Н. Л. Проектирование судов внутреннего плавания : Изд. Судостроение – Л., 1974. 335 с.

32. Бойцов Г. В. Статистический анализ волновых изгибающих моментов и напряженности корпусов судов : Труды НТО судпрома., вып. 99, – Л., 1967 – С. 48–58.

33. Бойцов Г. В. Необходимое обновление системы требований к прочности судов внутреннего и ограниченного морского плавания : Труды ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, вып. 41 (325). СПб, 2007 – С. 32–47.

34. Бойцов Г. В. Метод расчета напряжений и деформаций при скручивании широко раскрытых судов : Тр. ЦНИИ им акад. А. Н. Крылова. - №3., 1996. – С. 24–27.

35. Егоров Г. В. Развитие требований к средствам контроля загрузки морских и смешанного плавания судов : Автоматизация судовых технических средств : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 5 – Одесса: ИздатИнформ, 2000 – С. 36–53.

36. Егоров Г. В. Изгиб сильно поврежденного корпуса судна : Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 2 – Одесса: ИздатИнформ, 2000 – С.50–62.

37. Егоров Г. В. Нормативные требования к конструкции корпусов судов, предназначенных для перевозки опасных грузов по европейским внутренним водным путям : Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 5 – Одесса: ИздатИнформ, 2000 – С.34–44.

38. Егоров Е. Г. Учет гибкости корпуса при расчетах посадки и элементов изгиба судна : Автоматизация судовых технических средств : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 9 – Одесса: ИздатИнформ, 2004 – С. 37–45.

39. Егоров Г. В., Тонюк В. И. Обоснование параметров однотрюмного сухогрузного судна длиной около 85 м с высокой ледовой категорией и максимально возможным дедвейтом : Вісник ОНМУ, Вип. 2 (38) – Одеса: ОНМУ, 2013 – С. 5–19.

40. Бойцов Г. В. Новые принципы нормирования прочности судов на волнении : Судостроение (Санкт-Петербург). - №4. 2003 – С. 9–10.

41. Головешкин Ю. В. Третья проблема строительной механики корабля (нормирование прочности) : Судостроение – С-Пб., 1999. 153 с.

42. Барабанов Н. В., Беловицкий Е. М. Оценка напряженного состояния балочно-ферменных конструкций двойных бортов при ледовых загрузках : Судостроение – С-Пб., - № 8-9. 1996 – С. 6–10.

43. Videiro Paulo Maurisio. Reliability based design of marine structures : MTA-rapp. Norg. tech. hogsk. - №125. 1998 – P. 1–228.

44. Bestard Are Johan. Calculation of fatigue damage in ship structures : MTA-rapp. Norg. tech. hogsk. - №129. 1999 – P. 1–167.

45. Александров А. В. Бабурин А. Ю., Булгаков А. А., Шишенин А. Е. Программный комплекс для расчета общего напряженного состояния корпусов скоростных судов : Тр. ЦНИИ им акад. А.Н. Крылова. - № 3. 1996 – С. 44–48.

46. Каменских И. В. Устойчивость сложных судовых конструкций : Материалы 26 Научн.-техн. Конф. Комс.-на-Амуре гос. Техн. Ун-та. Комс.-на-Амуре. Ч.1. 1996 – С. 103–109.

47. Лобастов В. П. Особенности проектирования транспортных систем смешанного (река-море) сообщения : Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, № 3(82). 2010. 180 с.

48. «СМАРТ МЕРИТАЙМ ГРУП». Головна сторінка : веб-сайт URL: <http://smart-maritime.com/ru/contact/>

49. Цымбал Н. Н., Васьков Ю. Ю. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов. Судовождение : Сб. научных трудов / ОНМА, Вып. 7 – Одесса : Феникс, 2004 – С. 3–9.

50. Цымбал Н. Н., Васьков Ю. Ю. Расчет границ множества допустимых стратегий проведения грузовых операций навалочных судов. Судовождение : Сб. научных трудов / ОНМА, – Вып. 8 – Одесса : Феникс, 2004 – С. 22–31.

51. Цымбал Н. Н., Васьков Ю. Ю. Выбор оптимального варианта проведения грузовых операций навалочных судов. Судовождение : Сб. научных трудов / ОНМА, – Вып. 9 – Одесса : Феникс, 2004 – С. 103–107.

52. Васьков Ю. Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов. Судовождение : Сб. научных трудов / ОНМА – Вып. 6 – Одесса : Феникс, 2003 – С 40–45.

53. Кубишкін С. В. Удосконалення технології і умов перевезення навалочних вантажів транспортними суднами : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 2009. Одеса, 2009 – С 8–14.

54. Соколов М. Ю. Розробка методу формування вантажної програми судна з використанням імітаційного моделювання : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 2013. Одеса, ОНМА, 2013. 19 с.

55. Нечаев Ю. И., Сизов В. Г. Контроль динамики судна с сыпучими грузами в бортовой интеллектуальной системе на основе современной теории катастроф. Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 22. – Одесса : «ИздартИнформ», 2013 – С. 174–187.

56. Гайченя О. В. Розробка процедури визначення переліку трюмів для прийому навалювальних вантажів в судових автоматизованих системах прийняття рішень. Проблеми техніки : Науково-виробничий журнал / ОНМУ, Випуск – 2/2014 – Одесса : «Фірма «Інтерпрінт», 2014 – С. 30–35.

57. Федюшин В. М., Костров В. Н., Голованов Д. В. Логистика водного транспорта и проблемы развития бесперегрузочных и мультимодальных перевозок : Сб. тр. / ВГАВТ, Вып. 227. – Н. Новгород: ВГАВТ, 1997 – С. 86–35.

58. Ковалев Л. И. Прямые водные река-море перевозки грузов. Москва : Транспорт, 1978. 164 с.

59. Костров В. Н. Взаимодействие предприятий речного транспорта с грузовладельцами в условиях рынка : Организационно-экономический аспект / ВГАВТ – Н. Новгород: ВГАВТ, 1999. 193 с.

60. Mary R. Brooks, LIBERALIZATION IN MARITIME TRANSPORT, INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM, Forum Paper 2009-2, Paris 2009 – P. 16–18.

61. Коротков Б. П., Модников В. П., Терехович Э. Ю. Динамическая система контроля и обеспечения безопасности судов в штормовом море : Судостроение, - №7. – С.Петербург, 1996 – С. 4–10.

62. Кучер Ю. П., Рябченко В. К. Об альтернативных требованиях к остойчивости. Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 5. – Одесса: ИздатИнформ, 2000 – С. 36–53.

63. Способ контроля остойчивости судна. Пат. 2091269 Россия, МКИ6 В 63 В 39/14 / Нечаев Ю. И., Васильева Э. Ю. – № 94030622/11; Заявл. 18.8.94; Оpubл. 27.9.97, Бюл. № 27.

64. Рябченко В. К. Грузовая шкала для определения водоизмещения и осадок при значительном дифференте. Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 5. – Одесса : ИздатИнформ, 2000 – С. 36–53.
65. Кучер Ю. П. К уточнению расчета водоизмещения и количества груза по осадкам. Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, № 5. – Одесса : ИздатИнформ, 2000 – С. 36–53.
66. Вакс А.И., Куров Б. Н. Определение параметров статической посадки корабля на волнении. Судостроение : №3. Санкт-Петербург, 1997 – С. 14–17.
67. Редина Е. В. Особенности судоходства малого тоннажа. Економічні інновації : Сб. научн. Трудов, Випуск 46. 2011 – С. 168–175.
68. Anastassios N. Perakis & Athanasios Denssis, 35 Marit. Pol. Mgmt. 6, P. 591–614.
69. Monika Nogaj, The Cost of Non Europe in Transport and Tourism, II - Air, Maritime and Inland waterways, Study by MCRIT with the support of OIR and VVA & the coordination of T33 : Manuscript completed in September 2014. Brussels European Union, 2014. 128 p.
70. Robert Beach, Olle Engstrom, Haiyang Lin. Direct Short Sea Shuttle Concept : CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Master thesis no. E2013:025 / Chalmers Reproservice, Gothenburg, Sweden 2013. 73 p.
71. Rob Konings. Intermodal Barge Transport: Network Design, Nodes and Competitiveness. TRAIL Thesis Series nr. T2009/11, the Netherlands TRAIL Research School, 2011. 228 p.
72. «Офіс Президента України». (Всі матеріали на цьому сайті розміщені на умовах ліцензії Creative Commons Attribution 4.0 International, та <https://ua.interfax.com.ua/news/economic/602690.html>.) : веб-сайт URL: <https://www.president.gov.ua/news/tovaroobig-mizh-ukrayinoyu-ta-bilorussyu>
73. Бунин, Е. Д. Воздействие внутреннего водного транспорта с морским, железнодорожным, автомобильным. Москва : Транспорт, 1978. 192 с.

74. Бунин, Е.Д., Завитаев Е. Ф., Митин В. Ф. Организация коммерческой работы при перевозке в судах смешанного плавания. Москва : Транспорт, 1985. 199 с.

75. Stratos Papadimitriou. Short sea shipping in Europe: experience and prospects : EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT, Text of Report, 2013. 29 p.

76. The European Short Sea Market : Final report, Bloem Doze Nienhuis BV, Rotterdam, March 2012. 29 p.

77. Малотоннажные и среднетоннажные морские сухогрузные суда российского и мирового флота. Справочник : ЦНИИ морского флота. – СПб, 2004. 448 с.

78. Егоров Г. В, Тонюк В. И. Сухогрузные многоцелевые суда класса «Азовские трехтысячники» : 3б. наук. праць НУК, -№4. – Миколаїв: НУК, 2006 – С.13–23.

79. Егоров Г. В. Проектирование судов ограниченных районов плавания на основании теории риска. СПб. : Судостроение, 2007. 384 с.

80. Егоров Г. В. Обоснование характеристик морских малотоннажных и среднетоннажных сухогрузных судов для отечественных судовладельцев : Вісник ОНМУ, Вип. 25. – Одеса : ОНМУ, 2008 – С. 49–60.

81. Свечников О. И., Трянин И. И. Расчет и проектирование конструкций судов внутреннего плавания. СПб. : Судостроение, 1994. 376 с.

82. Wijnolst N., Waals F. A. J. European short sea fleet renewal programme. Proc. of European Shipbuilding, Repairs & Conversion conf. – London, RINA, 2004. 6 p.

83. РМРС. Правила классификации и постройки морских судов : в 5 т. / редкол. : А. В. Зухарь, М. Р. Маркушина, С.А. Мротт, И. И. Лазарев. СПб, 2015. Т. 1–5.

84. IMSBC Code and Supplement, 2013 Edition (inc. Amdt 02-13)

85. Аксютин Л. Р. Грузовой план судна. Одесса : АО Бахва, 1996. 144 с.

86. Типовая информация об остойчивости и прочности грузового судна. Министерство Морского флота СССР. Москва : ЦРИА «Морфлот», 1979. 92 с.

87. Смехова А. А. Грузоведение, сохранность и крепление грузов. Москва : Транспорт, 1989. 239 с.

88. Технические условия погрузки, выгрузки и размещения в судах лесных и навалочных грузов. Москва : Транспорт, 1979. 103 с.

89. Савчук В. Д. Технология перевозки грузов : учебник для курсантов и студентов морских вузов. Одесса: ОНМА, 2007. 353с.

90. Снопков В. И. Эксплуатация специализированных судов. Москва : Транспорт, 1987. 288 с.

91. Гайченя О. В. Формування початкових даних комп'ютерної вантажної програми судна. Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 18 – Одесса : «ИздатИнформ», 2010 – С. 64–67.

92. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Диаграмма графического расчета массы навалочных грузов при перевозке с «естественной» Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2014) : збірка матеріалів VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 27-29 травня 2014 р. Херсон, 2014 – С. 147–148.

93. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Расчет высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «Коастер». Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 19-20 лист. 2013 р. Одеса, 2014 – С. 65–67.

94. Хомяков В. Ю. Пошаговая загрузка навалочным грузом т/х «Plato». Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Выпуск 24. – Одесса : «ВидавИнформ», 2014 – С. 171–177.

95. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Использование метода «Естественной» сепарации при перевозке навалочных грузов. Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві : матеріали наук.-метод. конф., Одеса, 18-19 лист. 2014 р. Одеса, 2014 – С. 96–98.

96. Савчук В. Д. Хомяков В. Ю. Применение метода пошаговой загрузки судов типа «Коастер» навалочными грузами. Проблеми Техніки : науково-виробничий журнал / ОНМУ, Випуск 2/2014 – Одеса : «Фірма «Інтерпрінт», 2014 – С. 43–48.

97. Хомяков В. Ю. Савчук В. Д. Загрузка судна типа «Коастер» навалочным грузом с использованием метода «Естественной» сепарации. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2014. – №1 (10). – С. 64–70.

98. Хомяков В. Ю. Перевозка на судах типа «коастэр» одновременно нескольких видов грузов. Забезпечення безаварійного плавання суден : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 16-17 лист. 2011 р. Одеса, 2012 – С. 121–123.

99. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Использование метода «естественной» сепарации при загрузке судна навалочным грузом. Энергетика судна: експлуатація та ремонт : матеріали наук.-техн. конф., м. Одеса, 26-28 бер. 2014 р. Одеса, 2014 – С. 59–62.

100. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Технологічні особливості завантаження малотоннажного однострюмного судна «WAVE». Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація : матеріали наук.-практ. конф., м. Одеса, 15-16 лист. 2018 р. Одеса, 2018 – С. 302–304.

101. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Определение погрешности при расчете параметров штабеля навалочного груза в трюме малотоннажного судна. Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 19-20 лист. 2015 р. Одеса, 2016 – С. 81–87.

102. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Расчет расположения штабелей навалочных грузов в трюме «Коастера». Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : збірка матеріалів VII між нар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 26-28 травня 2015 р. Херсон, 2015 – С. 127–129.

103. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Автоматизація контролю завантаження однострумного судна навалочними вантажами. Річковий та морський транспорт: інфраструктура, судноплавство, перевезення, безпека : матеріали наук.-техн. конф., м. Одеса, 16-17 лист. 2016 р. Одеса, 2017 – С. 166–171.

104. Савчук В. Д. Хомяков В. Ю. Расчет координат центра тяжести штабеля груза при дифференте малотоннажного судна. Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2016. – Вып. 1(35). – С. 36–45.

105. Савчук В. Д. Хомяков В. Ю. Способ загрузки малотоннажного однострумного судна несколькими видами навалочных грузов. Судноводіння : Зб. наук. праць / НУ«ОМА», Вип. 27. – Одеса : «ВидавІнформ», 2017 – С. 194–201.

106. Савчук В., Хомяков В., Крат Д. Mathematical model of taking into account changes in geometric and physical characteristics of bulk cargo stacks in the process of loading a light vessel. Міжнародний незалежний науковий журнал, № 27 2021 VOL.1 – Krakow: 2021 – С. 32–36.

107. Хомяков В., Савчук В., Крат Д. Mathematical model of taking into account the configuration of the hold when compiling the cargo plan of the vessel type «coster». Міжнародний незалежний науковий журнал, № 29 2021 – Krakow: 2021 – С. 52–63.

108. Хом'яков В. Ю. Завантаження однострумного судна навалювальним вантажем з використанням методу природної сепарації. Принципи розвитку організації морських перевезень в сучасних умовах міжнародного судноплавства. : Колективна монографія за ред. Л.Л. Ніколаєвої. Одеса, 2020 – С. 153–163.

109. Спосіб розміщення навалювальних вантажів в трюмі судна : пат. 107604 Україна. № у 2016 00313 ; заявл. 14.01.2016 ; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11. 6 с.

110. Спосіб контролю розміщення навалочних вантажів в трюмі судна : пат. 114118 Україна. № у 2016 09903 ; заявл. 26.09.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. 6 с.

ДОДАТОК А

До розділу 1

Огляд виконаних досліджень по безпеці експлуатації
малотоннажних суден

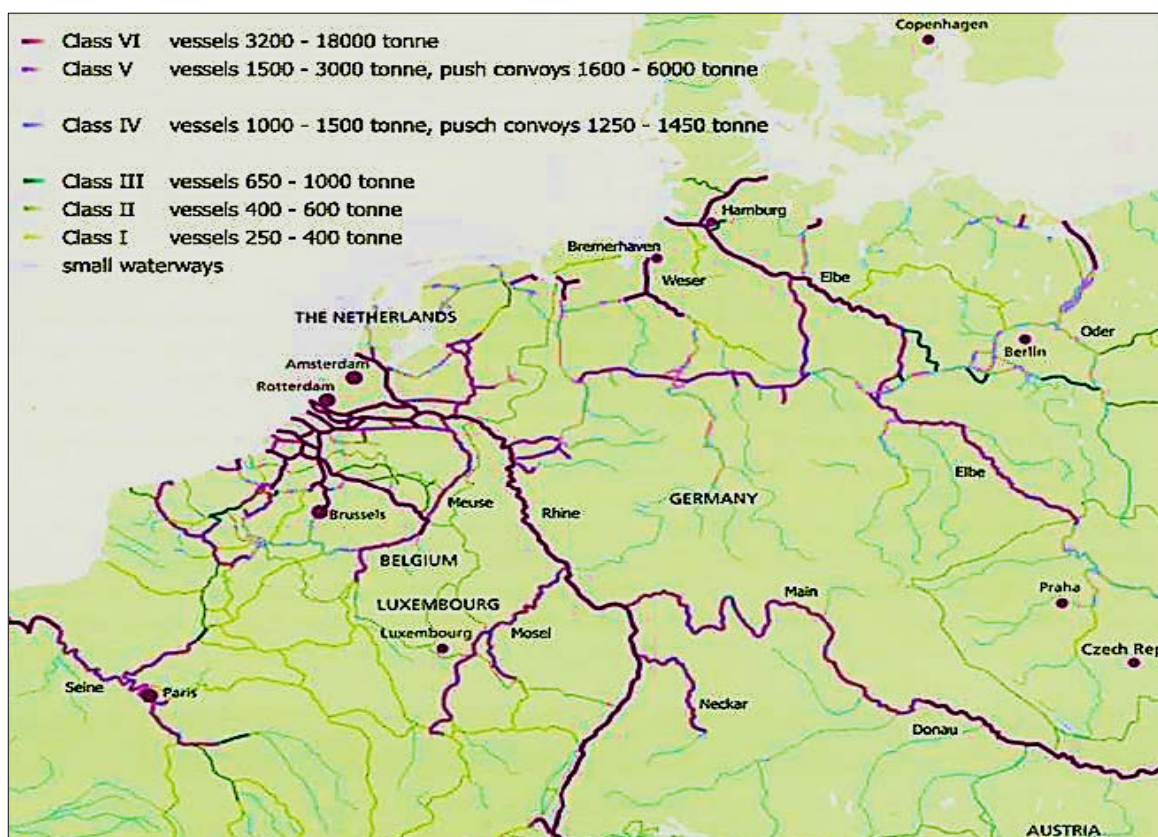


Рисунок 1 – Класифікація водних шляхів у Європі

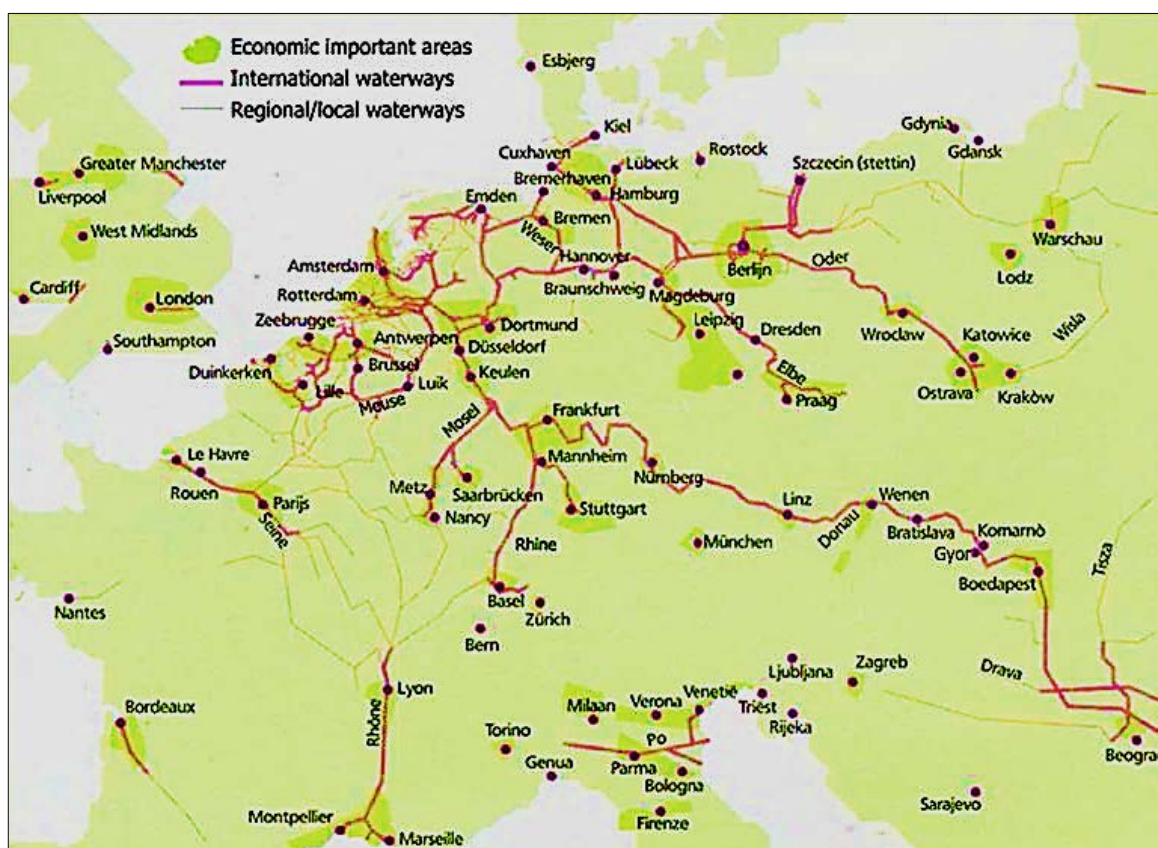


Рисунок 2 – Основні водні шляхи по відношенню до економічних центрів

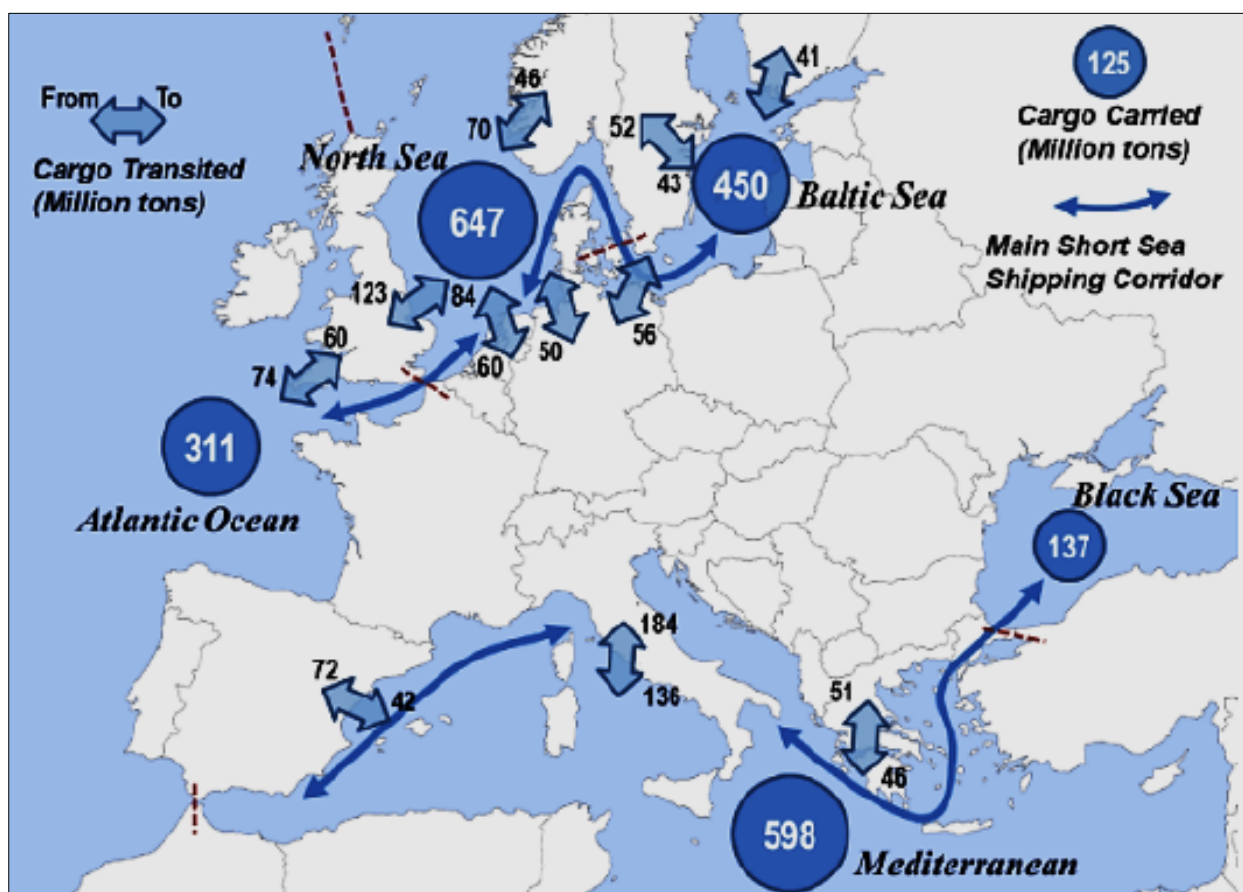


Рисунок 3 – Статистика роботи флоту малого тоннажу 2010-2019рр.

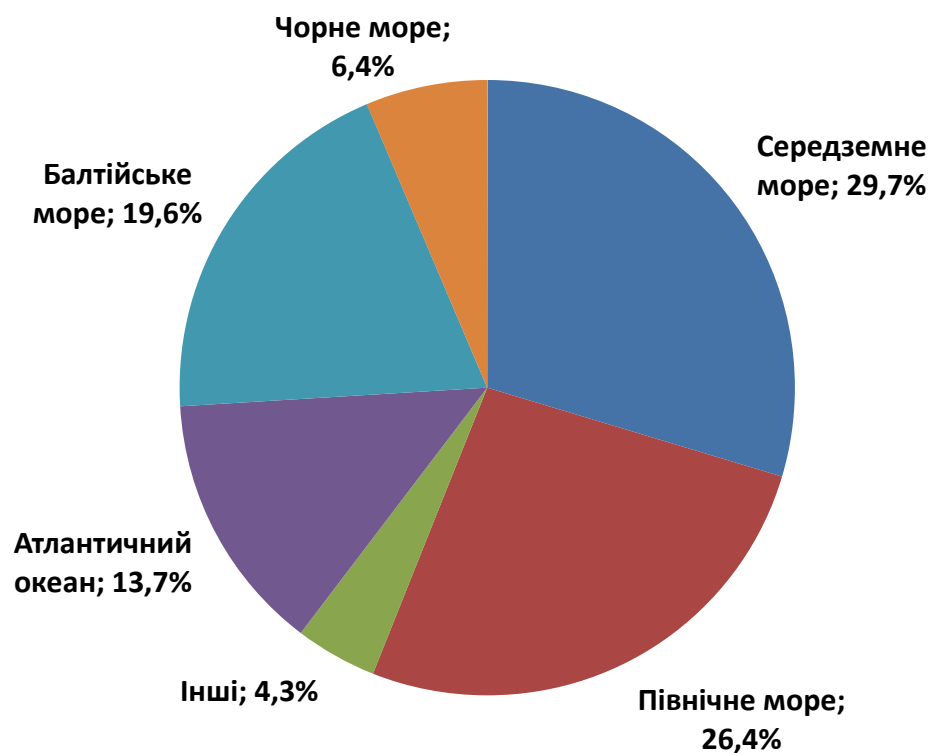


Рисунок 4 – Експлуатація малотоннажного флоту за регіонами 2010-2019рр.

ДОДАТОК Б

До розділу 2

Вибір теми дисертаційного дослідження
та його методологічного забезпечення

INHALTSVERZEICHNIS - CONTENTS

	Page
Hauptabmessungen - Main particulars	3
Bezeichnungen und abkürzungen - Definitions and abbreviations	4
Zulässige Längsfestigkeitswerte Permissible Stillwater Bending Moments and Shear Forces	5
Querkraftverteilungen und Glattwasserbiegemomente für die vorgesehenen Beladungs- und Ballastfälle Stillwater Shear Forces and Bending Moments for the Ballast and Loading Conditions	6
Loading conditions	
1. Schiff leer, betriebsklar - Lightship condition	7
2. Schiff in ballast, Anfang der Reise - Ballast condition, departure	10
3. Schiff in Ballast, Ende der Reise - Ballast condition, arrival	14
4. Schiff homogen bel. 0.718 t/cbm, Anfang der Reise - Homogenous loading 0.718 t/cbm, departure	18
5. Schiff homogen bel. 0.718 t/cbm, Ende der Reise - Homogenous loading 0.718 t/cbm, arrival	23
6. Schiff mit Paketholz, Anfang der Reise Packet timber loading, departure	28
7. Schiff mit Paketholz, Ende der Reise Packet timber loading, arrival	32
8. Containerladung 144 TEU, Anfang der Reise Container loading 144 TEU, departure	36
9. Containerladung 144 TEU, Ende der Reise Container loading 144 TEU, arrival	41
Tank und Laderaumliste - Tank and hold contents	46
Baydaten - Baydata	47
KG'-Grenzkurve - KG'-limit values	48
Kurvenblattwerte - Tables of hydrostatics	49-54
Pantokarenenwerte - Cross curves of stability	55-61

Рисунок 1а – Приклади вантажного буклету та його змісту

m/v «Wilson Bilbao»

INDEX

	Page
Chapter 1	4
General information	4
Chapter 2	5
Tank and container capacities -Iweendeck and grainbulkhead information	5
General notes	12
Determination of draft	12
Adverse effect on stability due to ice accretion	13
Stability criteria	14
List of special points	14
General precautions against capsizing	15
Abbreviations and units	16
Notes of use of free surface moments	17
Chapter 3	18
Hydrostatic particulars	19
trim -2.000 m	19
trim -1.500 m	25
trim -1.000 m	31
trim -0.500 m	37
trim +0.000 m	43
trim +0.5000 m	49
Chapter 4	55
Cross curves	56
trim -2.000 m	56
trim -1.500 m	58
trim -1.000 m	60
trim -0.500 m	62
trim +0.000 m	64
trim +0.500 m	66
Chapter 5	68
Calculation of windmoments	69
Without deck cargo	69
With containers	72
Timber cargo	75
Chapter 6	78
Maximum VCG	79
trim -2.000 m	79
trim -1.500 m	91
trim -1.000 m	103
trim -0.500 m	115
trim +0.000 m	127
trim +0.500 m	139
Chapter 7	151
Loading conditions	152
Ligth ship	152
Ballast Departure	155
Ballast Arrival	159
Ballast Ice draft 90 % Departure	163
Ballast Ice draft 90 % Arrival	167
Homogeneous Departure	171
Homogeneous Arrival	175
Information for loading container cargoes	179
Container 14 Ton/TEU Departure	182
Container 14 Ton/TEU Arrival	186
Timber cargo Departure 0.50 t/m³	190
Timber cargo Arrival 0.50 t/m³	194
Heavy cargo 118 kN/m² Departure	198
Heavy cargo 118 kN/m² Arrival	202
Tropical freeboard draft Departure	206
Tropical freeboard draft Arrival	210
Chapter 8	214
Inclination test report	214
Chapter 9	219
Deadweighttable	219
Trim even keel	220
Appendix	224
Further details on calculating the weather criterion	225
List of frame locations	228
Wire frame hull	229



Рисунок 1б – Приклади вантажного буклету та його змісту
m/v «Anne Dorte»

INDEX

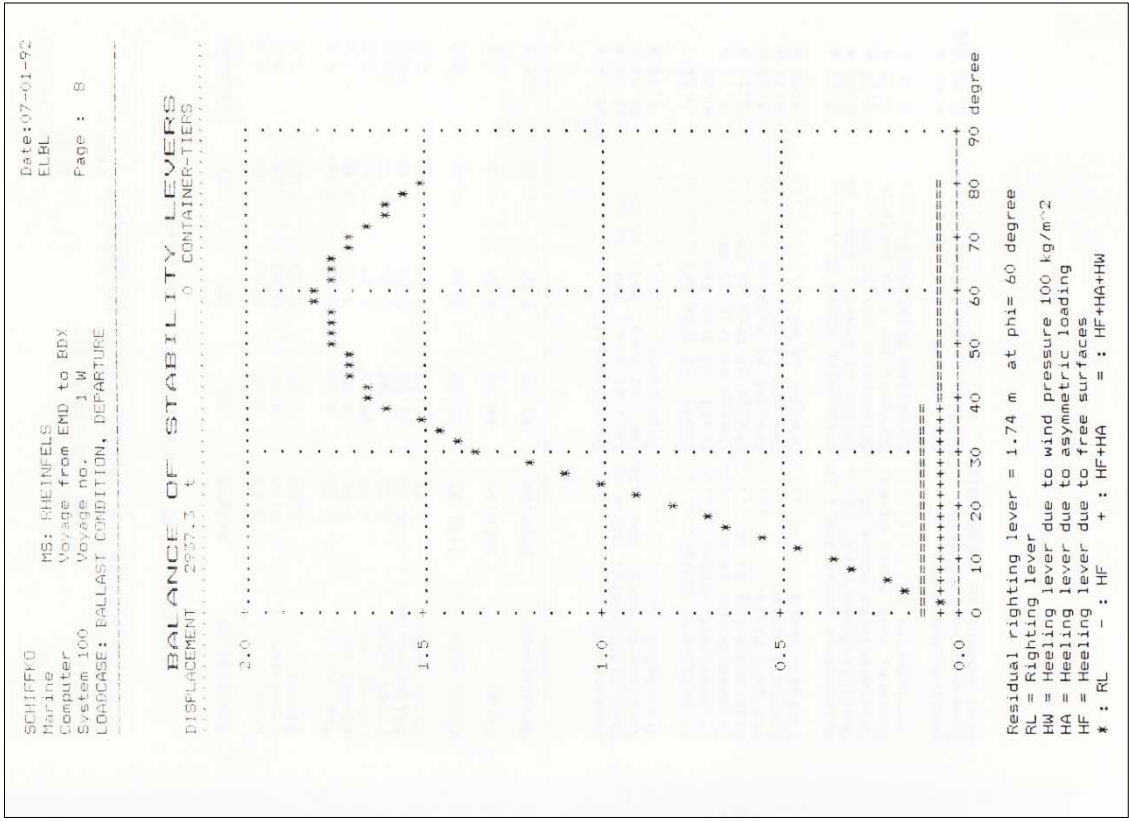
	page
Chapter 2	4
General information	5
Hold and tank arrangement	6
Capacity of cargo spaces and watertanks	8
General notes	10
Chapter 3	12
Applicable stability criteria for this vessel	13
List of critical openings	14
Maximum VCG'	15
trim 0.500 m	24
trim 0.000 m	33
trim -0.500 m	42
trim -1.000 m	51
trim -2.000 m	
Chapter 4	60
Draftmarks	61
Notes on the use of draftmarks	62
Example condition	65
Loading conditions	69
lightship	72
ballast in ice	80
ballast	88
homogeneous	96
cellulose	104
timber cargo sw. 0.50 t/m3	112
timber cargo sw. 0.50 t/m3 no grainbulkheads	120
Container 14 ton/TEU	
Chapter 7	128
Hydrostatic particulars	129
trim 0.500 m	132
trim 0.000 m	135
trim -0.500 m	138
trim -1.000 m	141
trim -2.000 m	
Example showing the use of cross curves	144
Cross curves	145
trim 0.500 m	150
trim 0.000 m	155
trim -0.500 m	160
trim -1.000 m	165
trim -2.000 m	
Chapter 8	170
Calculation of windmoment	171
No deckload	174
With timber deckload	176
With container deckload	
Appendix	180
List of frame locations	181

INCLINING TEST REPORT

182



Рисунок 1в – Приклади вантажного буклету та його змісту
m/v «Wave»



SCHIFFKO
Marine
Computer
System 100
LOADCASE: HOMOGENEOUS LOADING, 0.565t/m**3,ARRIVAL

MS: RHEINFELS
Voyage from EMP to BDY
Voyage no. 2 W
Date:07-01-92
ELBL
Page : 1

Designation	Weight	CGL	CGV	CGT	Ib*gamma
Crew	3.00	8.00	8.00	0.00	0.0
Provision	0.20	4.00	5.80	0.00	0.0
Stores	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Fuel oil	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Diesel oil	7.80	13.06	3.10	4.48	1.0
Lubric. oil	6.90	14.23	3.39	-5.40	0.0
Fresh water	3.02	2.94	3.50	-0.77	26.0
Ballast-water	134.70	21.80	0.61	0.15	90.0
Misc. tanks	6.40	11.69	0.64	-2.60	2.0
Empty ship	1151.33	36.32	5.10	0.00	0.0
Cargo	2650.69	44.39	5.30	0.00	0.0
Displacement	3964.04	41.05	5.07	-0.00	119.0

Displacement.....	Displacement.....	3964.04 t
Gewichts-Schwerp. bez.a.HL	Cent. of Grav. rel. to AP.....	41.05 m
Verdraen-Schwerp. bez.a.HL	Cent. of Buoy. rel. to AP.....	41.54 m
Trimhebel.....	Trim Lever.....	0.49 m
Trimbeiwert hinten.....	Coef. of Trim aft.....	0.34
Trimbeiwert vorne.....	Coef. of Trim fwd.....	-0.38
Trimmaenderung am HL.....	Change of Trim at AP.....	0.17 m
Trimmaenderung am VL.....	Change of Trim at FP.....	-0.18 m
Tiefgang Mitte.....	Draught at midship.....	4.54 m
Tiefgang hinten.....	Draught at AP.....	4.71 m
Tiefgang vorne.....	Draught at FP.....	4.36 m
Metazentrum ueber Basis KM	Metacentre above BL.....	5.41 m
Gewichts-Schwerpunkt KG.....	Centre of Gravity above BL.....	5.07 m
Metacentrische Hoehe MG.....	Metacentric height GM.....	0.34 m
Korrekt. fuer freie Ob-Fl.	Correct. for free surface.....	0.03 m
Korrigiertes MG.....	Corrected Metacentre.....	0.31 m
Breitenschwerpunkt.....	Cent. of Grav. rel. to CL.....	0.00 m
Kraegung nach Backbord.....	Heeling to portside.....	0.06 deg
MEAN DRAUGHT IN FRESH WATER.....		4.64 m

Рисунок 2б – Приклад використання морської програми SCHIFFKO Marine Computer System 100

SCHIFFKO

Marine

Computer

System 100

LOADCASE: BALLAST CONDITION, DEPARTURE

MS: RHEINFELS

Voyage from EMD to BDX

Voyage no. 1 W

Date:07-01-92

ELBL

Page : 4

Displacement: 2937.3 t; Draught AP: 3.53 m; Draught VP: 3.39 m

LONGITUDINAL & TORSIONAL STRENGTH

(seaway conditions)

Frame		SHEAR FORCE		BENDING MOMENT		TORSIONAL STR.	
admis.		actual rel.		admis.		actual rel.	
t	%	mt	%	mt	%	mt	%
24	894	146	16	3140	1654	53	245
45	1987	43	2	9123	3006	33	640
63	2044	-6	0	9123	3166	35	790
82	1989	-57	3	9123	2824	31	620
100	1937	-107	6	9123	1819	20	277
111	939	-138	15	2803	902	32	97
				hogging=+ sagging=-			

LONGITUDINAL & TORSIONAL STRENGTH

(harbour conditions)

Frame		SHEAR FORCE		BENDING MOMENT		TORSIONAL STR.	
admis.		actual rel.		admis.		actual rel.	
t	%	mt	%	mt	%	mt	%
24	1050	146	14	5107	1654	32	245
45	2069	43	2	13558	3006	22	640
63	2069	-6	0	13558	3166	23	790
82	2069	-57	3	13558	2824	21	620
100	2069	-107	5	12283	1819	15	277
111	1070	-138	13	4118	902	22	97
				hogging=+ sagging=-			

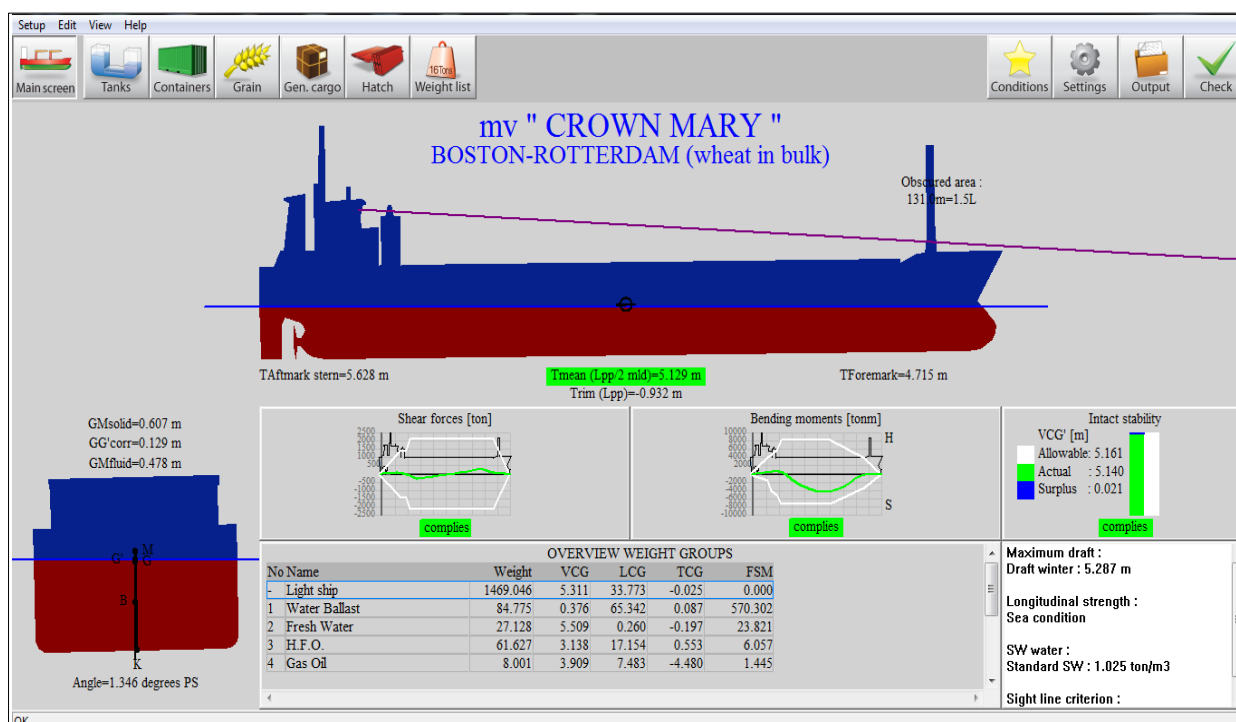


Рисунок 3а – Приклад використання багатофункціональної морської програми LOCOPIAS

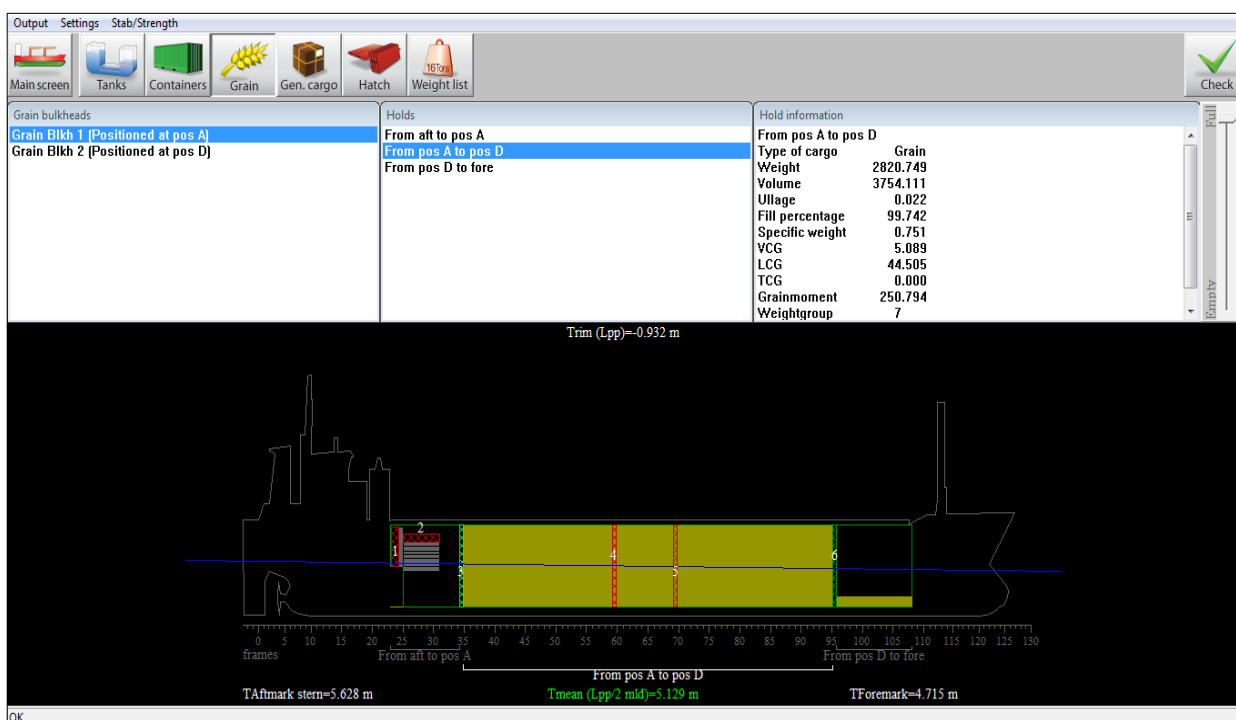


Рисунок 3б – Приклад використання багатофункціональної морської програми LOCOPIAS

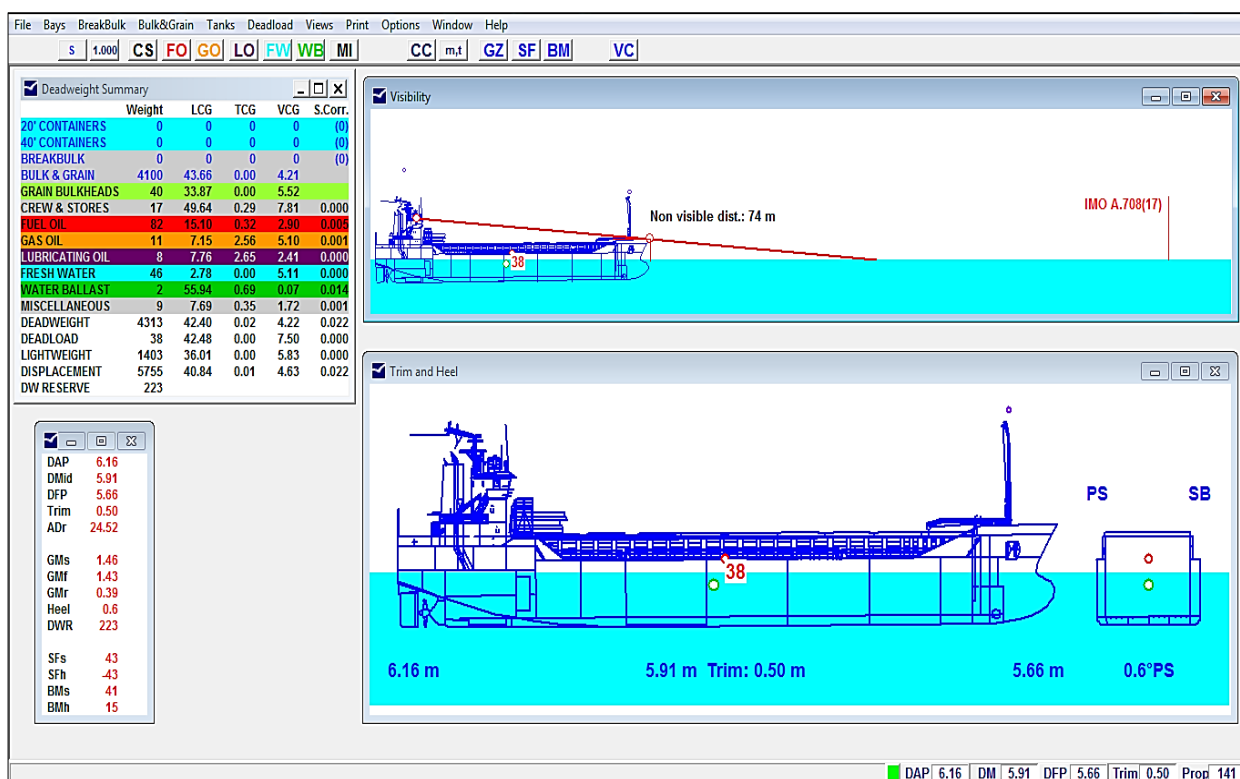


Рисунок 4а – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASEACON

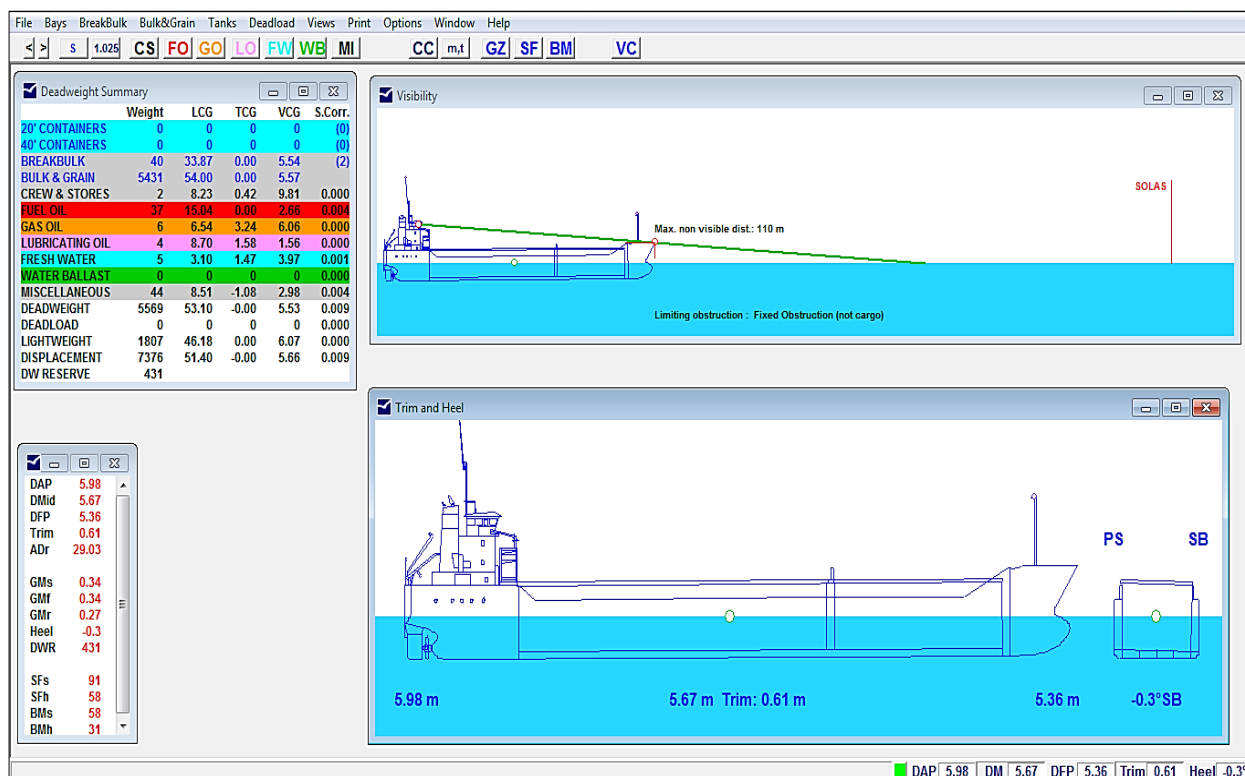


Рисунок 4б – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASEACON

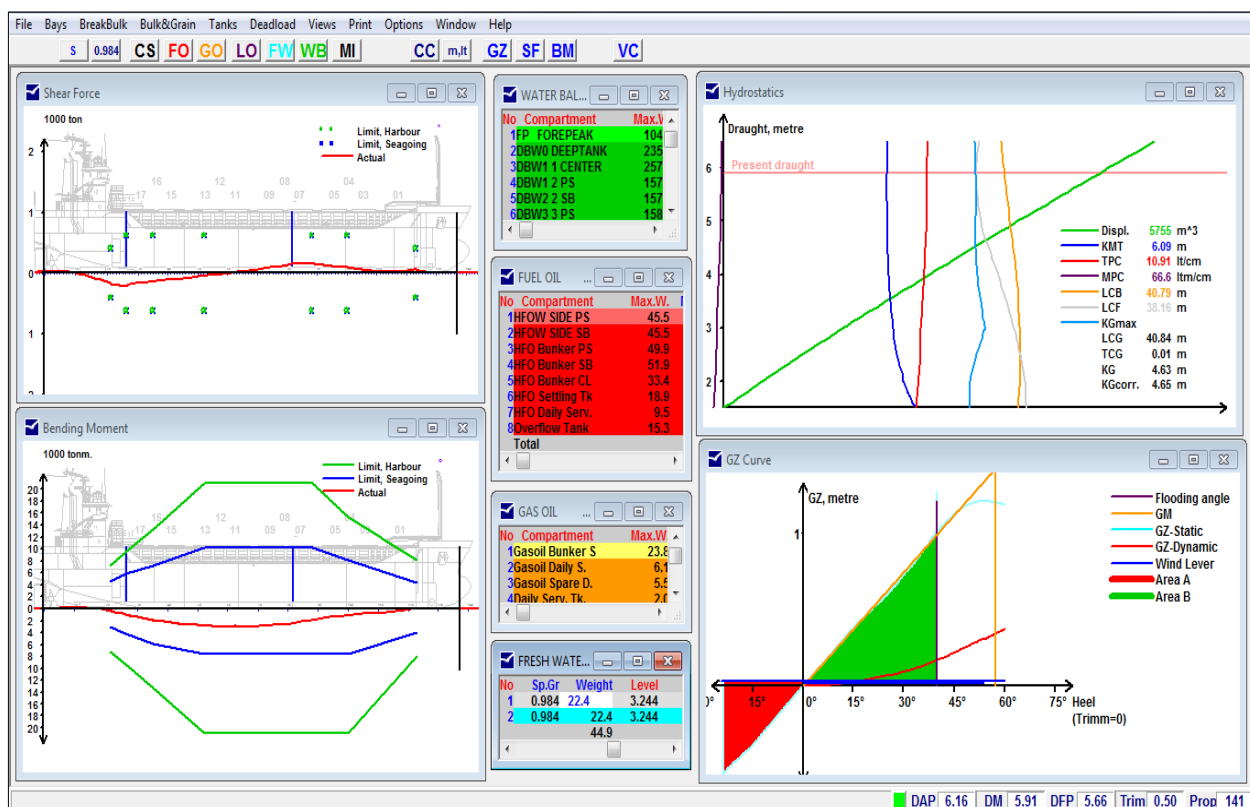


Рисунок 4в – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASEACON

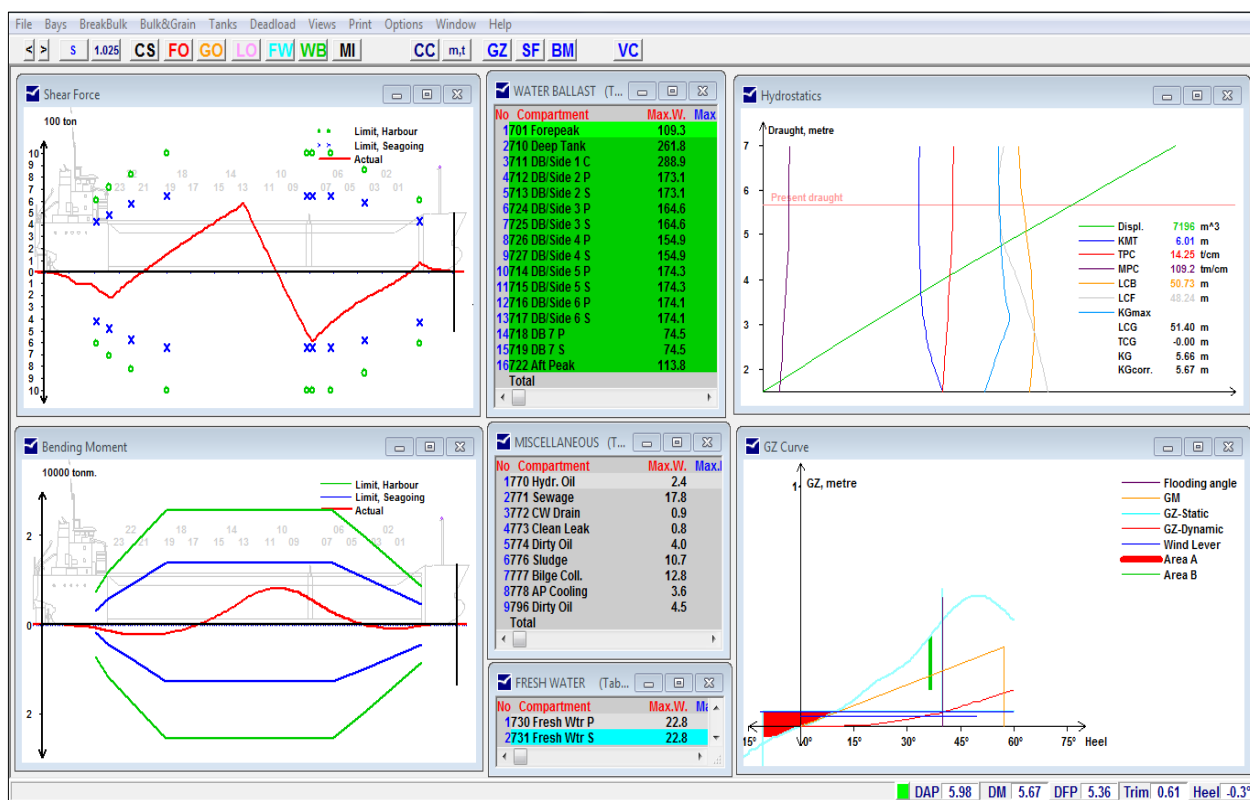


Рисунок 4г – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASEACON

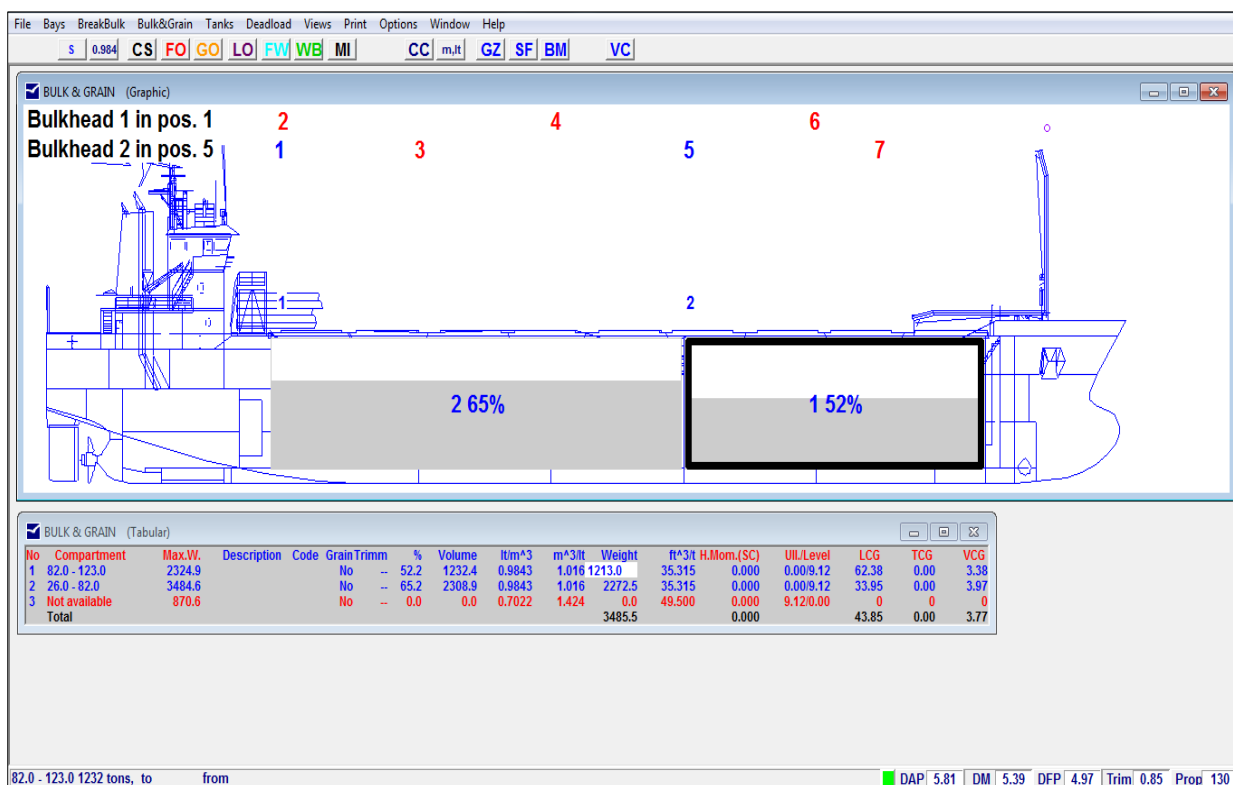


Рисунок 4д – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASECON

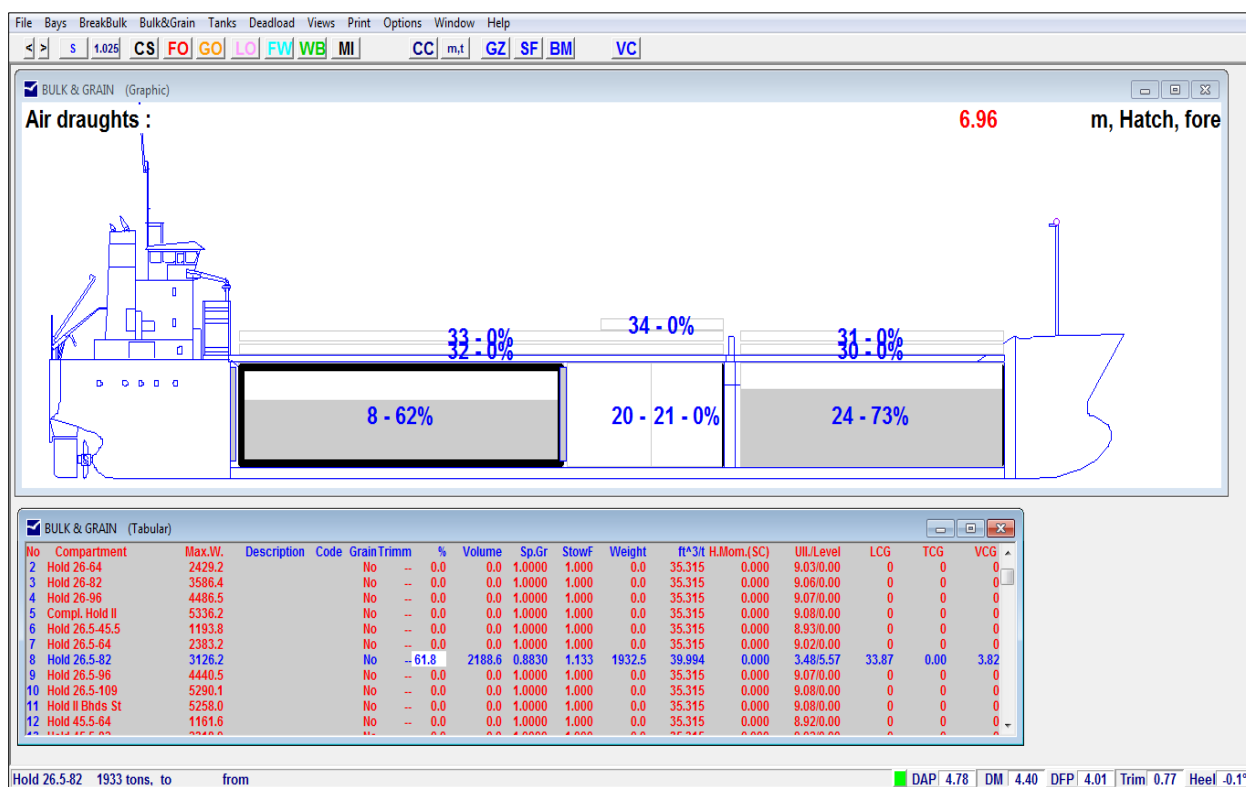


Рисунок 4е – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASECON

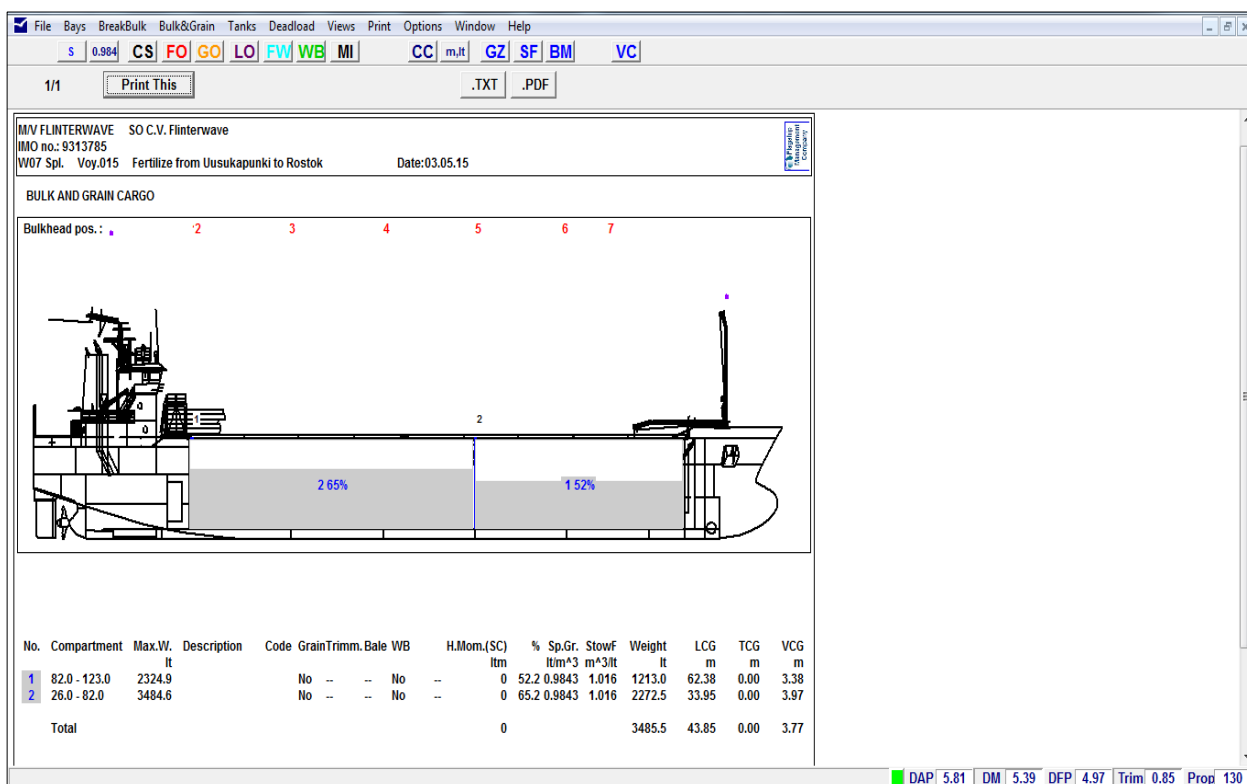


Рисунок 4ж – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASEACON

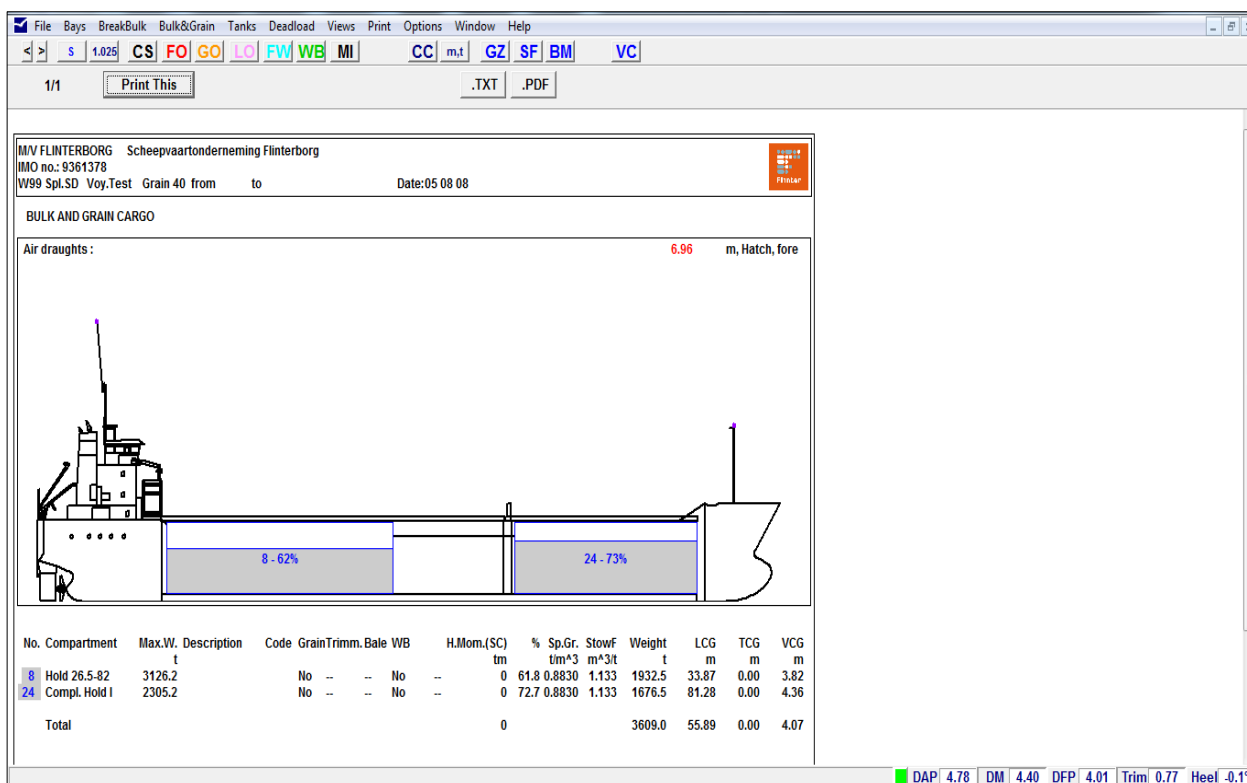


Рисунок 4з – Приклад використання багатопрофільного морського інструмента EASEACON

ДОДАТОК В

До підрозділу 3.2

Практичні спостереження випадків неповного завантаження трюму судна
навалювальними вантажами

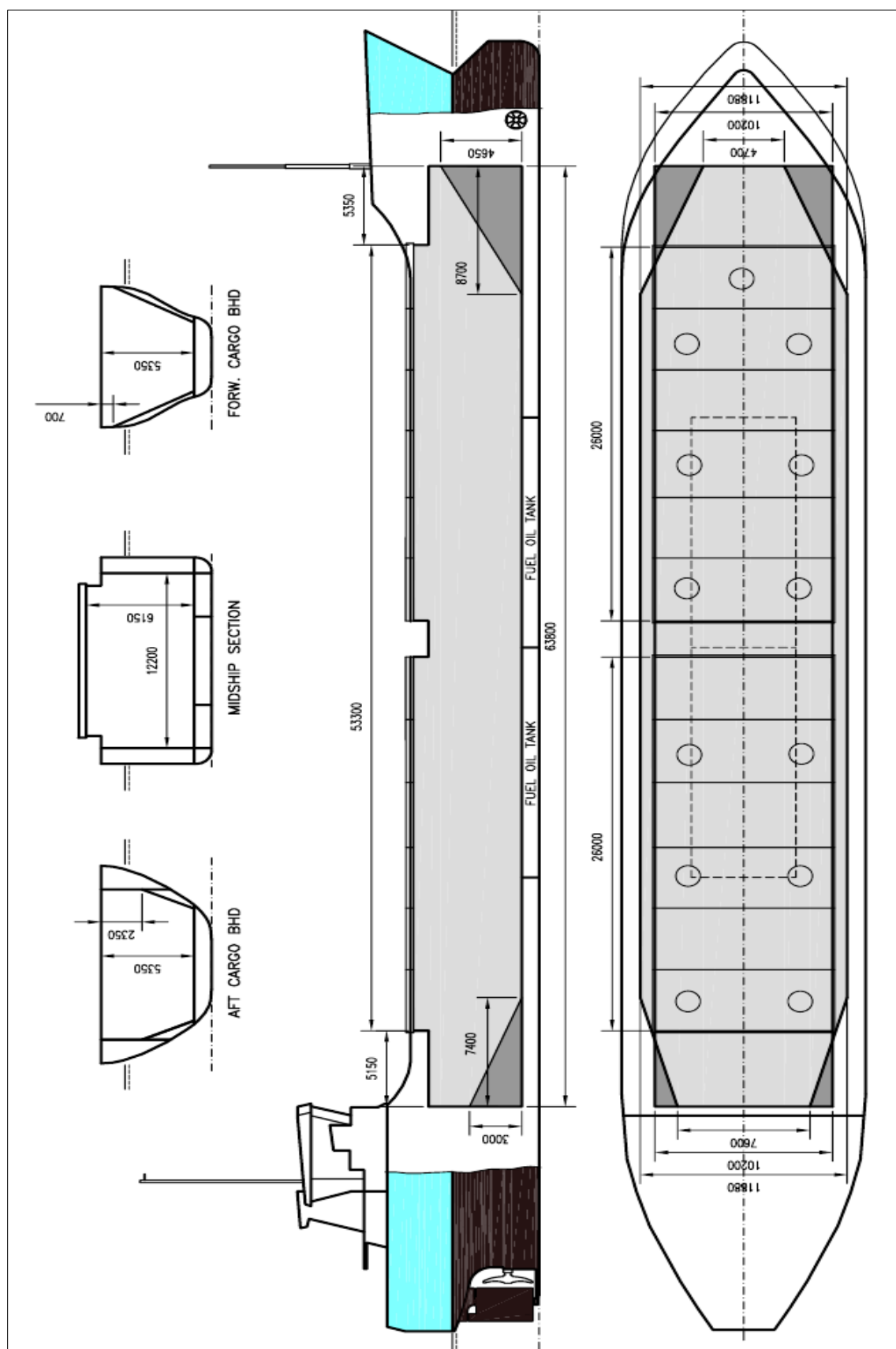


Рисунок 1 – Генеральный план м/в «PLATO»

WILSON

THE PREFERRED CARRIER

<



Рисунок 3 – Розташування штабеля вантажу в трюмі після завантаження



WILSON
THE PREFERRED CARRIER



WILSON BILBAO

Ex. NIKLAS

DWT GROUP 3500

IMO NO 9014705

CALL SIGN 9HJX9

BUILD 07/1992

FLAG Malta

GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Max permissible load on deck, mt/sqm 15.00

Max permissible load on tanktop, mt/sqm 19.00

Max air draft - 1 -

Max air draft - 2 -

Distance from keel to top antenna -1 24.50

Distance from keel to top antenna -2 15.80

Water ballast capacity 1 648.00

Fuel main engine - capa.(cbm) 170.00

Fuel aux engine - capa.(cbm) -

Speed service, knots 10.50

Cargo gear No

Bow thruster 185 kW Yes

Boxed Yes

Double skin Yes

Open hatch Yes

Rhine fitted No

Ammonium Nitrate fitted Yes

FeSI fitted No

Builders Slovenska Lodenice AS, Komarno Slovakia

Classification GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Length oa 87.90

Breadth mid 12.80

Depth mid 7.10

Draft summer 5.50

Deadweight summer draft 3735

Draft winter 5.40

Deadweight winter draft 3617

Gross tonnage 2446

Net tonnage 1389

Immersion(load draft) TPC 10.10

Mean draft of ship in heavy ballast 3.00

Distance from forward end of No.1 Hatch to aft end of last hatch 56.55

Hatch type Kvaerner Multifold Crocodile

Container (TEU) capacity Hold / Deck 108 / 68

Remarks :

FeSI fitted for packaged cargo only.

2 moveable bulkheads.

Hatch details:

a : Distance from waterline fully ballasted to top of hatch coamings

b : Distance from waterline fully loaded to top of hatch coamings

c : Distance from tank top to top of hatch coamings

d : Max permissible loading on hatch covers

e : Distance from ship's rail to inside hatch coamings

f : Height of hatch coamings

g : Hatch opening

h : No. of Loadingholes on hatchcovers X diameter in mm

Ex. NIKLAS

DWT GROUP 3500

IMO NO 9014705

CALL SIGN 9HJX9

BUILD 07/1992

FLAG Malta

GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Max permissible load on deck, mt/sqm 15.00

Max permissible load on tanktop, mt/sqm 19.00

Max air draft - 1 -

Max air draft - 2 -

Distance from keel to top antenna -1 24.50

Distance from keel to top antenna -2 15.80

Water ballast capacity 1 648.00

Fuel main engine - capa.(cbm) 170.00

Fuel aux engine - capa.(cbm) -

Speed service, knots 10.50

Cargo gear No

Bow thruster 185 kW Yes

Boxed Yes

Double skin Yes

Open hatch Yes

Rhine fitted No

Ammonium Nitrate fitted Yes

FeSI fitted No

Builders Slovenska Lodenice AS, Komarno Slovakia

Classification GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Length oa 87.90

Breadth mid 12.80

Depth mid 7.10

Draft summer 5.50

Deadweight summer draft 3735

Draft winter 5.40

Deadweight winter draft 3617

Gross tonnage 2446

Net tonnage 1389

Immersion(load draft) TPC 10.10

Mean draft of ship in heavy ballast 3.00

Distance from forward end of No.1 Hatch to aft end of last hatch 56.55

Hatch type Kvaerner Multifold Crocodile

Container (TEU) capacity Hold / Deck 108 / 68

Remarks :

FeSI fitted for packaged cargo only.

2 moveable bulkheads.

Hatch details:

a : Distance from waterline fully ballasted to top of hatch coamings

b : Distance from waterline fully loaded to top of hatch coamings

c : Distance from tank top to top of hatch coamings

d : Max permissible loading on hatch covers

e : Distance from ship's rail to inside hatch coamings

f : Height of hatch coamings

g : Hatch opening

h : No. of Loadingholes on hatchcovers X diameter in mm

Ex. NIKLAS

DWT GROUP 3500

IMO NO 9014705

CALL SIGN 9HJX9

BUILD 07/1992

FLAG Malta

GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Max permissible load on deck, mt/sqm 15.00

Max permissible load on tanktop, mt/sqm 19.00

Max air draft - 1 -

Max air draft - 2 -

Distance from keel to top antenna -1 24.50

Distance from keel to top antenna -2 15.80

Water ballast capacity 1 648.00

Fuel main engine - capa.(cbm) 170.00

Fuel aux engine - capa.(cbm) -

Speed service, knots 10.50

Cargo gear No

Bow thruster 185 kW Yes

Boxed Yes

Double skin Yes

Open hatch Yes

Rhine fitted No

Ammonium Nitrate fitted Yes

FeSI fitted No

Builders Slovenska Lodenice AS, Komarno Slovakia

Classification GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Length oa 87.90

Breadth mid 12.80

Depth mid 7.10

Draft summer 5.50

Deadweight summer draft 3735

Draft winter 5.40

Deadweight winter draft 3617

Gross tonnage 2446

Net tonnage 1389

Immersion(load draft) TPC 10.10

Mean draft of ship in heavy ballast 3.00

Distance from forward end of No.1 Hatch to aft end of last hatch 56.55

Hatch type Kvaerner Multifold Crocodile

Container (TEU) capacity Hold / Deck 108 / 68

Remarks :

FeSI fitted for packaged cargo only.

2 moveable bulkheads.

Hatch details:

a : Distance from waterline fully ballasted to top of hatch coamings

b : Distance from waterline fully loaded to top of hatch coamings

c : Distance from tank top to top of hatch coamings

d : Max permissible loading on hatch covers

e : Distance from ship's rail to inside hatch coamings

f : Height of hatch coamings

g : Hatch opening

h : No. of Loadingholes on hatchcovers X diameter in mm

Ex. NIKLAS

DWT GROUP 3500

IMO NO 9014705

CALL SIGN 9HJX9

BUILD 07/1992

FLAG Malta

GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO + CONTAINER

Max permissible load on deck, mt/sqm 15.00

Max permissible load on tanktop, mt/sqm 19.00

Max air draft - 1 -

Max air draft - 2 -

Distance from keel to top antenna -1 24.50

Distance from keel to top antenna -2 15.80

Water ballast capacity 1 648.00

Fuel main engine - capa.(cbm) 170.00

Fuel aux engine - capa.(cbm) -

Speed service, knots 10.50

Cargo gear No

Bow thruster 185 kW Yes

Boxed Yes

Double skin Yes

Open hatch Yes

Rhine fitted No

Ammonium Nitrate fitted Yes

FeSI fitted No

Builders Slovenska Lodenice AS, Komarno Slovakia

Classification GL / 100 A5 E G + MC AUT + HEAVY CARGO

Рисунок 4 – Основні характеристики m/v «WILSON BILBAO»»

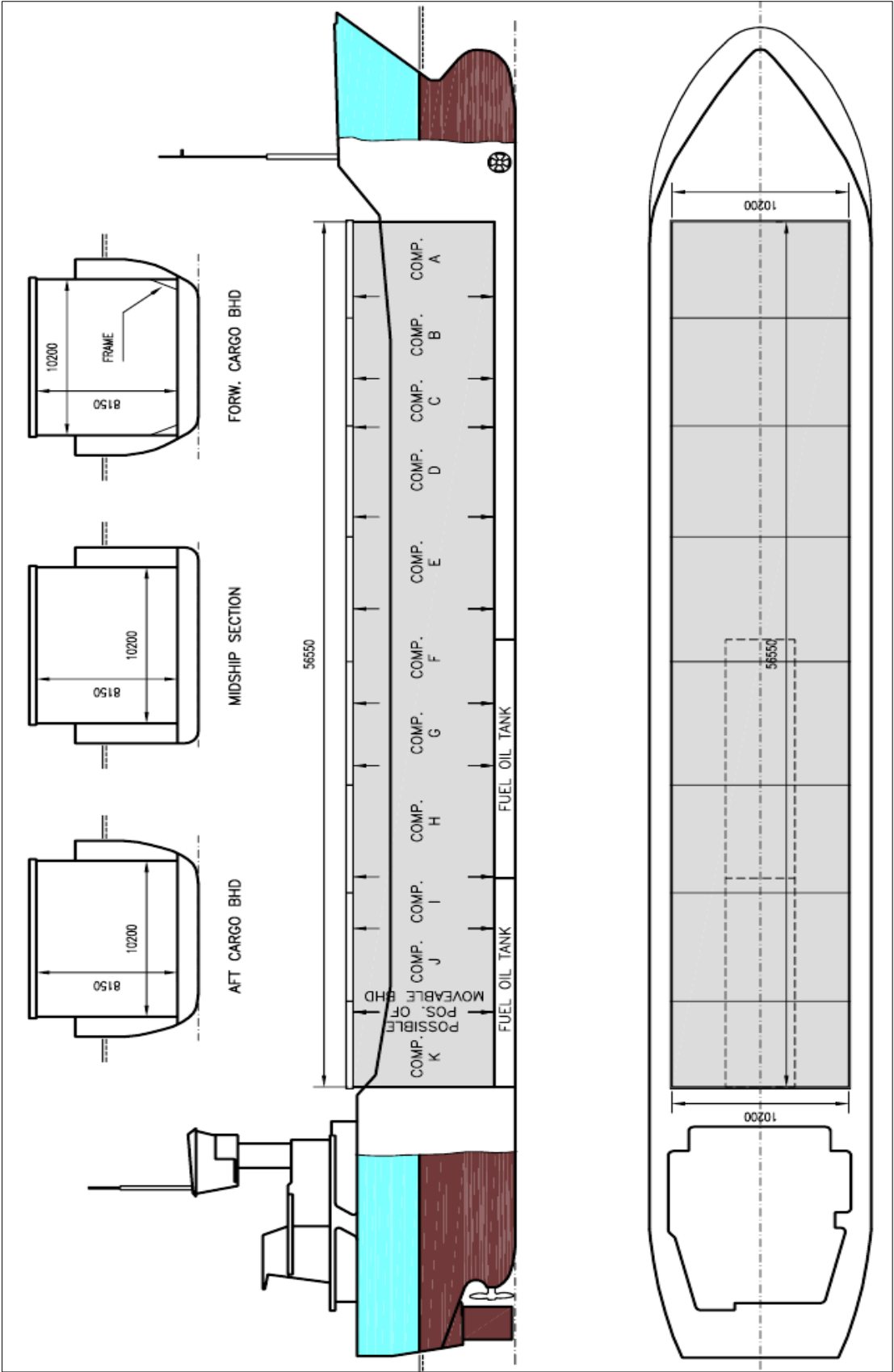


Рисунок 5 – Генеральный план м/в «WILSON BILBAO»



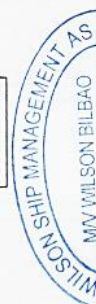
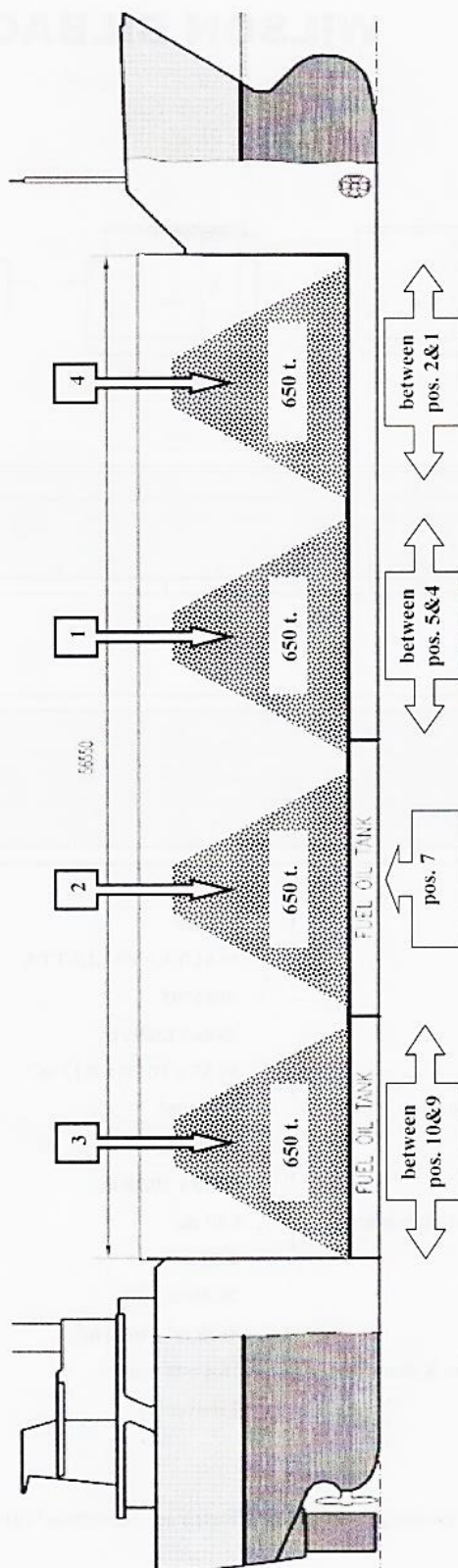
CARGO PLAN LOADING

M/V WILSON BILBAO
PORT: RAVENNA
CARGO: FERTILIZER
DATE: 20.01.2014

VOY # 239

ESTIMATED DRAFTS (1.025)
FOR=4.40 AFT=5.00

No	CARGO	WEIGHT	QUANTITY	HOLD ARRANGEMENT	REMARKS
1	FERTILIZER	650 mt.		Between pos. 4&5	
2	FERTILIZER	650 mt.		To pos. 7	
3	FERTILIZER	650 mt.		Between pos. 10&9	
4	FERTILIZER	650 mt.		Between pos. 2&1	
5	FERTILIZER	150 mt.		For order	trimming
TOTAL		2750 mt.			



Ch. Officer:  / V. Khomyakov /
Master m/v "WILSON BILBAO" / K. Tarasov /

For more details of vessel and
hold dimensions see reverse side.

Рисунок 6 – Попередній план завантаження м/в «WILSON BILBAO»

WILSON

ESTIMATED DRAFTS (1.025)
FOR=4.40 AFT=5.20

CARGO PLAN DISCHARGING

M/V WILSON BILBAO
PORT: GHENT
CARGO: FERTILIZER
DATE: 07.02.2014

VOY # 239

No	CARGO	WEIGHT	QUANTITY	HOLD ARRANGEMENT	REMARKS
1	FERTILIZER NPK 21+5+10	2750.0 mt		Discharging from aft to forward	
2					
3					
4					
5					
TOTAL		2750.0 mt.			

Ch. Officer: V. Khomyakov / V. Khomyakov /

For more details of vessel and
hold dimensions see reverse side.

Master m/v "WILSON BILBAO"

/ K. Tarasov /

Рисунок 7 – Фактический план завантаження m/v «WILSON BILBAO»»



Рисунок 8 – Фото форми зміненого штабеля вантажу після завантаження

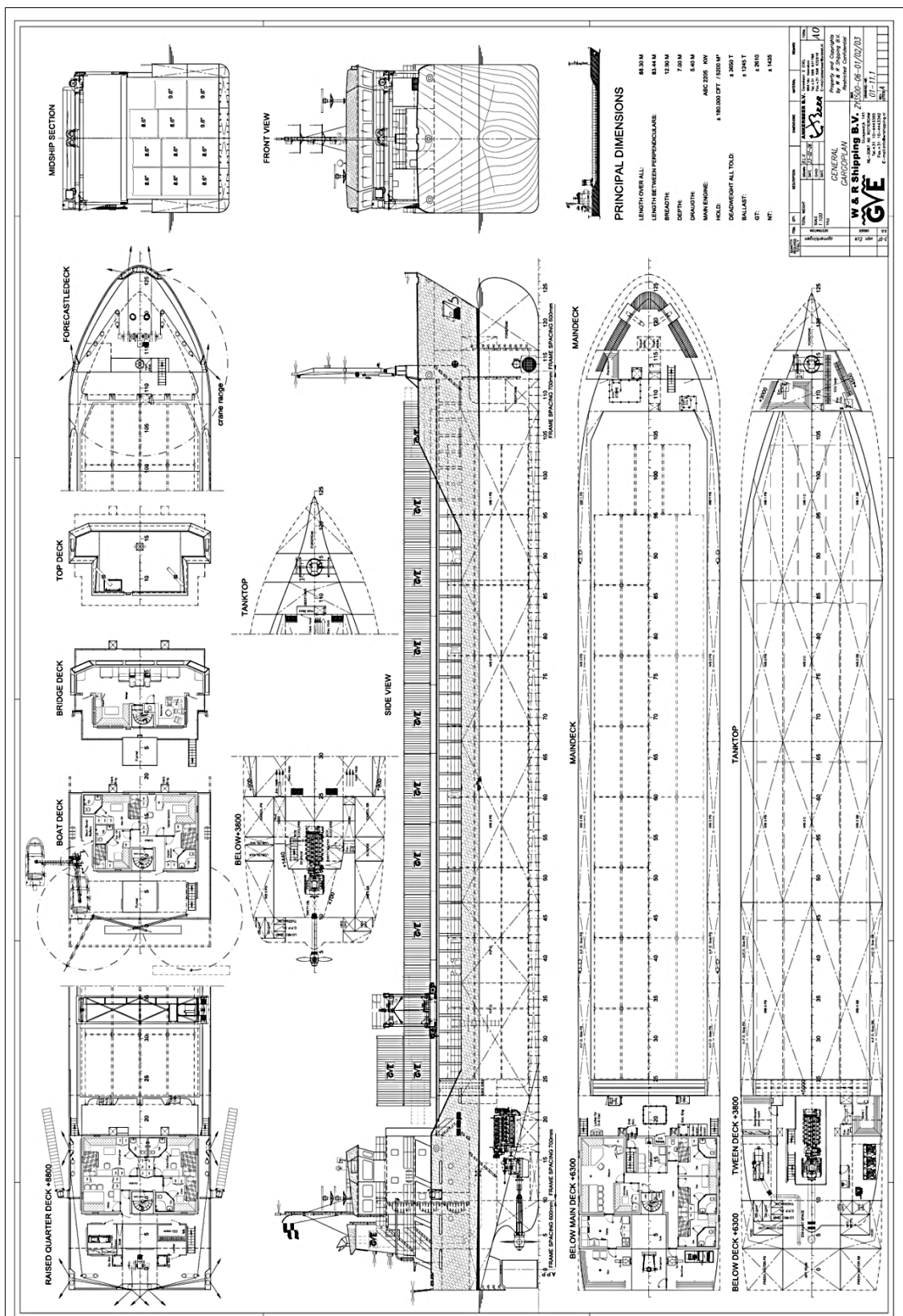


Рисунок 9 – Основной план m/v «ANNE DORTE»

General particulars.

SHIPS NAME	: mv " ANNE DORTE "
SIGNAL LETTERS	: P C K F
IMO NUMBER	: 9466233
HOMEPORT	: ROTTERDAM
OWNER/MANAGER	: W&R SHIPPING B.V. Sluisjesdujk 141 NL-3087 AG Rotterdam Telephone (+31) 10 4443365 Telefax (+31) 10 4443342
YARD	: Anquin Zhouyang Shipbuilding Co., LTD Shanghai
LAUNCHING DATE	: 12-07-2010
CLASS NOTATION	: BUREAU VERITAS : BV, 1= HULL, =ICE 1A, = Mach, =AUT-MS, =MOM-SHAFT =INWATERSURVAY, General Cargo Ship, equipped for carriage of containers Heavy cargo (tank top, 118 kN/m ²) Unrestricted Navigation. : B.V. Reg.no. : 12576W
MAIN PARTICULARS	:LENGTH OVER ALL : 88.302 m. LENGTH PERPENDICULARS : 83.442 m. LENGTH 85 % DEPTH : 83.760 m. MOULDED DEPTH : 7.000 m. MOULDED BREADTH : 12.900 m MOULDED DRAUGHT : 5.400 m. EXTREME DRAUGHT : 5.412 m.
DISPLACEMENT	: 4899 TONNES # 1000KG (even keel)
DEADWEIGHT	: ± 3430 TONNES # 1000 KG (even keel)
LIGHTSHIP WEIGHT	: ± 1469.046 TONNES # 1000 KG
L.C.G.	: ± 5.311 m.
V.C.G.	: ± 33.773 m.
T.C.G.	: ± -0.025 m.

Рисунок 10 – Загальні характеристики м/в«ANNE DORTE»

SHIPPER'S DECLARATION

This form meets the requirements of SOLAS 1974, Chapter VI, Reg 2 (for general cargo, cargo in cargo units, cargo carried in solid bulk) and the IMSBC Code, section 4.2.

General information

Shippers: EUROCHEM		Reference number(s):
Consignee: TO ORDER		Carrier: Echoship APS
Name of transport:	Port/place of departure	Instructions of other matters:
ANNE DORTE	Riga	
Destination:	Germany	

Cargo information

General description of the cargo (For solid bulk cargo - type of material/particle size)* Granular urea in bulk	
Gross mass (kg/tonnes) General cargo: Cargo unit(s): Bulk cargo: Bulk cargo	Relevant special properties of the cargo (eg highly soluble in water. For solid bulk cargo, see Section 4 of the IMSBC Code)

Cargo information

BCSN Urea granular in bulk, Group: C	
Specification of bulk cargo* Stowage factor: abt 48 cft Angle of repose: 32 deg Trimming procedures: Not liable to cohesion. Standard IMSBC trimming procedures. Chemical properties * if potential hazard:	
* IMO class, UN No. or BC No. And EmS No.	
Transportable moisture limit	Moisture content at shipment
EHS/HME (see Chapters 2.10 and 2.9.3 of the IMDG Code and MARPOL Annex V) Cargo residues must be disposed of in accordance with MARPOL Annex V	
EHS/Marine Pollutant	☐ Yes ☒ No
Human Health Criteria Met	☐ Yes ☐ No ☐ Not applicable
Rubber/Plastic	☐ Yes ☒ No
Note: Human Health Criteria data may not be available only until 31 December 2014. From 1 January 2015 Human Health Criteria data must be available.	
Additional certificate(s)* ☐ Certificate of moisture content and transportable moisture limit ☐ Weathering certificate ☐ Exemption certificate ☐ Other (specify)* * if required	

Declaration

I hereby declare that the consignment is fully and accurately described and the given test results and other specifications are correct to the best of my knowledge and belief can be considered as representative for the cargo to be loaded.

The Shippers herewith certify that all relevant conditions of the cargo required by IMSBC Code have been fully met.

Name/status, company/organization of signatory EUROCHEM	Place and date Riga	Signature on behalf of shipper
--	------------------------	--------------------------------



Рисунок 11 – Відомості про вантаж сечовини

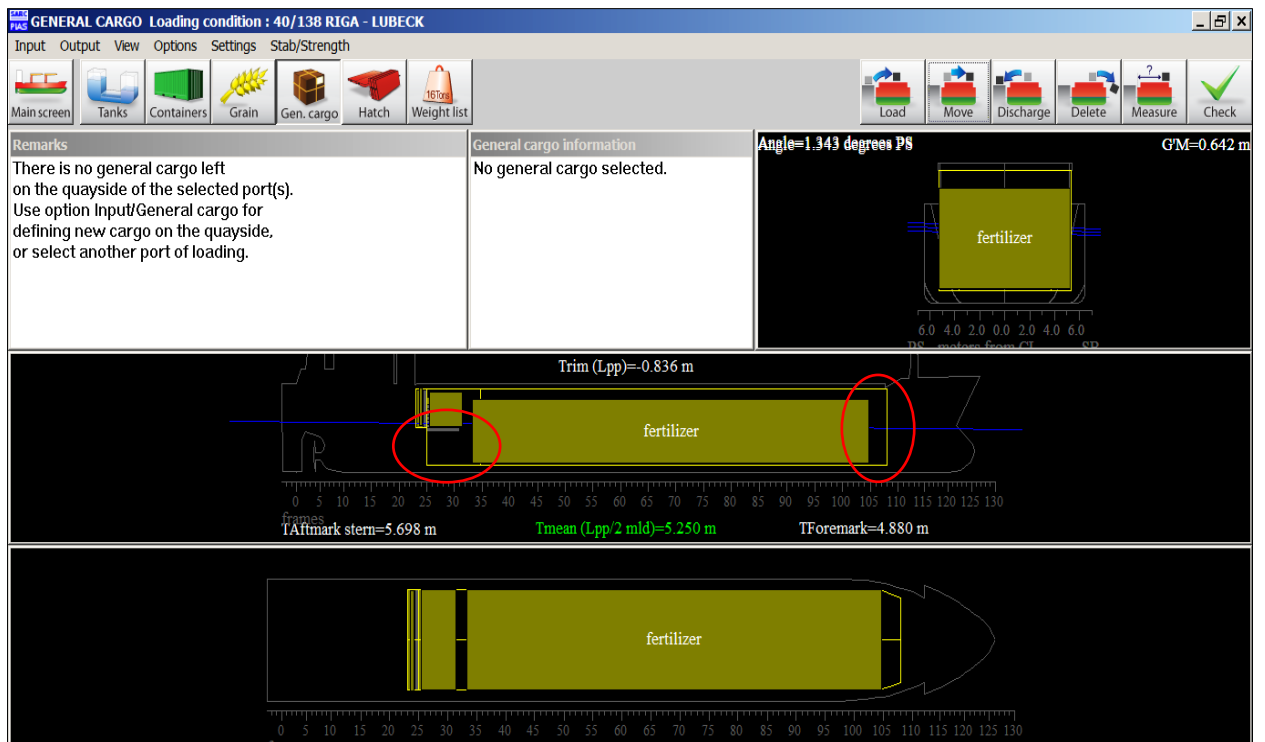
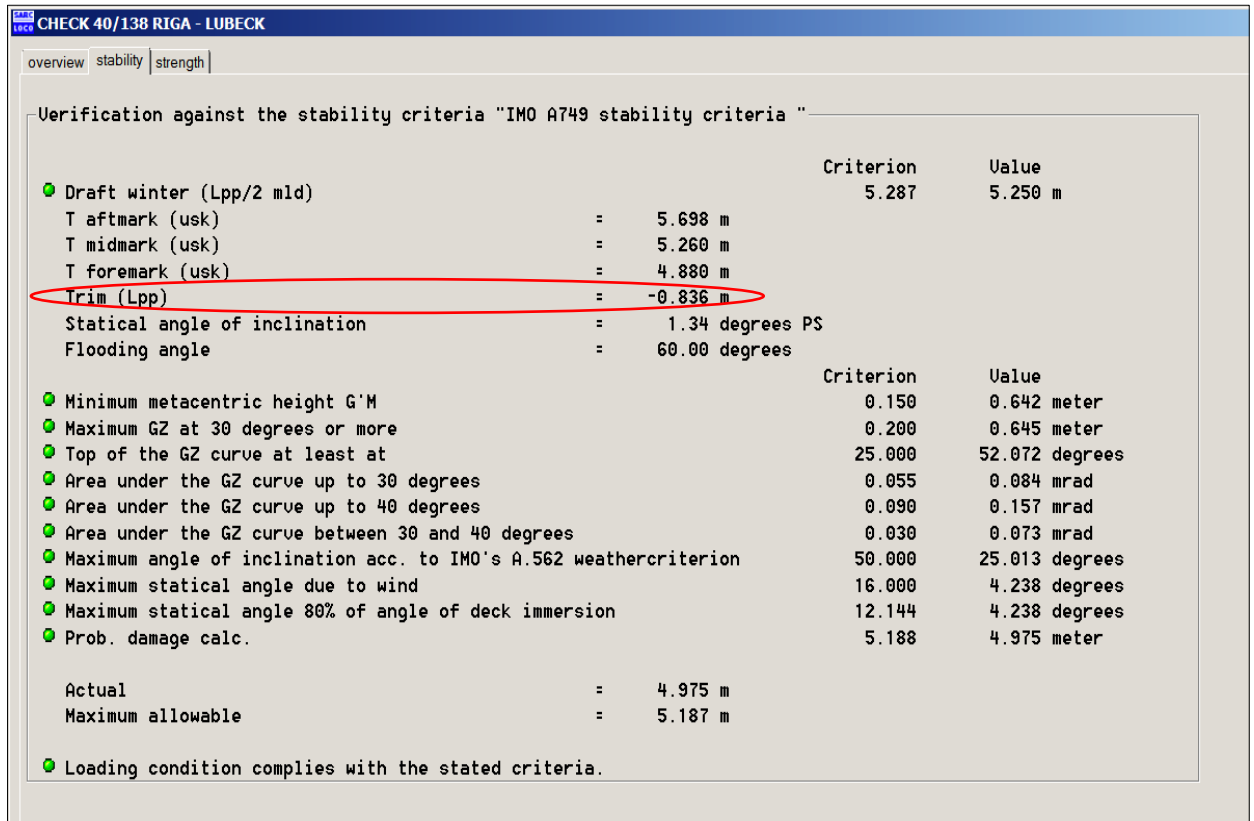


Рисунок 12 – Інтерфейс вантажної програми при розрахунку штабеля



Рисунок 13 – Реальна форма штабеля вантажу в носовій частині трюму

MAIN PARTICULARS m/v AMBER

SHIPS NAME	Amber
NATIONALITY	Dutch
CALLSIGN	P.H.P.H.
PORT OF REGISTRY	Delfzijl
SHIPS TYPE	General dry cargo
OWNERS	Riverborg B.V. 1e Dorpsstraat 20, 3701HB Zeist
MANAGERS	Rivermaas Management B.V. Oever 7, 3161GR Rhoon
BUILDERS	Ferus Smit B.V. , Westerbroek
YARD NUMBER	380
KEEL LAID	26-2-2008
DATE & PLACE OF DELIVERY	21st June, Delfzijl - The Netherlands
IMO NUMBER	9361378
OFFICIAL NUMBER	22010 Z 2008
MMSI NUMBER	245433000
SAT PHONE	+870 773170019
SAT FAX	+870 783170152
INMARSAT - C	581 424543310
INMARSAT - C	581 424543311
EMAIL	phph@globeemail.com
CELLPHONE	+31 64 68 66 982
AAIC CODE	NL 02
CLASSIFICATION	Bureau Veritas 1 * Hull, cargoship, unrestricted area
P&I	British Marine Luxembourg
ICE CLASS	Finnish/Swedish iceclass 1A
LENGTH OVER ALL	110,78 mtr
LENGTH PERPENDICULARS	105,45 mtr
BEAM MOULDED	14,00 mtr
DEPTH MOULDED	8,13 mtr
DEPTH KEEL TO UPPERDECKLINE	8,157 mtr
DRAUGHT FRESH WATER	6,240 mtr
DRAUGHT/DW TROPICAL	6,230 mtr/6241 T
DESIGN DRAUGHT/DW SUMMER	6,103 mtr/6058 T
DRAUGHT/DW WINTER	5,976 mtr/5877 T
GROSS TONNAGE (acc conv. 1969)	3990 T
NETT TONNAGE	2208 T
DISPLACEMENT	7866 T
LIGHT SHIP	1807 T
SPEED	Ballast 12kn Loaded 11kn
GRAIN/BALE	280805 CBFT / 7949 M3
HOLDS-/HATCH DIMENSIONS	2 Holds / L 27,59m + 50,88m B 11,50m H 9,00m
BULKHEADS	4 sections, 2 bulkheads
TWEENDECKS	4 sections
STENGTH SURFACES	Tanktop 15t/m2 Tweendeck 1,5t/m2 Hatches 1,6t/m2
HOLDVENTILATION	Yes, 8 airchanges/hour.
CONTAINER INTAKE	242tue / hold 138tue deck 104tue
FUEL CAPACITY	IFO 380: 395M3 GO: 45M3
MAINENGINE	M.A.K. 8M25, 3587hp/2640kw
BOWTHRUSTER	Yes, 460hp/340kw
ANTENNE HEIGHT	35mtr from keel

Рисунок 14 – Загальні характеристики м/в«AMBER»

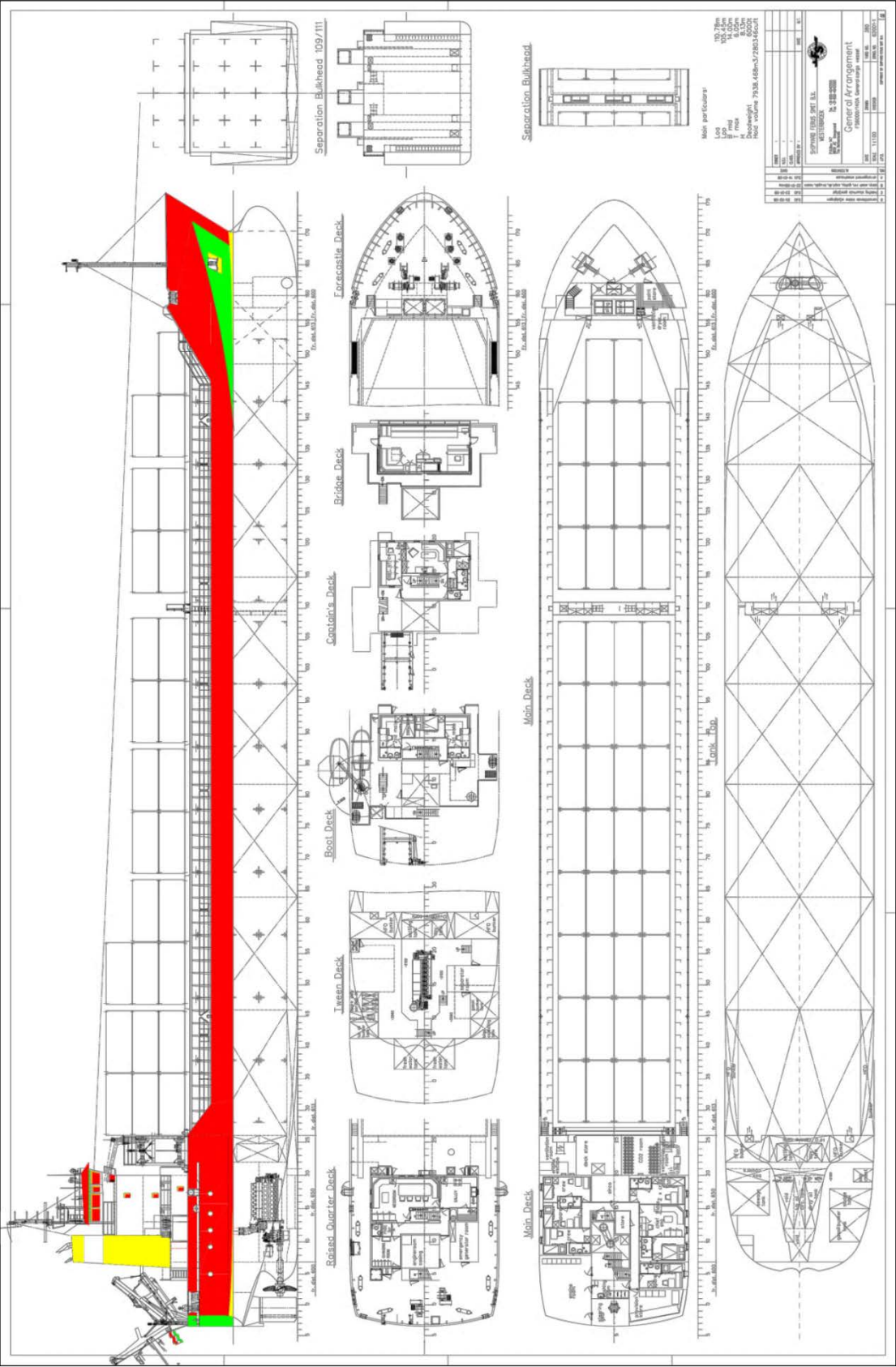


Рисунок 15 – Основной план м/в «AMBER»



Рисунок 16 – Кормова переборка другого трюму

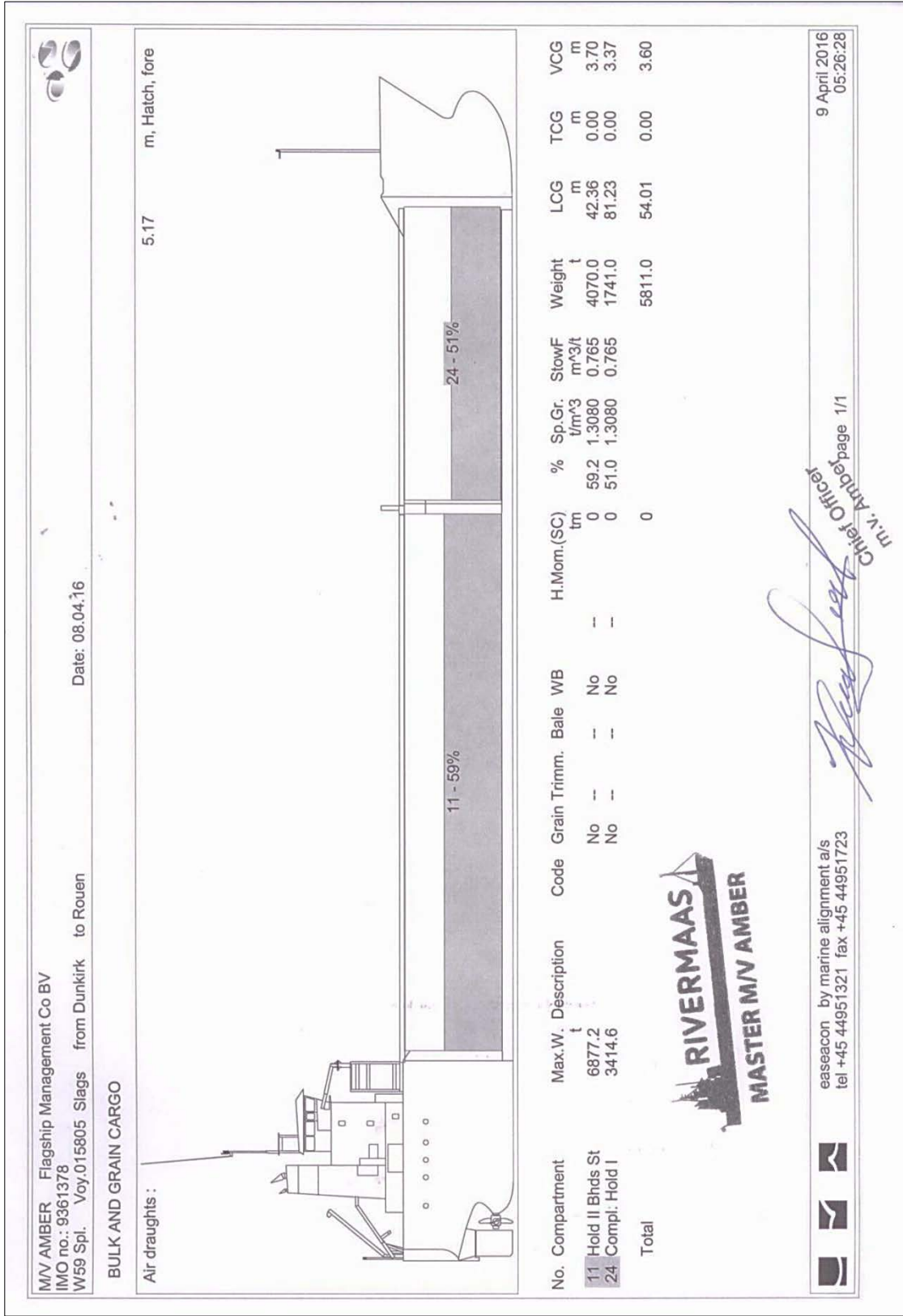


Рисунок 17 – Розрахований вантажною програмою план судна



Рисунок 18 – Права переборка другого трюму з проекцією штабеля



Рисунок 19 – Кормовий укіс штабеля другого трюму після завантаження

ДОДАТОК Г

До підрозділу 3.3

Практичні спостереження випадків завантаження трюму окремими
штабелями навалочних вантажів



Рисунок 1 – Загальний вигляд штабелів, що мають бути довантажені



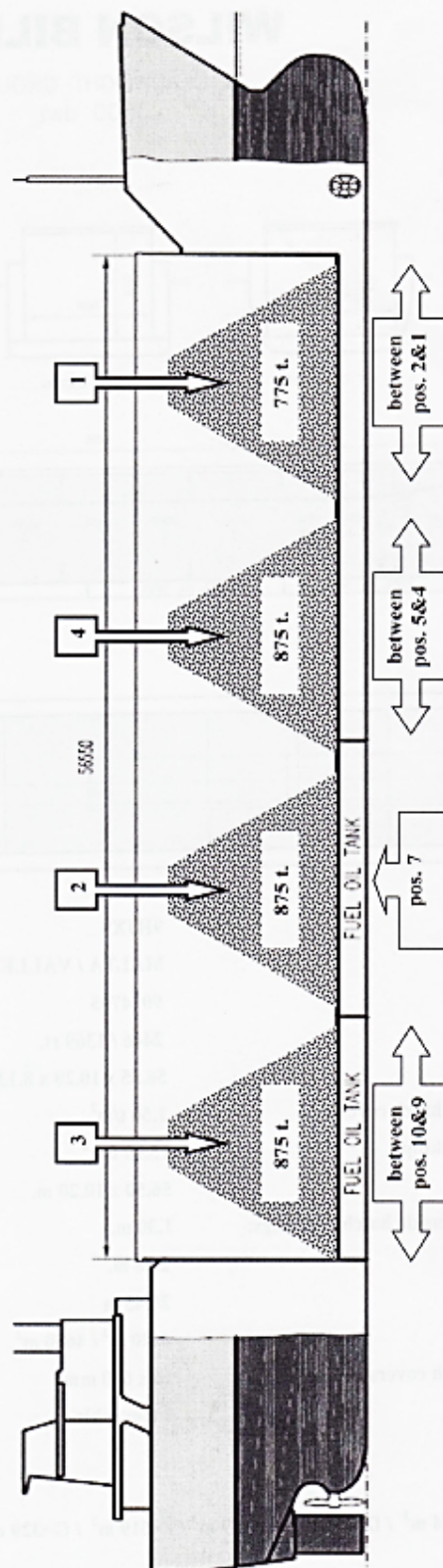
CARGO PLAN LOADING

M/V WILSON BILBAO
PORT: ROSYTH
CARGO: SPLIT IN BULK (RED GRAVEL)
DATE: 23.10.2013

V # 232

ESTIMATED DRAFTS (1.025)
FOR=5.29 AFT=5.46

No	CARGO	WEIGHT	QUANTITY	HOLD ARRANGEMENT	REMARKS
1	Split in bulk (red gravel)	775 mt.		Between pos. 2 & 1	
2	Split in bulk (red gravel)	875 mt.		Pos. # 7	
3	Split in bulk (red gravel)	875 mt.		Between pos. 10 & 9	
4	Split in bulk (red gravel)	875 mt.		Between pos. 5 & 4	
5	Split in bulk (red gravel)	100 mt.		For order	Trimming
TOTAL		3500 mt.			



For more details of vessel and hold dimension see reverse side.

Ch. Officer: B. Khotmyakov / V. Khotmyakov /

Рисунок 2 – Розрахунковий план першого рейсу Росайт – Амстердам



Рисунок 3 – Вигляд окремих штабелів після завантаження



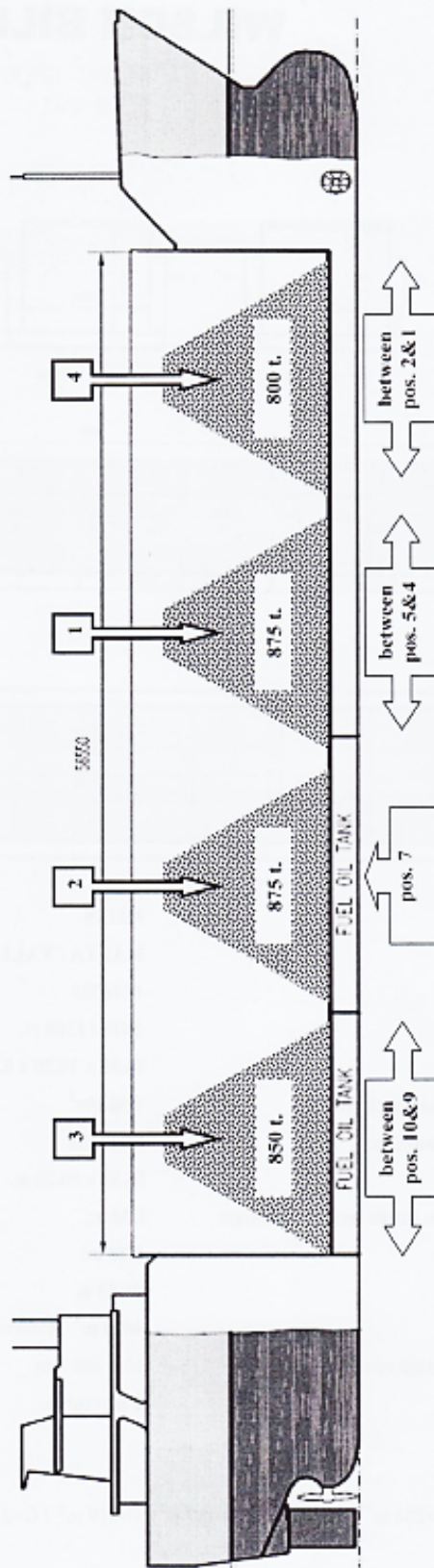
ESTIMATED DRAFTS (1.025)
FOR-5.35 AFT-5.45

CARGO PLAN LOADING

M/V WILSON BILBAO
PORT: ROSYTH
CARGO: SPLIT IN BULK (RED GRAVEL)
DATE: 29.11.2013

VOY # 236

No	CARGO	WEIGHT	QUANTITY	HOLD ARRANGEMENT	REMARKS
1	Split in bulk (red gravel) stw.: 25-30"	875 mt.		Between pos. 5 & 4	
2	Split in bulk (red gravel) stw.: 25-30"	875 mt.		Pos. # 7	
3	Split in bulk (red gravel) stw.: 25-30"	850 mt.		Between pos. 10 & 9	
4	Split in bulk (red gravel) stw.: 25-30"	800 mt.		Between pos. 2 & 1	
5	Split in bulk (red gravel) stw.: 25-30"	90 mt.		For order	Trimming
TOTAL		3490 mt.			



WILSON SHIP MANAGEMENT A/S
M/V WILSON BILBAO
VALLETTA
IMO No 9014705
CH. Officer: *[Signature]* / V. Khomyakov /
M/V WILSON BILBAO
K. Tarasov /

For more details of vessel and
hold dimensions see reverse side.

Рисунок 4 – Розрахунковий план другого рейсу Росайт - Амстердам

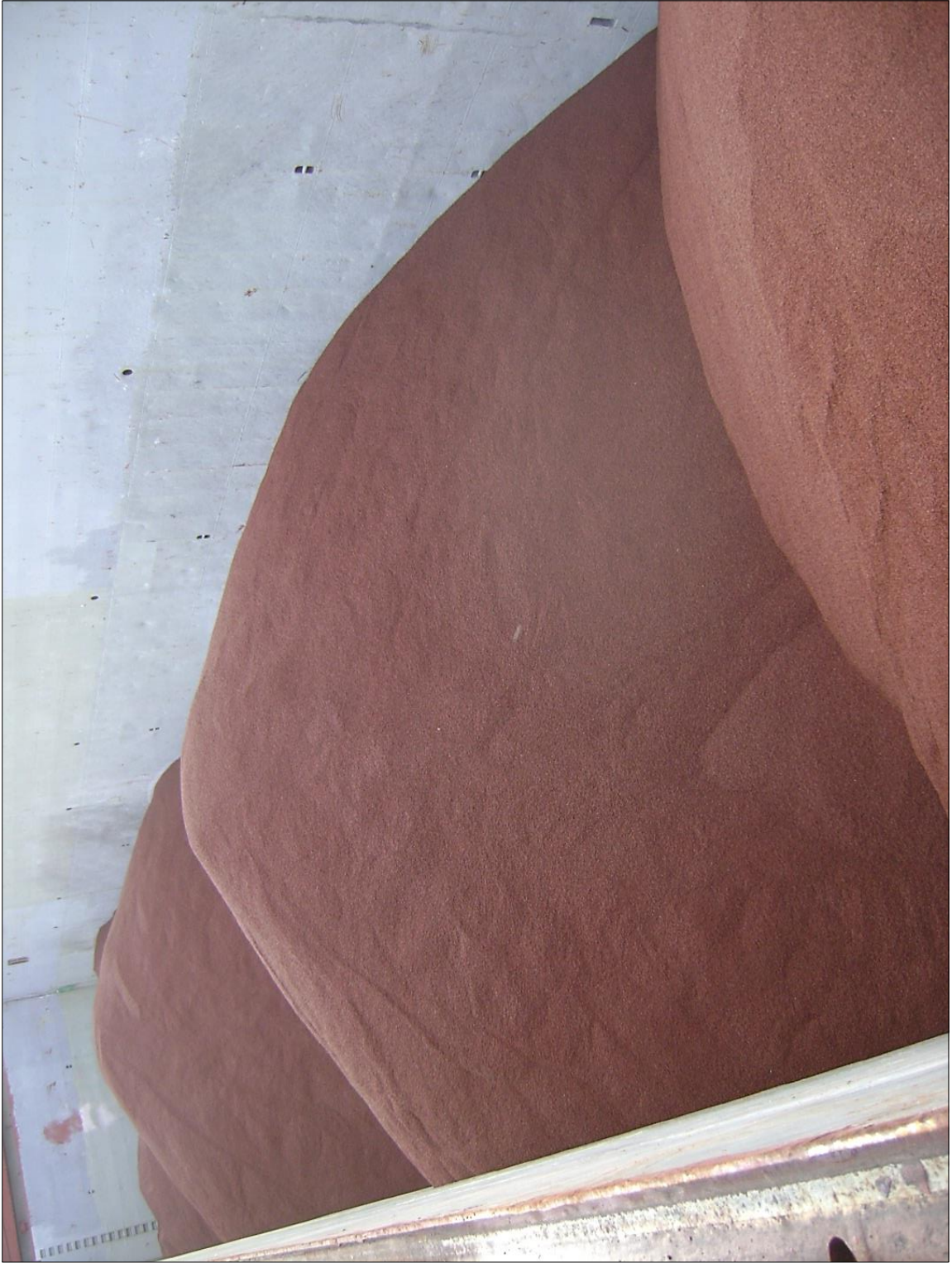


Рисунок 5 – Вигляд штабелів повного вантажу у трюмі

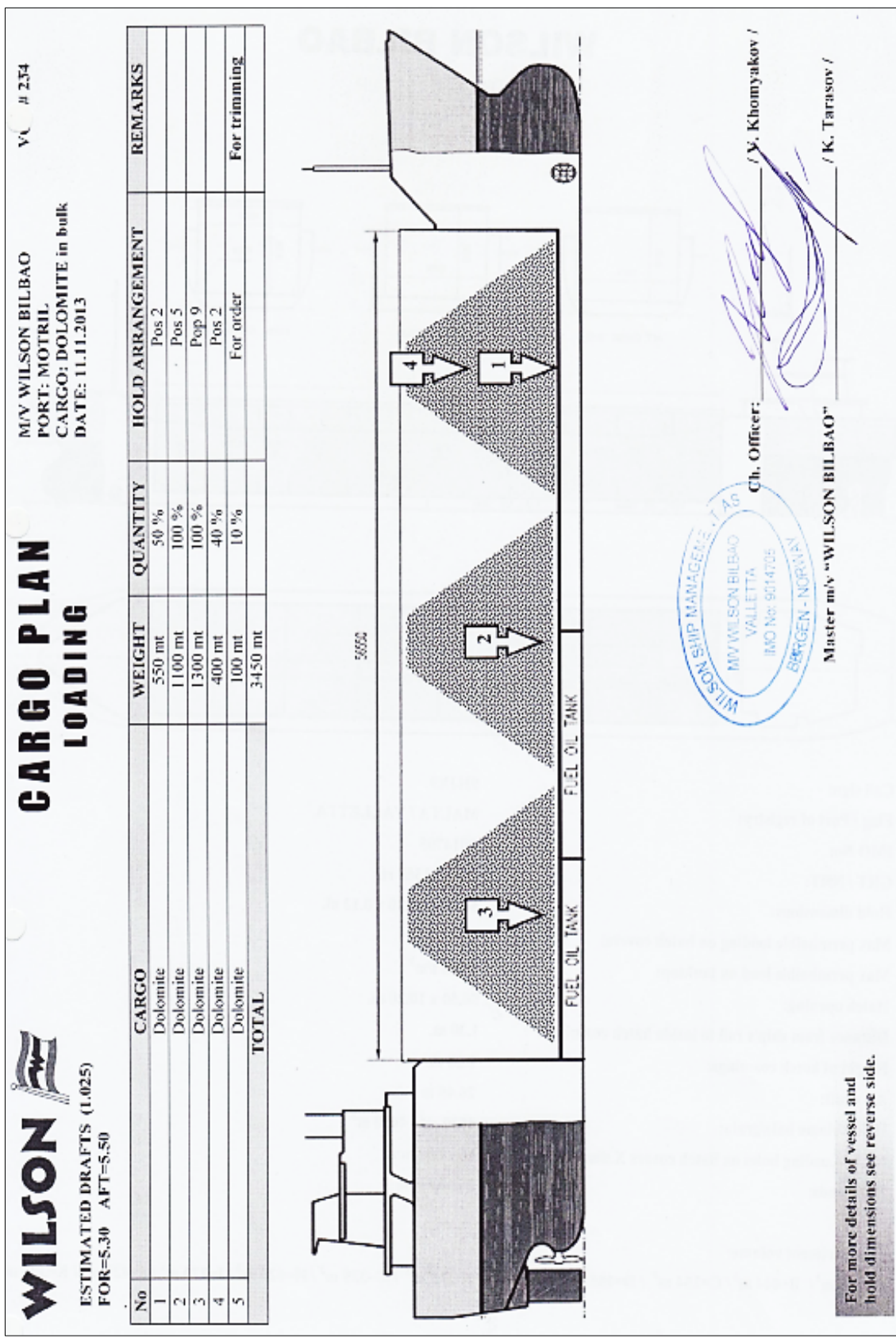


Рисунок 6 – Розрахунковий план рейсу Мотріль – Халл



Рисунок 7 – Кінцева форма поверхні штабелю

MAIN PARTICULARS m/v WAVE	
SHIPS NAME	Wave (ex Flinterwave 06.01.2011)
NATIONALITY	Dutch
CALLSIGN	P.H.B.Z.
PORT OF REGISTRY	Heerenveen
SHIPS TYPE	General dry cargo
IMO NUMBER	9313785
OFFICIAL NUMBER	7347 ZG 2004
MMSI NUMBER	246264000
SI NUMBER	42472
CLASSIFICATION	Bureau Veritas I Hull, Mach, Aut-UMS
ICE CLASS	1A Finnish-Swedish Ice Rules 2002
REGISTERED OWNER	CV svo Flinterwave
MANAGERS	Wave BV, Oever 7, 3161 GR Rhooon RiverMaas Managemen B.V(ID - 5820961) Oever 7, 3161 GR Rhooon, The Netherlands
CHARTERERS	Vertom Scheepvaart- en Handelsmaatschappij B.V. Oever 7, 3161 GR Rhooon, The Netherlands
BUILDERS	Ferus Smit Hoogezand
YARD NUMBER	352
KEEL LAID	01st January 2004
DATE & PLACE OF DELIVERY	26th November 2004 at Hoogezand, The Netherlands
INMARSAT - M (PHONE)	00870 7641 33134
INMARSAT - M (FAX)	00870 7641 33136
INMARSAT - C	581 424626410
INMARSAT - C	581 424626411
EMAIL	wave@gtships.com & wave@rivermaas.nl
CELLPHONE	+31 610 951 002 , + 358 406 738 008
LENGTH OVER ALL	89,78 mtr.
LENGTH PERPENDICULARS	84,97 mtr.
BEAM MAX.	14,00 mtr.
DEPTH TO MAINDECK	7,50 mtr.
DRAUGHT SUMMER	5,963 mtr.
DRAUGHT WINTER	5,853 mtr.
AIRDRAUGHT	30.0 mtr from base
DESIGN SPEED	Ballast 14.0 kts, loaded 13.0 kts
GROSS TONNAGE (acc conv. 1969)	2999
NETT TONNAGE	1643
DEADWEIGHT SUMMER	4536 T
DEADWEIGHT WINTER	4395 T
LIGHT SHIP	1403,24 T (excluding bulkheads 40 T)
DISPLACEMENT MAX	5940 T
FUEL CAPACITY HFO	127,9 m3
FUEL CAPACITY GASOIL	195,0 m3
POTABLE WATER CAPACITY	45,7 m3
BALLAST WATER CAPACITY	1930,6 m3
HOLD CAPACITY	5898,07 m3 / 208288,4 cft (boxshaped, bale=grain)
CONTAINER CAPACITY	Hold 102 TEU, deck 42 TEU, <u>total 144 TEU</u>
PERMISSIBLE LOAD HOLD	15 T/m2
PERMISSIBLE LOAD DECK	1.50 T/m2
PERMISSIBLE STACKLOAD HOLD	TEU 50.0 T / FEU 50.0 T (Pointload)
PERMISSIBLE STACKLOAD DECK	TEU 24.0 T / FEU 48.0 T (Lineload)
HATCH COVER SYSTEM	Pontoon type steel hatchcovers (9 panels)
MAIN ENGINE	MAK 8M25 (8 cylinders, single acting) <u>2640 kW</u> at 750 rpm
PROPELLER	Controllable pitch, 4-blade, NiAl-bronze, 3200 mm, 200.6 rpm
PROPELLER ROTATION	Counter clockwise, <u>acting right-handed on astern</u>
BOWTHRUSTER	Tunnel type, <u>275 kW</u>
RUDDER	Flap-rudder, max angle 45 degrees
BOW ANCHORS	2 x HHP POOL-TW fully balanced bow anchors, weight 1575 kg
ANCHOR CHAIN	2 x 8 lengths
(This is a non-official document. Above information believed to be correct, without any liability to the vessel and her owners or managers)	



Рисунок 9 – Основні характеристики м/в«WAVE»



Рисунок 10 – Вантажний процес т/в «WAVE»

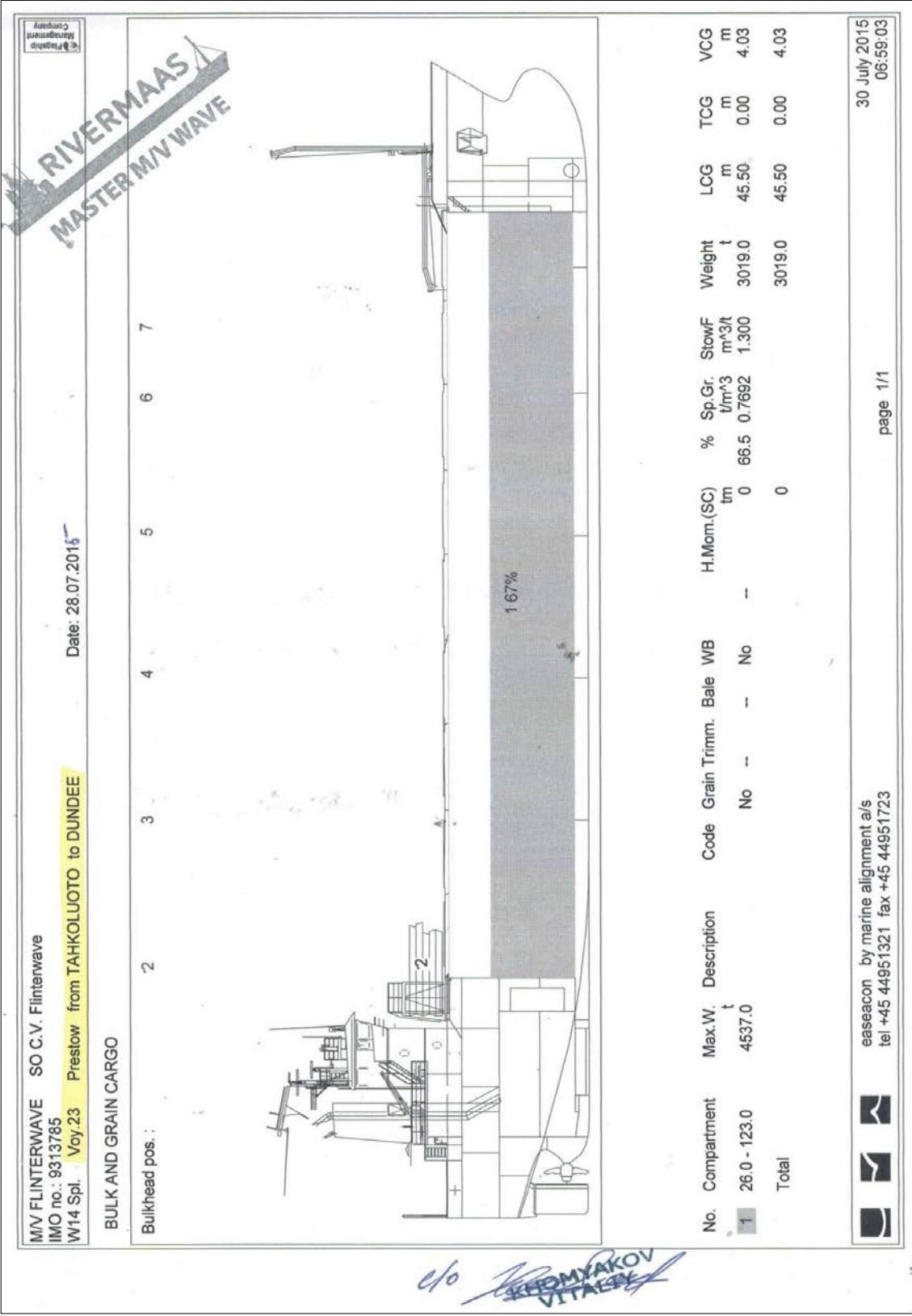


Рисунок 11 – Розрахунок вантажної програми м/в«WAVE»

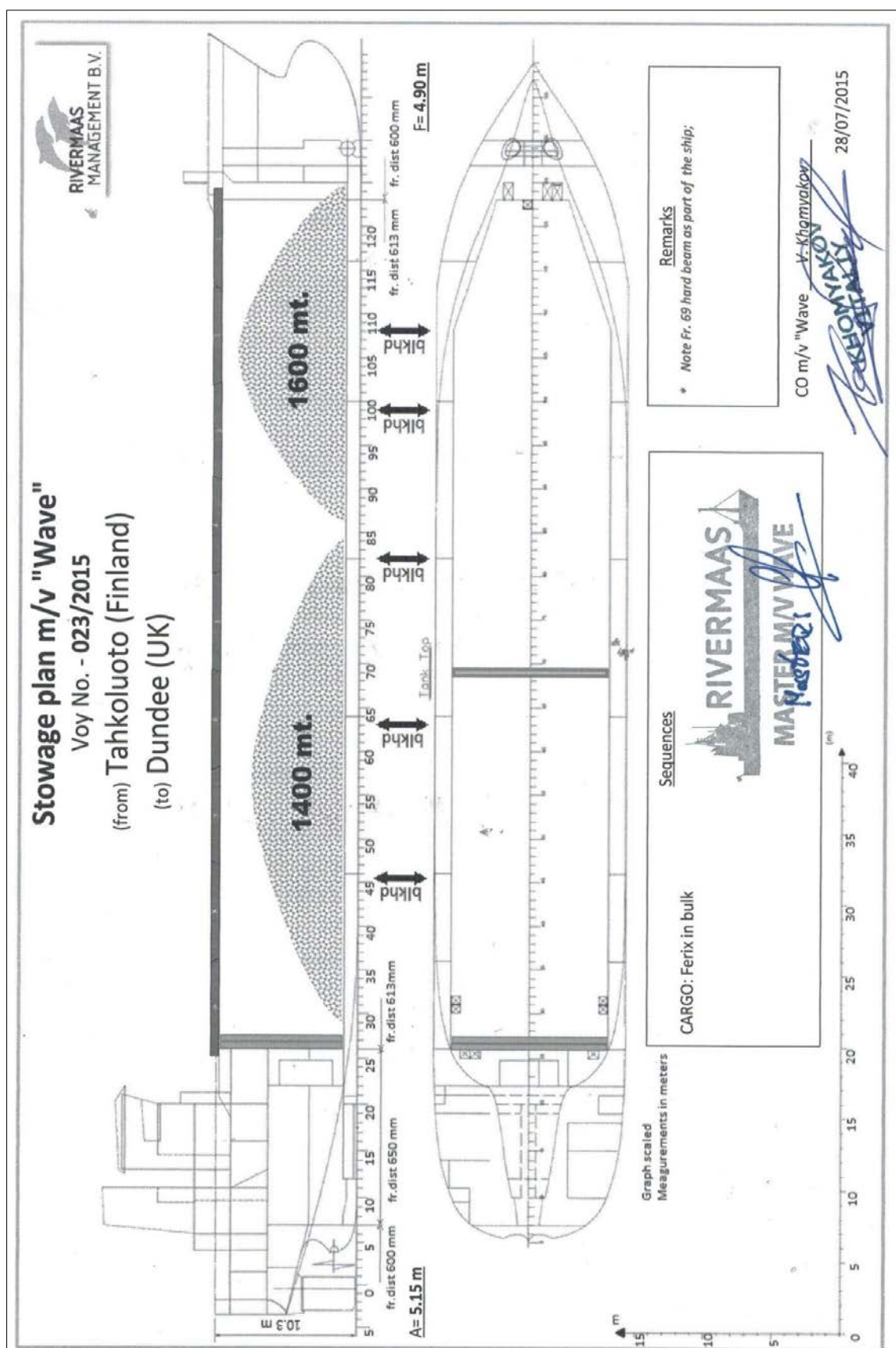


Рисунок 12 – Розрахунковий вантажний план



Рисунок 13 – Фактичний носовий штабель

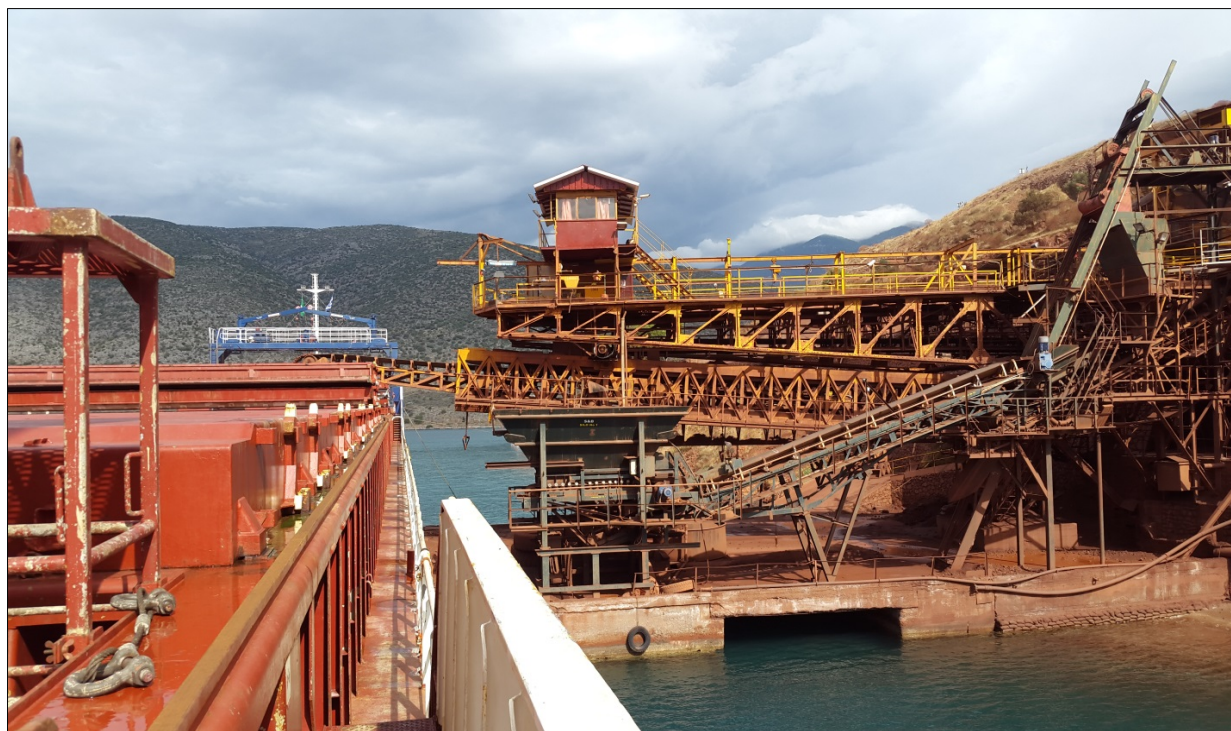


Рисунок 14 – Вантажний конвеєр та комплекс

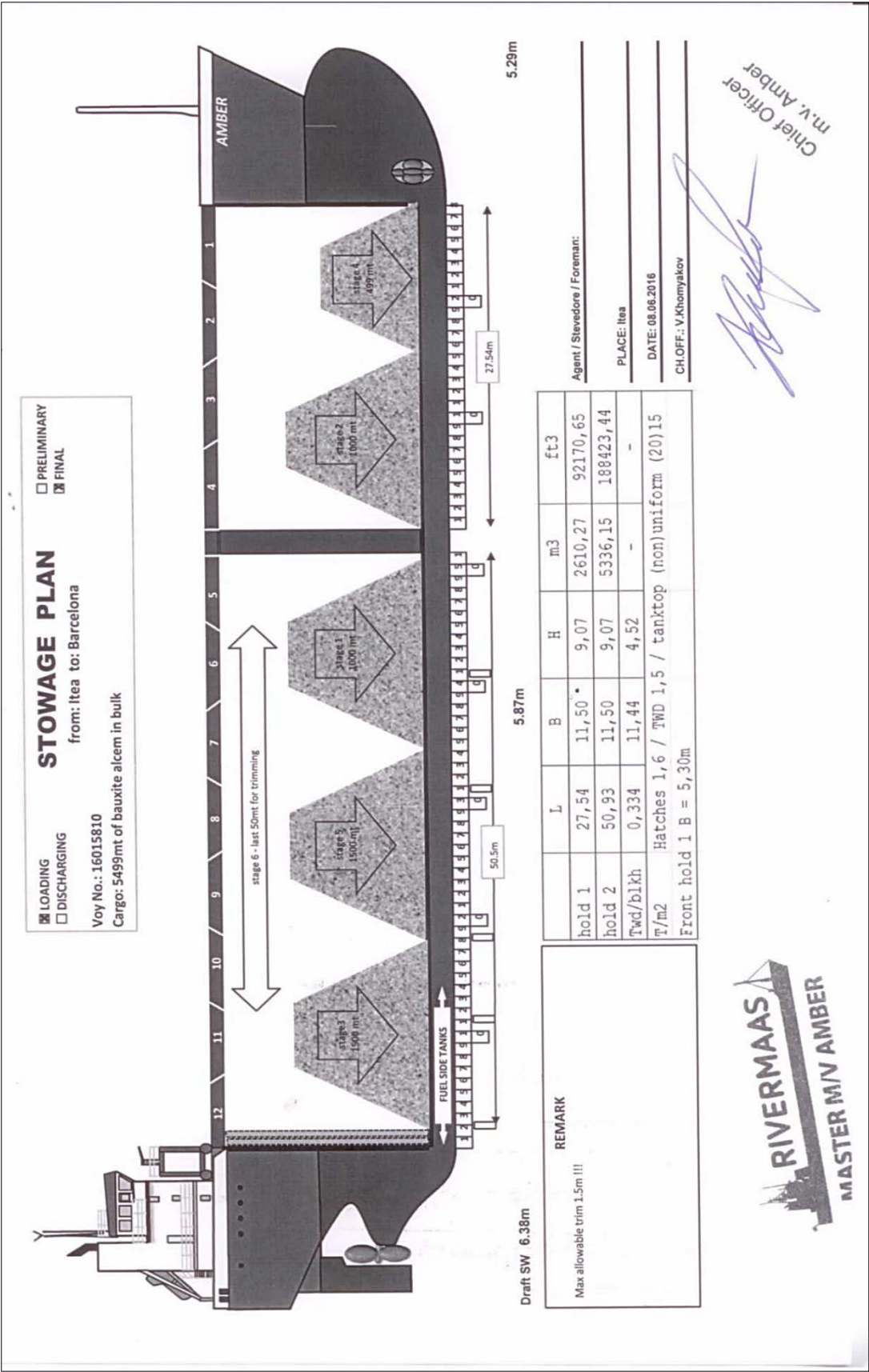




Рисунок 16 – Частина носового штабелю другого трюму

M/V AMBER Flagship Management Co BV

IMO no.: 9361378

W01 Spl.Capt Voy.015810 BAUXITE from ITEA to BARCELONA

Date: 08.06.16



BREAKBULK CARGO

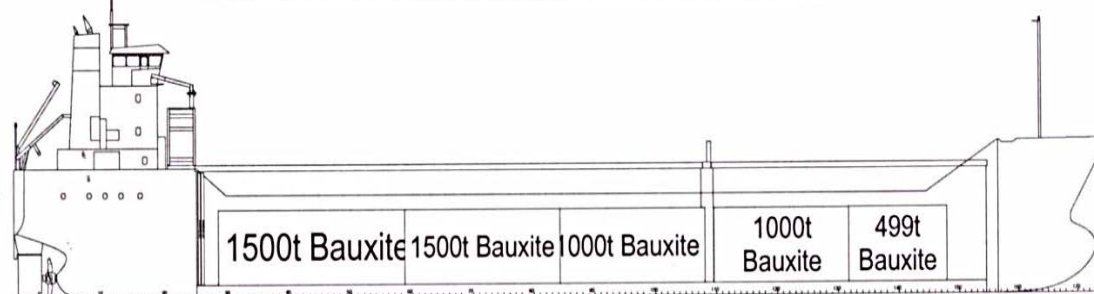
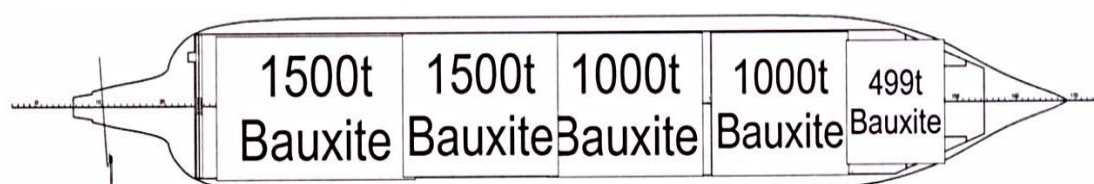
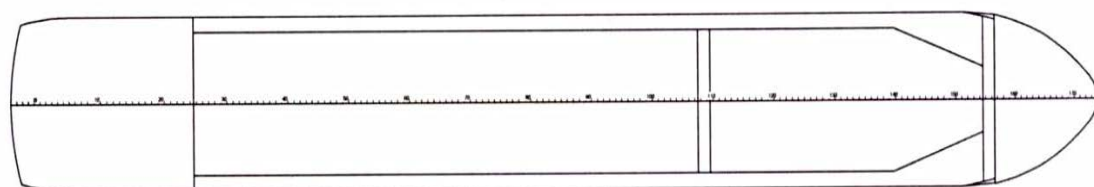
No.	Description	Length	Width	Height	Weight	LCG	TCG	VCG	IntLCG	IntTCG	IntVCG
1	Bulkhead	0.30	11.50	9.00	20.0	16.86	0.00	5.52	0.150	5.750	4.500
2	Bulkhead	0.30	11.50	9.00	20.0	17.16	0.00	5.52	0.150	5.750	4.500
3	Bauxite	15.70	11.52	5.97	1000.0	59.97	-0.10	3.99	7.851	5.759	2.987
4	Bauxite	13.78	11.52	5.97	1000.0	75.58	-0.10	3.99	6.890	5.759	2.987
5	Bauxite	20.00	11.52	5.97	1500.0	28.72	-0.20	3.99	10.000	5.759	2.987
6	Bauxite	10.00	10.00	6.00	499.0	87.24	-0.03	4.00	5.000	5.000	3.000
7	Bauxite	15.70	11.52	5.97	1500.0	45.33	-0.00	3.99	7.851	5.759	2.987
Total					5539.0	52.51	-0.09	4.00			
		m	m	m	t	m	m	m	m	m	m

M/V AMBER Flagship Management Co BV

IMO no.: 9361378

W01 Spl.Capt Voy.015810 BAUXITE from ITEA to BARCELONA

Date: 08.06.16



MASTER M/V AMBER

easeacon by marine alignment a/s
tel +45 44951321 fax +45 44951723

page 1/1

Chief Officer
m.v. Amber9 June 2016
08:43:00

Рисунок 17 – Розрахунок вантажної програми м/в«AMBER»



Рисунок 18 – Завершений кормовий штабель першого трюму

ДОДАТОК Д

До підрозділу 3.4

Практичні спостереження нестандартного завантаження
коастерних суден навалочними вантажами



Рисунок 1 – Загальний вигляд сепарації двох вантажів брезентом

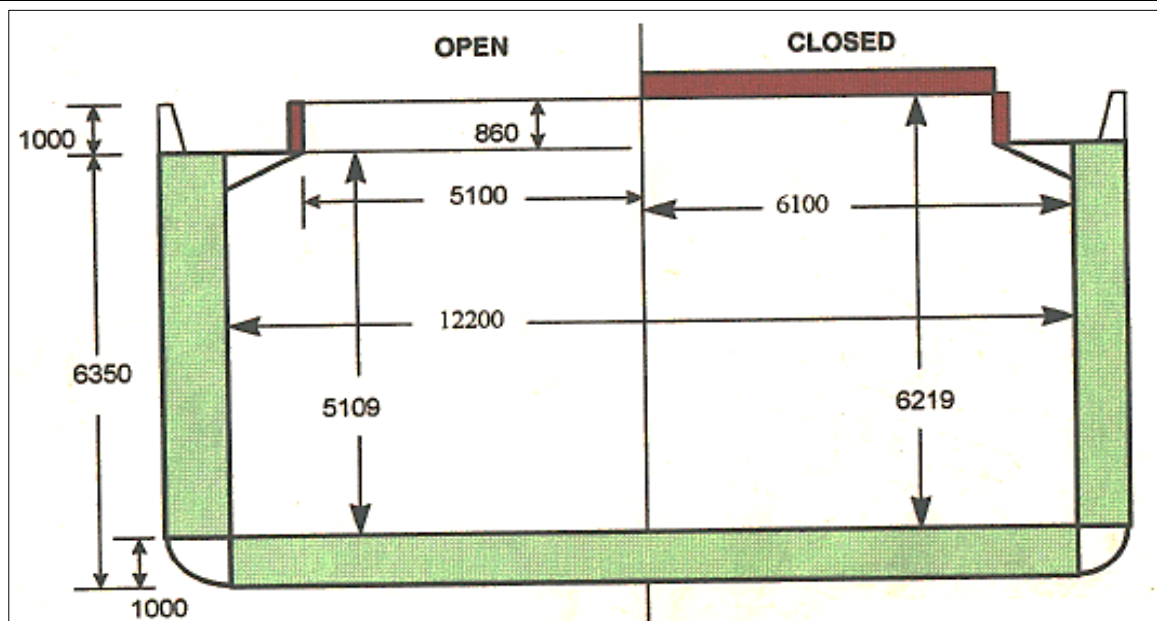
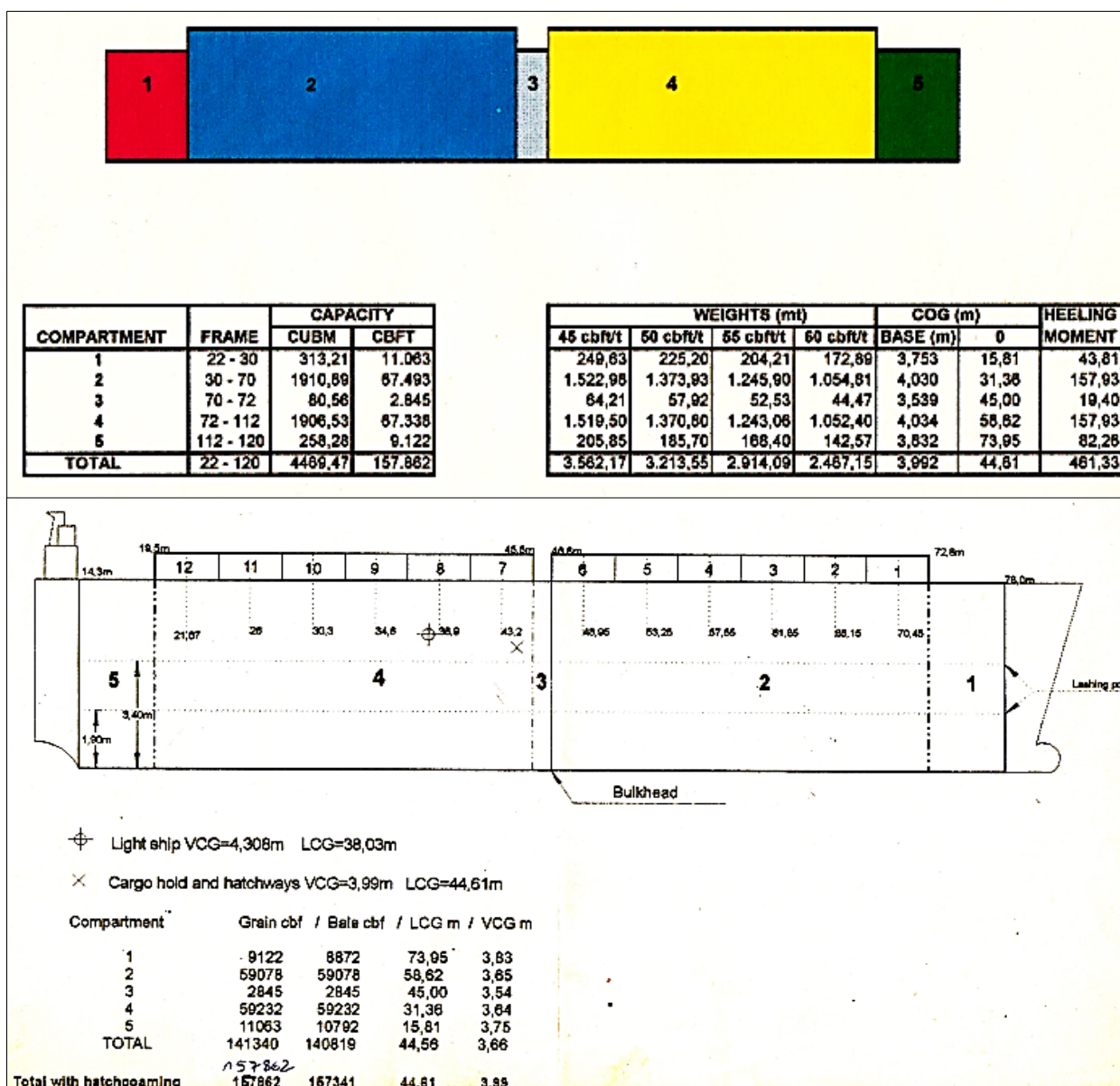


Рисунок 2 – Загальна інформація суднового трюму м/в «PLATO»

CODE NAME: "CONGENBILL". EDITION 1994		Page 2								
Shipper OSTER PUKK OG SAND AS Eikemovegen 3 N-5994 VIKANES Norway		BILL OF LADING Reference No.								
Consignee Dansk Naturstein A/S Tronholmen 28 B 8960 RANDERS DANMARK		COPY								
Notify TO ORDER										
Vessel MV PLATO	Port of loading EIKEFET									
Port of discharge KØGE										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 60%; vertical-align: top;"> Shipper's descriptions of goods Aggregates in bulk 5/8mm Aggregates in bulk 8/11mm Aggregates in bulk 11/16mm </td> <td style="width: 40%; text-align: right; vertical-align: top;"> <table style="border: none;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">1510</td> <td style="padding: 2px 10px;">Gross weight</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">504</td> <td style="padding: 2px 10px;">MTS</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">1457</td> <td style="padding: 2px 10px;">MTS</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>			Shipper's descriptions of goods Aggregates in bulk 5/8mm Aggregates in bulk 8/11mm Aggregates in bulk 11/16mm	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">1510</td> <td style="padding: 2px 10px;">Gross weight</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">504</td> <td style="padding: 2px 10px;">MTS</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">1457</td> <td style="padding: 2px 10px;">MTS</td> </tr> </table>	1510	Gross weight	504	MTS	1457	MTS
Shipper's descriptions of goods Aggregates in bulk 5/8mm Aggregates in bulk 8/11mm Aggregates in bulk 11/16mm	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">1510</td> <td style="padding: 2px 10px;">Gross weight</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">504</td> <td style="padding: 2px 10px;">MTS</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dotted black; padding: 2px 10px;">1457</td> <td style="padding: 2px 10px;">MTS</td> </tr> </table>	1510	Gross weight	504	MTS	1457	MTS			
1510	Gross weight									
504	MTS									
1457	MTS									
(of which XXX on deck at Shipper's risk; the Carrier not being responsible for loss or damage howsoever arising) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 35%; padding: 5px; vertical-align: top;"> Freight payable as per CHARTER PARTY dated FREIGHT ADVANCE Received on account of freight: Time used for loading.....days.....hours. </td> <td style="width: 65%; padding: 5px; vertical-align: top;"> SHIPPED at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the Vessel for carriage to the Port of Discharge or so near thereto as she may safely get the goods specified above. Weight, measure, quality, condition, contents and value unknown. IN WITNESS whereof the Master or Agent of said Vessel has signed the number of Bills of Lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void. FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF. </td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Freight payable at AS PER CP Number of original Bs/L -2-two </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Place and date of issue Elkefet 02,08,2012 Signature Master  </td> </tr> </table>			Freight payable as per CHARTER PARTY dated FREIGHT ADVANCE Received on account of freight: Time used for loading.....days.....hours.	SHIPPED at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the Vessel for carriage to the Port of Discharge or so near thereto as she may safely get the goods specified above. Weight, measure, quality, condition, contents and value unknown. IN WITNESS whereof the Master or Agent of said Vessel has signed the number of Bills of Lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void. FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF.	Freight payable at AS PER CP Number of original Bs/L -2-two	Place and date of issue Elkefet 02,08,2012 Signature Master 				
Freight payable as per CHARTER PARTY dated FREIGHT ADVANCE Received on account of freight: Time used for loading.....days.....hours.	SHIPPED at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the Vessel for carriage to the Port of Discharge or so near thereto as she may safely get the goods specified above. Weight, measure, quality, condition, contents and value unknown. IN WITNESS whereof the Master or Agent of said Vessel has signed the number of Bills of Lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void. FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF.									
Freight payable at AS PER CP Number of original Bs/L -2-two	Place and date of issue Elkefet 02,08,2012 Signature Master 									

Рисунок 3 – Коносамент рейсу Ейкефет (Норвегія) - Кьогє (Данія)



Рисунок 4 – Фактичний план природньої сепарації трьох вантажів



Рисунок 5 – Положення відкосів кормового та середнього штабелів



Рисунок 6 – Положення відкосів середнього та носового штабелів

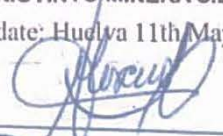
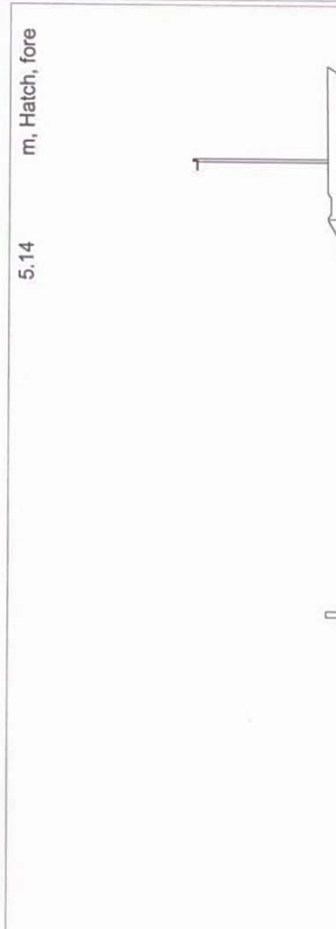
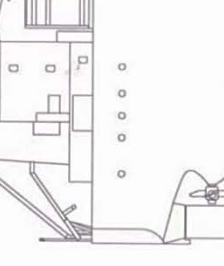
FORM FOR CARGO INFORMATION for Solid Bulk Cargoes	
BCSN: METAL SULPHIDES CONCENTRATES	
Shipper : ATALAYA RIOTINTO MINERA S.L.U.	Transport document Number: 02/2016
Consignee: To order	Carrier: M/V " AMBER"
Name/means of transport M/V "AMBER" Port/place of departure HUELVA (SPAIN) Port/place of destination ANTWERP (BELGIUM)	Instructions or other matters: Not load under rain. During trip cargo wet must be always below of TML. On trimming no peaks more of 5% ship's beam.
General description of the cargo (Type of material/particle size)* Riotinto Copper Concentrates	Gross mass (kg/tonnes) 5.700 MT. IN BULK
Specifications of bulk cargo, if applicable: Stowage factor: 0,51 m3/Mt. Angle of repose, if applicable: 45° Bulk Density: 1,96 Mt/M3 Trimming procedures: Spout trimmed Chemical properties if potential hazard*: CLASS 9, UN N° 3077 * e.g., Class & UN No. Or "MHB"	
Group of the cargo ☒ Group A & B* ☐ Group A* ☐ Group B ☐ Group C	* For cargoes which may liquefy (Group A and Group A & B cargoes) Transportable Moisture Limit 11,63% Moisture content at shipment 8,74%
Relevant special properties of the cargo (e.g., highly soluble in water): Liquefaction risk if the humidity is higher than TML Cargo harmful for Marine environment. (MARPOL Annex v)	Additional certificate(s)* ☒ Certificate of moisture content and transportable moisture limit ☐ Weathering certificate ☐ Exemption certificate ☒ Other (specify): Safety date sheet * If required
DECLARATION I hereby declare that the consignment is fully and accurately described and that the given test results and other specifications are correct to the best of my knowledge and belief and can be considered as representative for the cargo to be loaded.	Name/status, company/organization of signatory: On behalf ATALAYA RIOTINTO MINERA S.L.U. Place and date: Huelva 11th May 2016   PROYECTO Riotinto ATALAYA RIOTINTO MINERA S.L.U. C.I.F. B-85062677 LA DEHESA SIN 21.660 MINAS DE RIOTINTO (Huelva) ESPAÑA

Рисунок 7 – Форма документа «FORM FOR CARGO INFORMATION»

		M/V AMBER IMO no.: 9361378 W21 Spl. Voy.015808 copper co from Huelva to Antwerp Date: 13.05.16													
BULK AND GRAIN CARGO		m, Hatch, fore 5.14													
Air draughts :															
															
11 - 38% 24 - 37%															
No.	Compartment	Max.W. t	Description	Code	Grain Trimm.	Bale	WB	H.Mom.(SC) tm	% l/m³	Sp.Gr. t/m³	StowF m³/t	Weight t	LCG m	TCG m	VCG m
11	Hold II Bhds St	10146.7	copper concentr	No	--	--	No	0	37.8	1.9298	0.518	3835.3	42.36	0.00	2.72
24	Compl. Hold I	5037.9	copper concentr	No	--	--	No	0	36.5	1.9298	0.518	1839.0	81.16	0.00	2.72
	Total							0				5674.3	54.94	0.00	2.72


 Chief Officer
 m.v. Amber







easeacon by marine alignment a/s
 tel +45 44951321 fax +45 44951723

14 May 2016
 06:23:22

page 1/1

Рисунок 8 – Розрахунок вантажного плану судновою вантажною програмою



Рисунок 9 – Носова форма першого трюму та положення кришок



Рисунок 10 – Автор позначає та замірює вільну зону відступу



Рисунок 11 – Кормовий відкіс штабеля другого трюму

CODE NAME: "CONGENBILL", EDITION 1994		Page 2
Shipper		B/L No. 1
OSTER PUKK OG SAND AS Eikemovegen 3 N-5994 VIKANES NORWAY		BILL OF LADING Reference No
Consignee Dansk Natursten AS Tronholmen 28 B 8960 RANDERS DANMARK		COPY
Notify TO ORDER		
Vessel: MV WILSON BILBAO	Port of loading: EIKEFET	
Port of discharge: VEJLE		
Shipper's descriptions of goods		Gross weight
Aggregates in bulk 8/16 mm		2400.40 MTS
Aggregates in bulk 31,5/50 mm		1002.00 MTS
(of which XXX on deck at Shipper's risk; the Carrier not being responsible for loss or damage howsoever arising)		
Freight payable as per CHARTER PARTY dated FREIGHT ADVANCE Received on account of freight: Time used for loading days hours.	SHIPPED at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the Vessel for carriage to the Port of Discharge or so near thereto as she may safely get the goods specified above. Weight, measure, quality, condition, contents and value unknown. IN WITNESS whereof the Master or Agent of said Vessel has signed the number of Bills of Lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void. FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF.	
Freight payable at AS PER CP Number of original B/L 2-two-	Place and date of issue Eikefet 23.03.2013 Signature Master MV WILSON BILBAO	
		

Рисунок 12 – Коносамент рейсу Ейкефет (Норвегія) - Вайле (Данія)

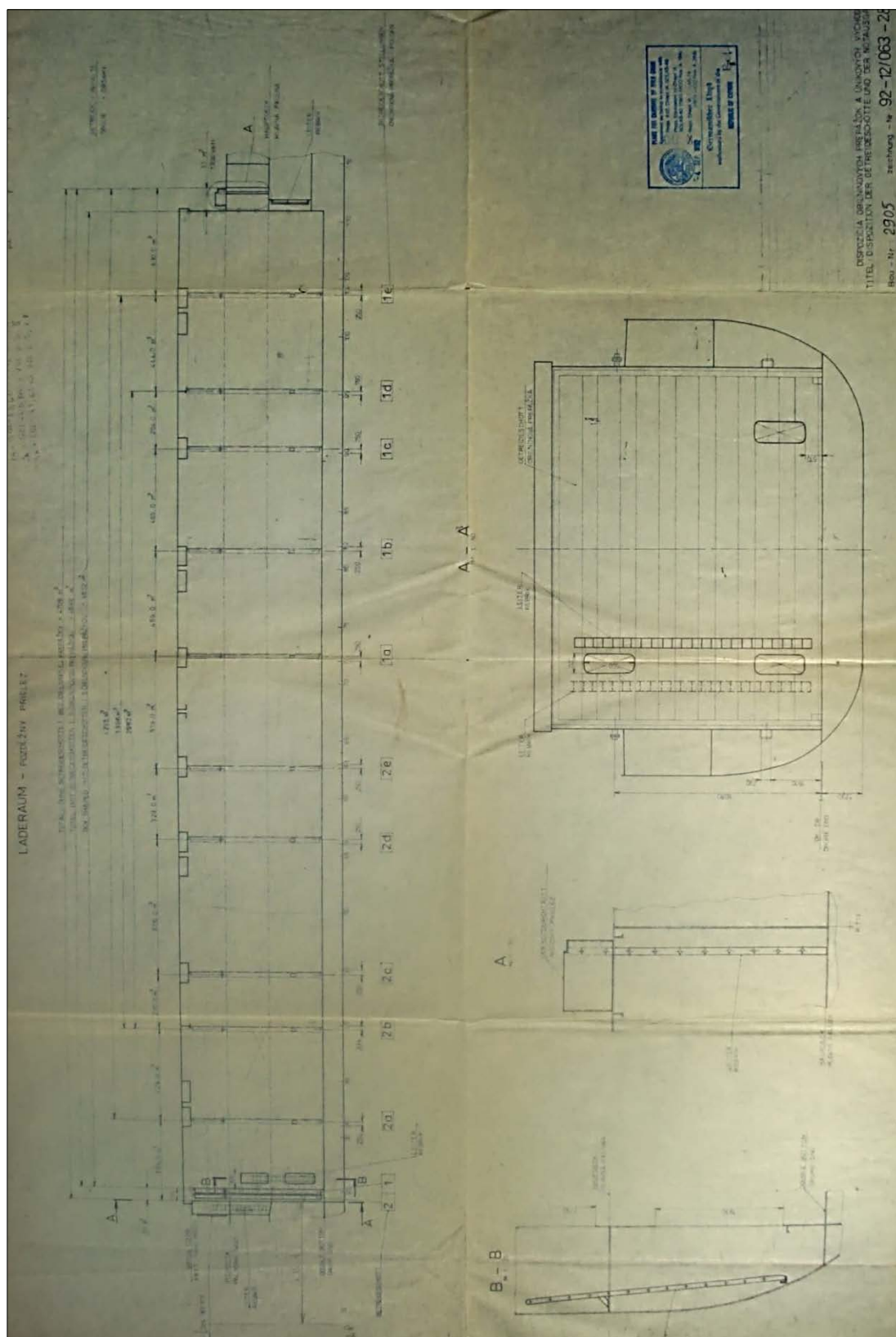


Рисунок 13 – Технічне креслення трюму судна

Movable Bulkhead Scheme												
Hold's dimensions: 56,55 x 10,20 x 8,15 m												
Between (m)	4,7	5,4	3,4	7,4	4,1	6,3	6,3	5,3	3,2	5,7	4,7	
Frame No Dist.fm Aft PP (m) Fm stern bulkhead (m)	24	31	39	44	56	63	72	82	90	95	104	111
	15,2	19,9	25,3	28,7	36,1	40,2	46,5	52,8	58,1	61,3	67	71,7
	0	4,7	10,1	13,5	20,9	25	31,3	37,6	42,9	46,1	51,8	56,5
	394						4255					
	13914						150260					
	823						3826					
	29064						135110					
	1093						3556					
	38599						125575					
	1719						2930					
	60705						103469					
	2048						2601					
	72323						91851					
	2567						2082					
	90651						73523					
	3056						1593					
	107919						56255					
	3521						1128					
	124340						39834					
	3775						874					
	133310						30864					
	4219						430					
	148989						15185					

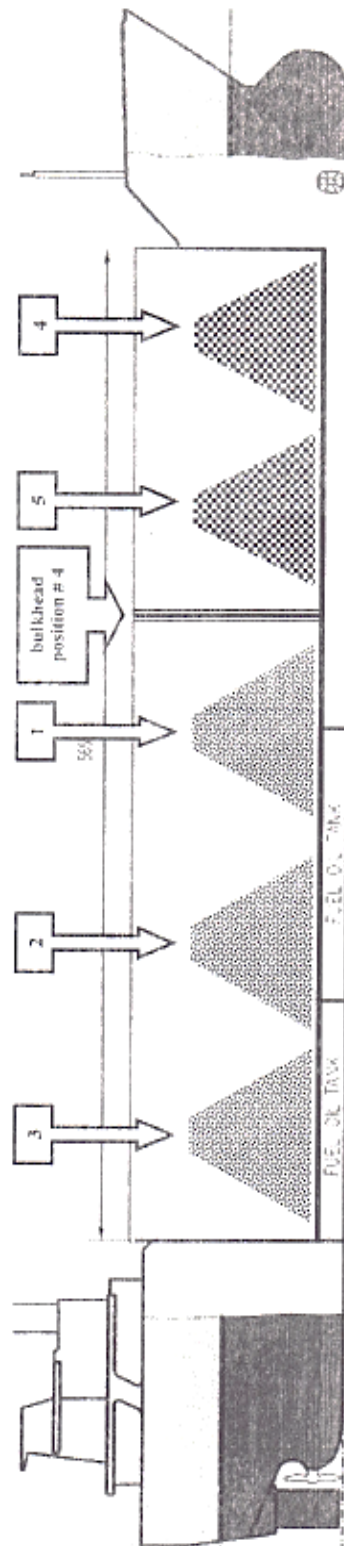


ESTIMATED DRAFTS (1.025)
FOR-S.I.7 AFT=5.44

CARGO PLAN LOADING

M/V WILSON BILBAO VC / 210
PORT: EIKEFET
CARGO: SPLIT IN BULK (2 GRADES)
DATE: 23.03.2013

No	CARGO	WEIGHT	QUANTITY	HOLD ARRANGEMENT	REMARKS
1	SPLIT grade # 2, 8/16 mm	700 mt.	2400 mt.	Pos. # 5	
2	SPLIT grade # 2, 8/16 mm	900 mt.		Pos. # 7	
3	SPLIT grade # 2, 8/16 mm	800 mt.		Pos. # 9	
4	SPLIT grade # 1, 31.5/50mm	500 mt.	1000 mt.	Pos. # 1	
5	SPLIT grade # 1, 31.5/50mm	500 mt.		Pos. # 3	base 100 mt. for trimming
TOTAL		3400 mt.			



For more details of vessel and hold dimension see reverse side.



Рисунок 15 – Фактический план завантаження судна

ДОДАТОК Е

До розділу 4

Математична модель конфігурації штабелю
навалочного вантажу в трюмі судна

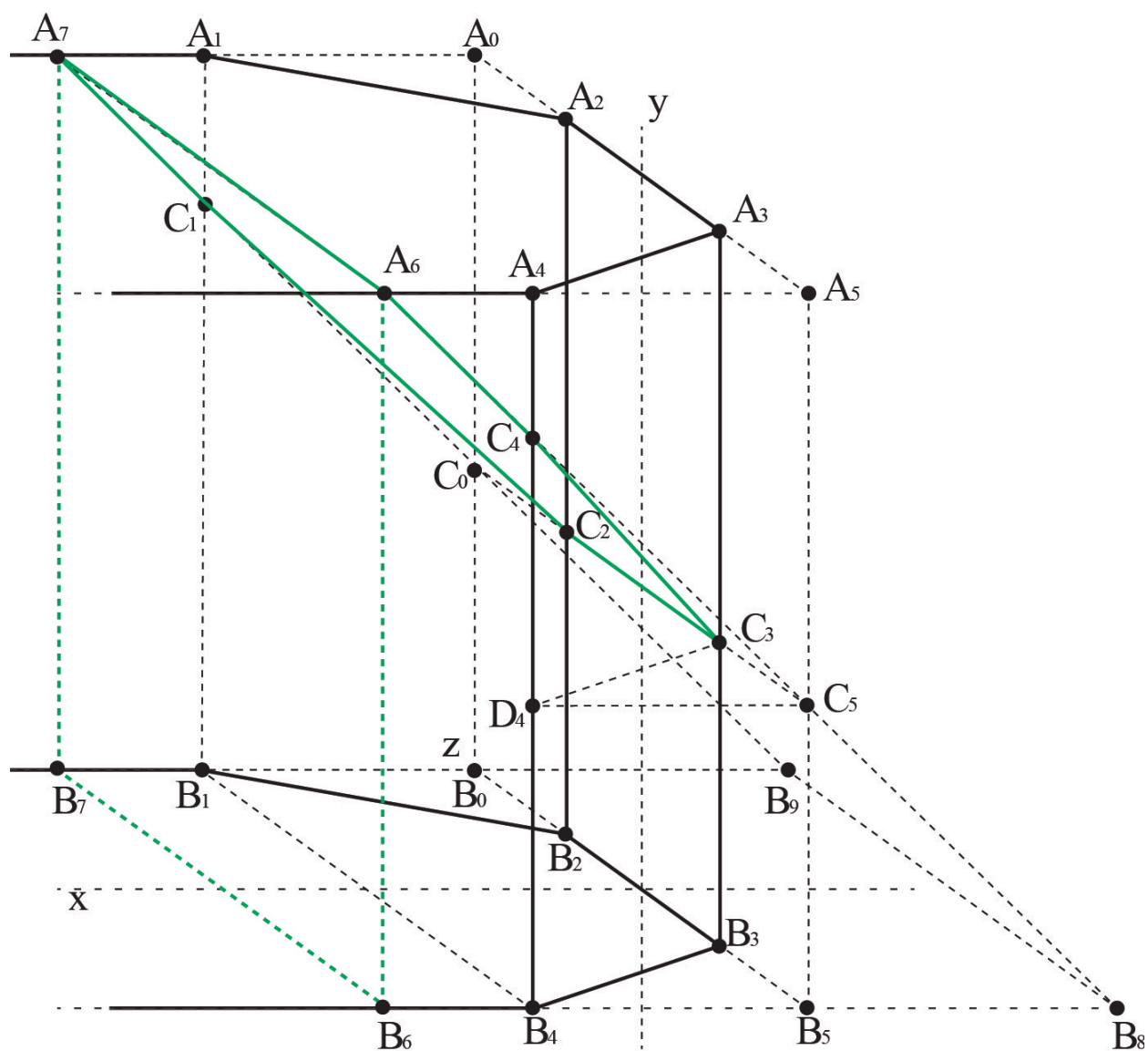


Рисунок 1 – Форма штабеля в носовій частині трюму (перша конфігурація)

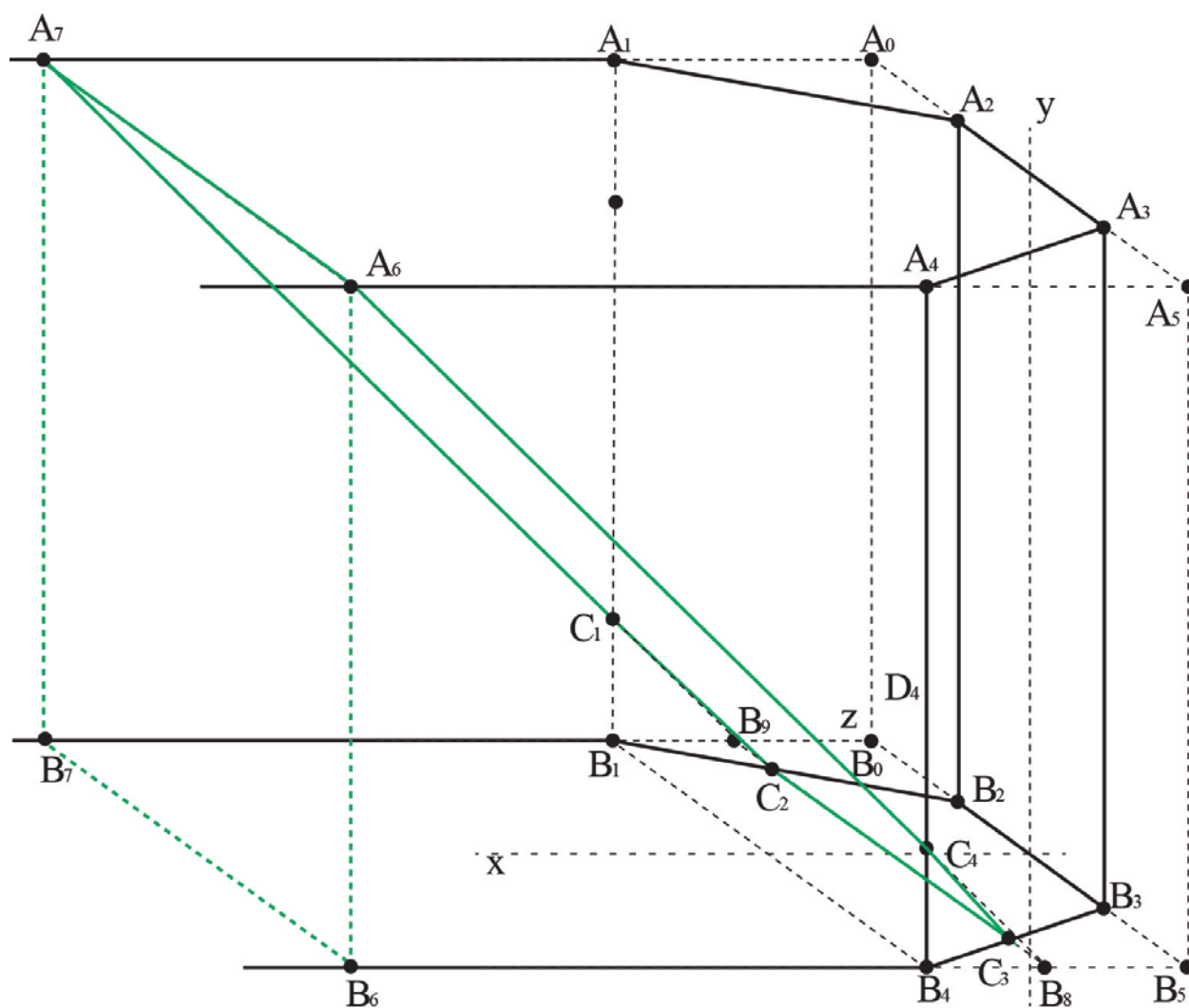


Рисунок 2 – Форма штабеля в носовій частині трюму (друга конфігурація)

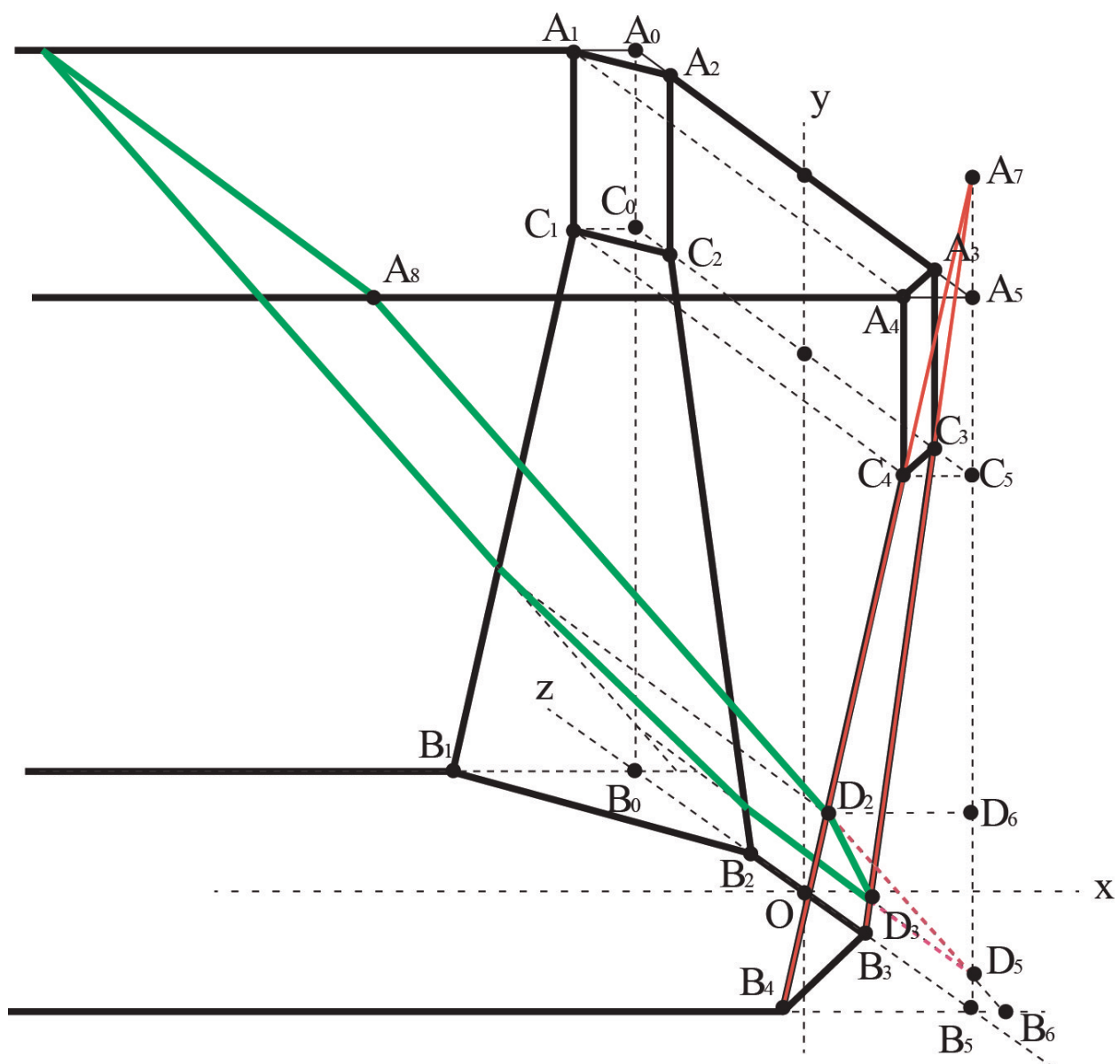


Рисунок 3 – Форма штабеля в носовій частині зі скосом (перша конфігурація)

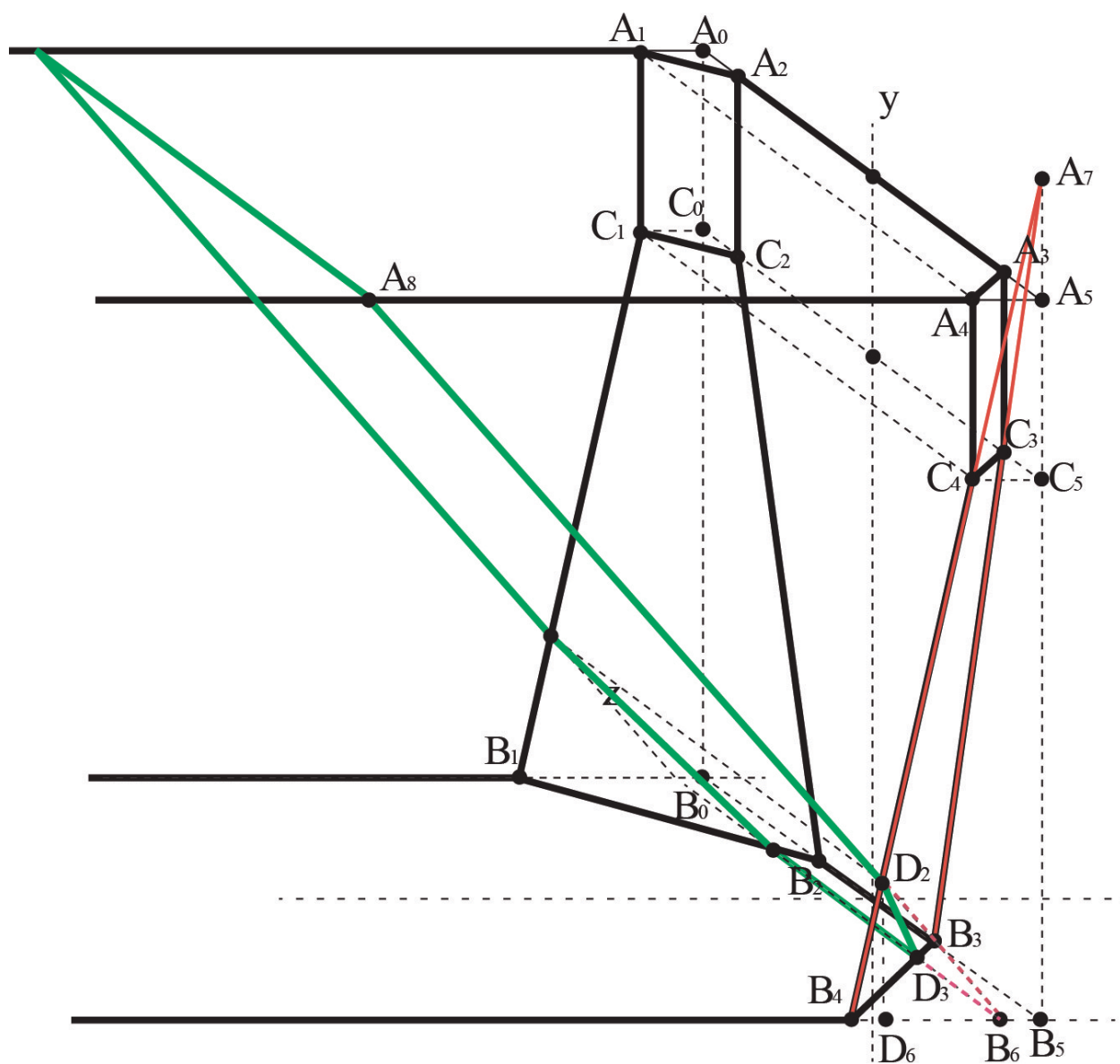


Рисунок 4 – Форма штабеля в носовій частині зі скосом (друга конфігурація)

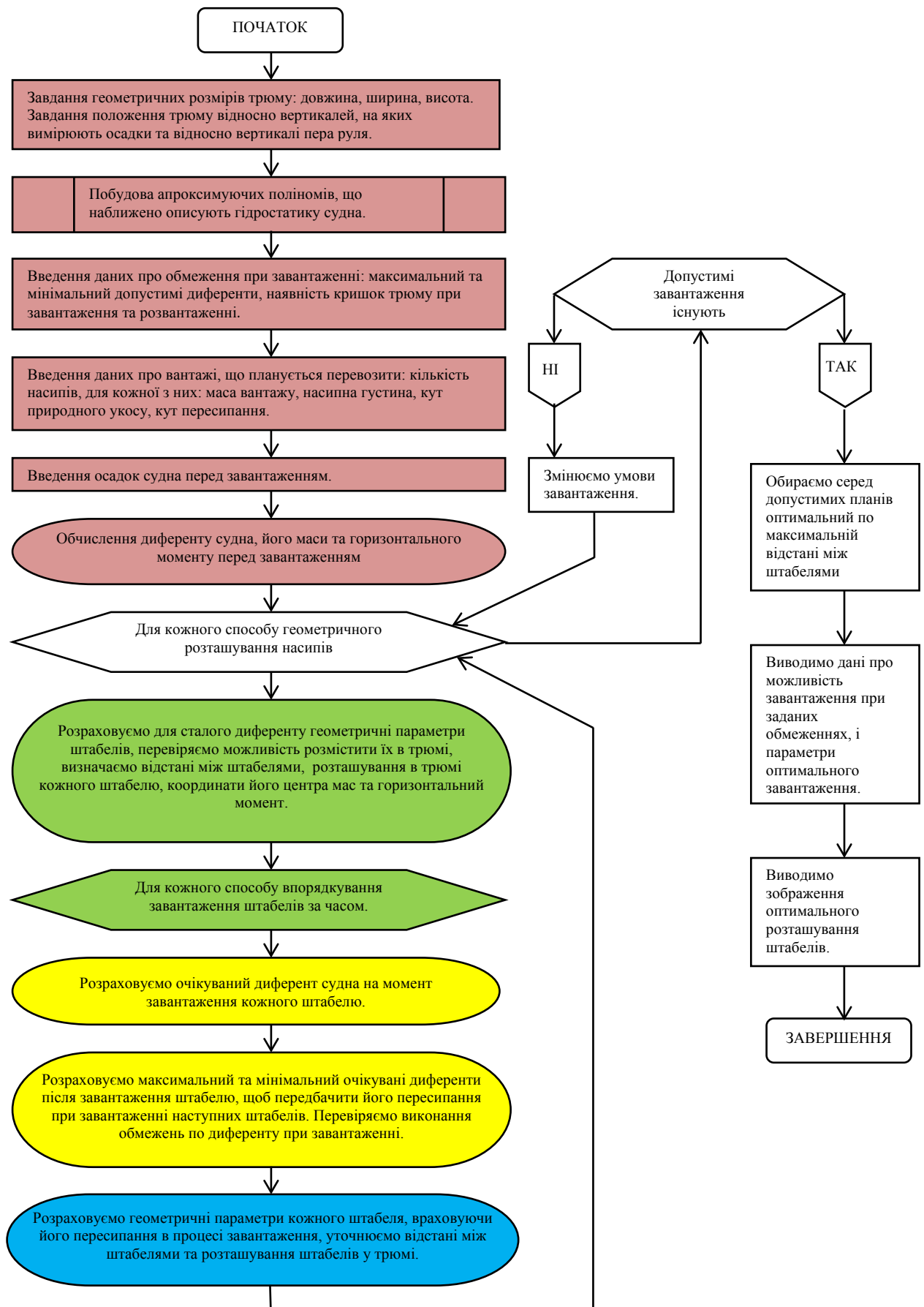


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритму та програми

ДОДАТОК Ж

До пункту 5.2.1

Перевірка можливості вантажного плану судна «Wilson Bilbao»
методом «природної сепарації»



wec.ops@wilsonship.no
22.11.2013 14:49

To w-bilbao@wilsonfleet.no
cc
bcc
Subject W.Bilbao - Amsterdam/Peterhead - v235 - INSTR.

to: w.bilbao
fm: wec

v235

Acc : t.h fergusson
1/can 25-26th November 2013

loading planned on monady 25th/11.

loadport: Amsterdam lgsb
dischporT: Peterhead lgsb

cargo: 1500mt +/- 10 % oo coal (whicj means max 1650 mts)
about 52cuft

2 grades : 750/750 about - bulkhead seperation

pls revert with cgo plan (copy to agent loadport)

FREIGHT payable P.T. INTAKEN WEIGHT FIOT.

24 HRS LOAD / 24HRS DISCHARGE NR. -
NORMAL SSHEX TERMS FRI 1700/MON 0800

agents:

amsterdam: lbhh shipping
ph: +31 10 5065000
fax: +31 10 5013400
e-mail:agency@lbhnnetherlands.com

peterhead: Andrew Smith and Schultze Ltd
tel + 44 1779 472210
44 1779 470638
agency@smithandschultze.co.uk

pls note:

- will arrange in Amsterdam 50 mt mgo
it will be enough for this and next voy
- next voy will be Rosyth/amsterdam
pls calculate cgo intake, so I can confirm to the Chtrs asap.

rgds
WILSON EUROCARRIERS AS
Julia G.Sandal
Phn: +47 5530 8247
Mob: +47 9206 5775
E-fax: +47 8502 8225
E-mail: wec.ops@wilsonship.no
Web site: www.wilsonship.no

Рисунок 1 – Рейсове завдання судна «Wilson Bilbao»

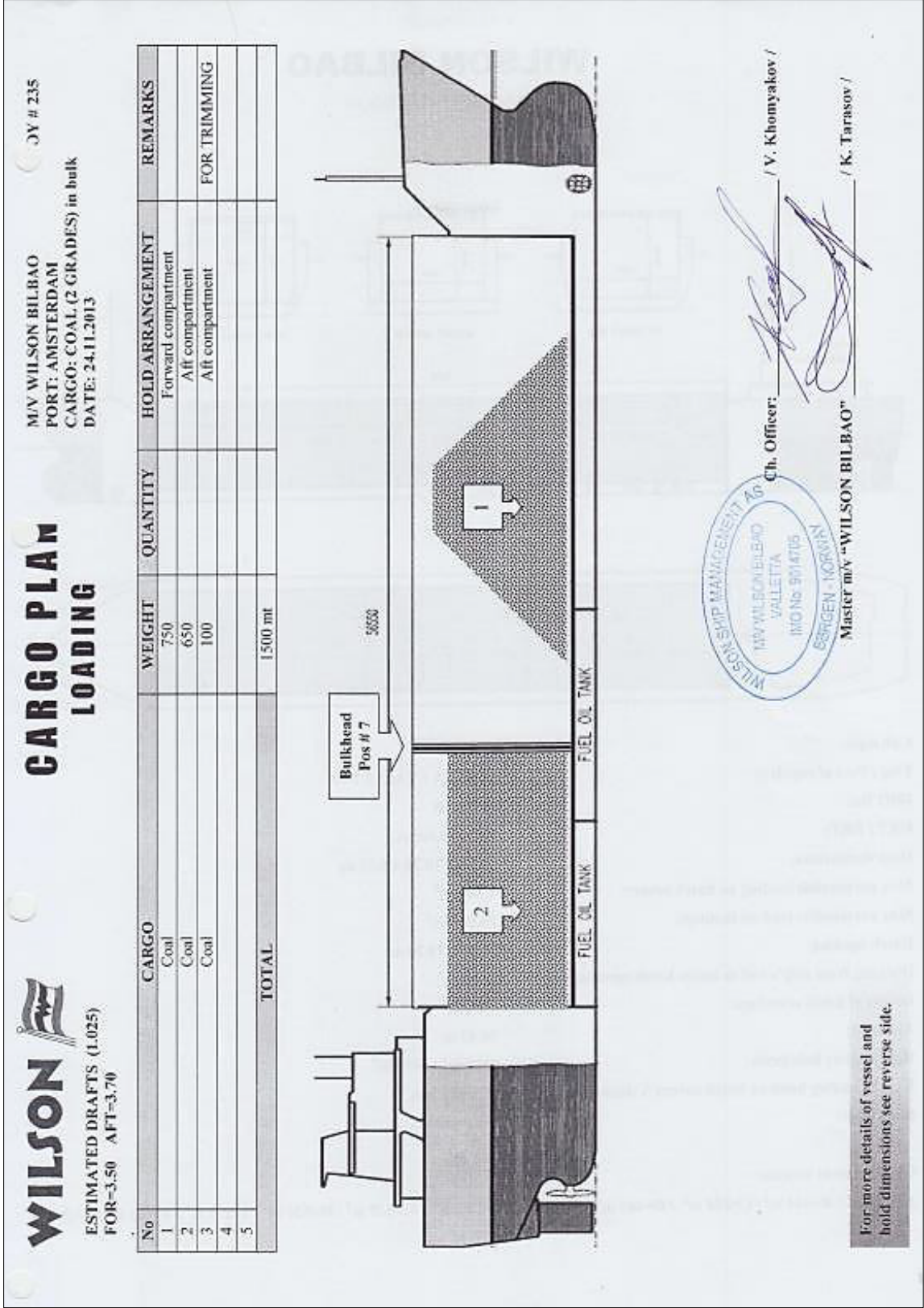


Рисунок 2 – Попередній вантажний план судна

STABILITY CALCULATION																	
MV WILSON BILBAO																	
Port of departure: AMSTERDAM		Date: 25.11.2013 16:00															
Port of destination: PETERHEAD		ETA PETERHEAD: 27.11.2013 16:00															
Cargo: COAL IN BULK		Voyage No: 235															
Cargo		Weight				LCG				VCG				Moment			
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00				3009.18			
Position 4						0.00				0.00				0.00			
Position 5						0.00				0.00				0.00			
Total		1514.44															
Ship Stores		Departure				Arrival											
		Moment				Moment				Moment				Moment			
Position 1		BULKHEAD POSITION 3				752.30				25.65				19286.37			
Position 2						762.14				53.00				40389.63			
Position 3						0.00				0.00							

CODE NAME: "CONGENBILL" EDITION 1994 Shipper: LBH Netherlands B.V. Rijkswijk 13 3161 HK RIJHOON, The Netherlands As agents to shipper only		BILL OF LADING TO BE USED WITH CHARTER PARTIES		Page no.: 2 B/L no.: 1		
Consignee: Ferguson Processing Ltd c/o Clydeport Bursledon Terminal Farnley, UK KA29 0AZ		COPY NOT NEGOTIABLE				
Notify address: Ferguson Processing Ltd c/o Clydeport Bursledon Terminal Farnley, UK KA29 0AZ						
Vessel:	Port of loading:					
M.V. Wilson Biltao	Amsterdam					
Port of discharge:						
Petchhead, United Kingdom						
Shipper's description of goods:		Gross weight:				
Cool 40 x 100 mm in bulk		152,295 Mtons				
and						
Cool 30 x 30 mm in bulk		762,144 Mtons				
"Clean on board" "Freight payable as per charter party" "One original bill of lading retained on board to be handed over to discharge port agents, against which the cargo may be properly discharged."						
(Of which NIL on deck at shipper's risk; the carrier not being responsible for loss or damage howsoever arising)						
Freight payable as per charter party dated: _____ FREIGHT ADVANCE Received on account of freight: _____		SHIPPED at the port of loading in apparent good order and condition on board the vessel for carriage to the port of discharge or on near hereto as she may get the goods specified above. Weight, measure, quality, quantity, condition, contents and value unknown. In witness whereof the master or agent of the said vessel has signed the number of bills of lading indicated below all of this tenor and date, any one of which being accomplished the others shall be void. FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF				
Time used for loading: _____ days _____ hours		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Freight payable at: _____ Number of original B/L: _____ 2 (three) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Place and date of issue: Amsterdam, 25/11/2013 Signature: _____ The number: _____ </td> </tr> </table>			Freight payable at: _____ Number of original B/L: _____ 2 (three)	Place and date of issue: Amsterdam, 25/11/2013 Signature: _____ The number: _____
Freight payable at: _____ Number of original B/L: _____ 2 (three)	Place and date of issue: Amsterdam, 25/11/2013 Signature: _____ The number: _____					

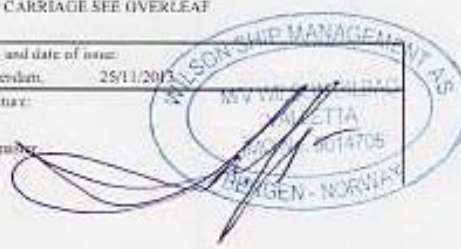


Рисунок 4 – Коносамент рейсу Амстердам - Пітерхед



Рисунок 5 – Відкос штабеля у кормовій частині трюму



WILSON

ESTIMATED DRAFTS (1.025)
FOR-3.50 AFT-3.70

CARGO PLAN LOADING

M/V WILSON BILBAO
PORT: AMSTERDAM
CARGO: COAL (2 GRADES) in bulk
DATE: 24.11.2013

No	CARGO	WEIGHT	QUANTITY	HOLD ARRANGEMENT	REMARKS
1	Coal (grade 40-100 mm)	752,295 mt		Forward compartment	
2	Coal (grade 30-50 mm)	762,144 mt		Aft compartment	
3					
4					
5					
TOTAL		1514,439 mt			

Ch. Officer:

/ V. Khomyakov /

Master m/v "WILSON BILBAO"

/ K. Tarasov /

For more details of vessel and hold dimensions see reverse side.

Рисунок 6 – Фактичний вантажний план судна

ДОДАТОК И

До пункту 5.2.2

Практичні розрахунки вантажного плану судна «Wave»
за допомогою створеного застосунку середовища «Scilab»



Paper copy is uncontrolled document.
Validity/printed out: 16.10.2015

HARBOUR SAFETY
Uusikaupunki

1 (1)

Effective date 1.4.2015

Cargo Information for Solid Bulk Cargoes

(As recommended by IMSBC Code 2013)

Bulk cargo shipping name: AMMONIUM NITRATE BASED FERTILIZER (NON HAZARDOUS)	
Product trade name: NPK fertilizer 8-11-23	
Shipper Yara Suomi Oy	Reference number
Consignee	Carrier Wave
Name/means of transport Sea transport	Instructions or other matters: All heat sources and lights to be off in cargo hold as long as cargo is on board
Port/place of departure Yara port, Uusikaupunki	Port/place of destination Norrköping
General description of the cargo Free flowing, granulated product. Average granule size 3,3 mm	
Chemical properties if potential hazard IMO class: N/A UN No: -	Trimming procedure ³⁾ : Spout trimming
Relevant special properties of the cargo: N/A	Transportable moisture limit: N/A
Group of the cargo: ☐ Group A and B ☐ Group A ☐ Group B ☒ Group C * For cargoes which may liquefy (Group A and Group A and B cargoes)	Angle of repose ²⁾ : 37,0 °
MARPOL Annex V classification: harmless	Stowage factor ¹⁾ : 1,00 m³/t
DECLARATION I hereby declare that the consignment is fully and accurately described and that the given test results and other specifications are correct to the best of my knowledge and belief and can be considered as representative for the cargo to be loaded.	Place and date: Uusikaupunki, 16.10.2015 Signature on behalf of shipper: Olli Saarinen/loading master

Addendum

- 1) Stowage factor is converted from loose bulk density into cubic feet (LBD (in kgs) x 35.3156 cbft / 1000 = ??? cbft/mt)
- 2) Angle of Repose is determined by the tilting box method. Refer to page 314 – 317 IMSBC Code
- 3) Typical Yara cargo with an angle of repose in the group of 30 – 35° shall not exceed 1/10 of the beam of the vessel with a maximum allowed Δh of 1.5 m.

The latest changes to the document

17.3.2015 Reviewed and updated

Distribution The valid version is available on intranet in electrical form.

TOPS reference

- TOPS7-02 Inspection of Vessels Loading Solid Fertilisers in Bulk or Bags

Document writer: Olli Saarinen
Code and revision of document: Intranet ID630
Attachments:
References: IMSBC Code 2013

Approved by: 17.3.2015 Gábor Hülber

Document verifier: 17.3.2015 Olli Saarinen
Document administrator: Material handling manager

Рисунок 1 – Документ «Cargo information for Solid Bulk Cargoes»

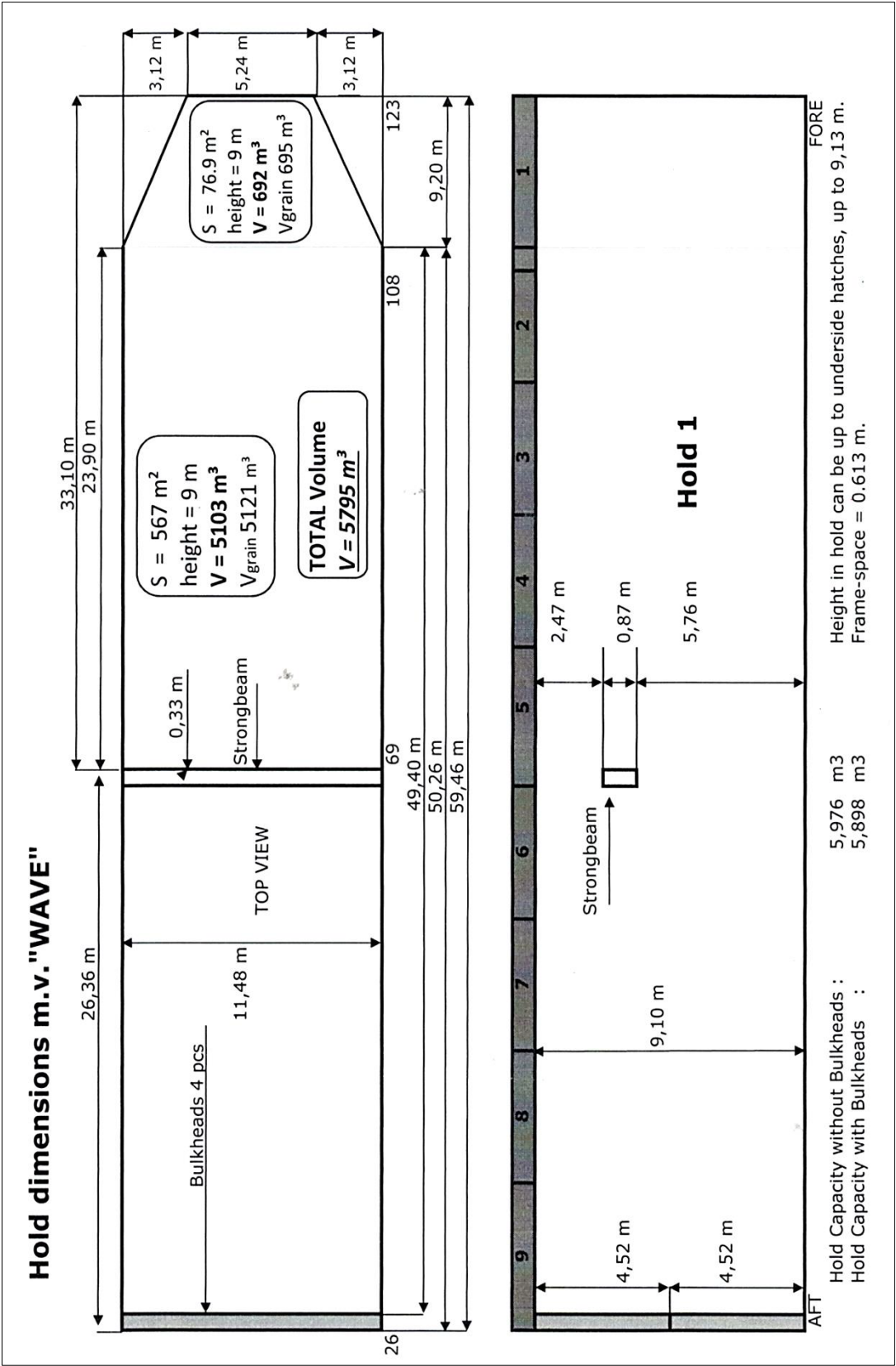


Рисунок 2 – Загальні геометричні розміри трюму

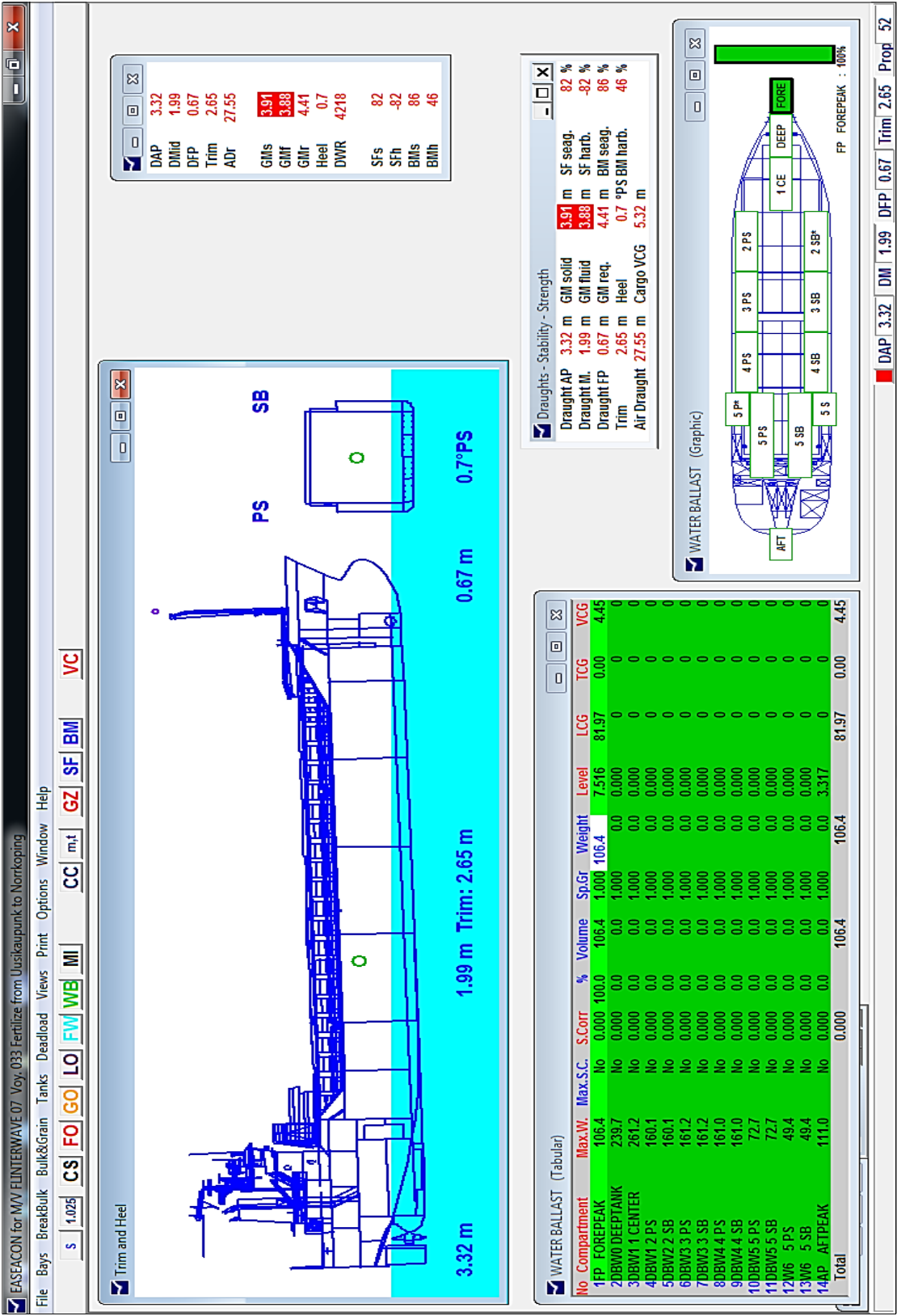


Рисунок 3 – Початковий стан судна за судновою програмою «EASEACON»



Рисунок 4 – Розмітка порожнього трюму для підготовки завантаження

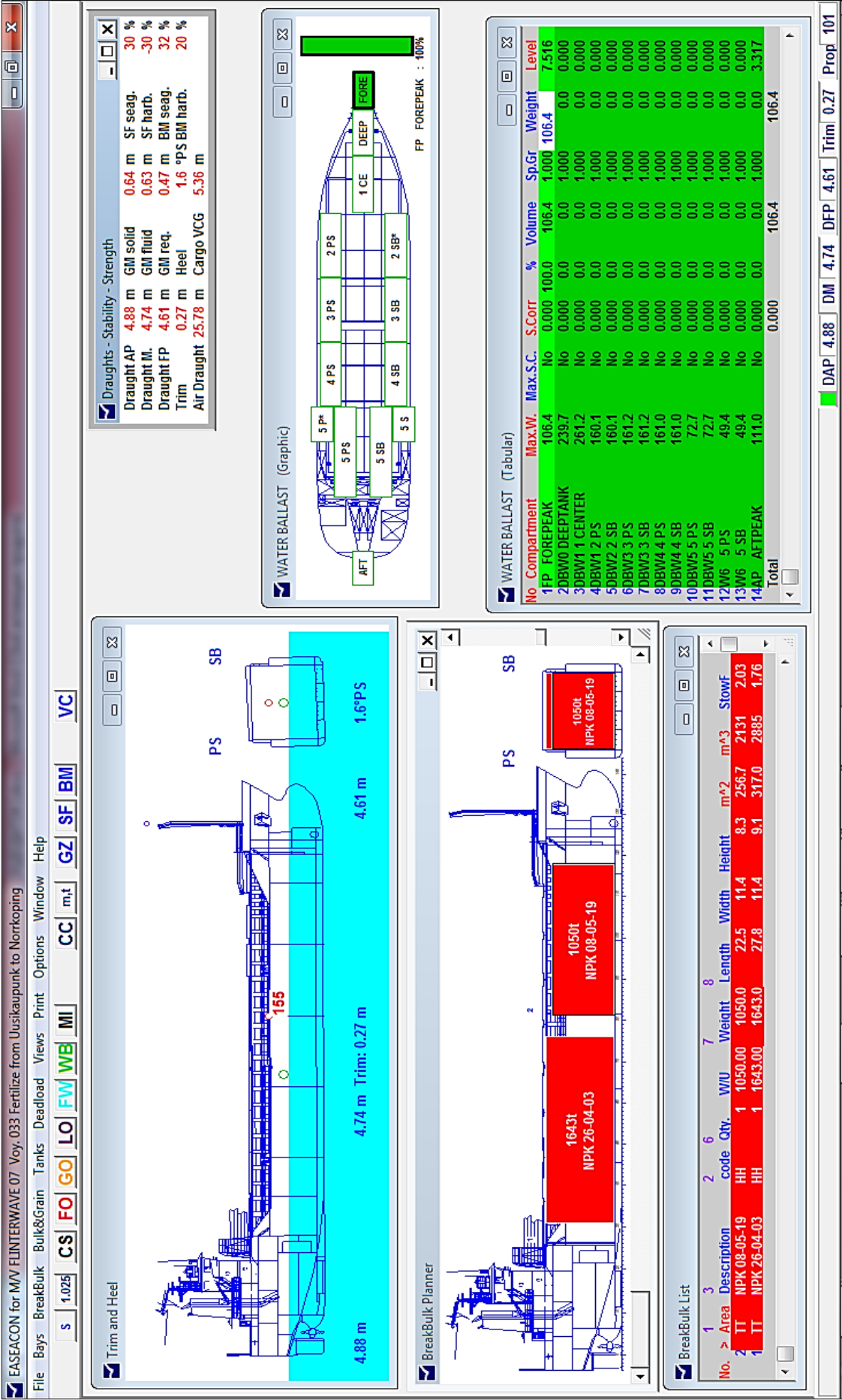


Рисунок 5 – Завантажений стан судна за судновою програмою «EASEACON»

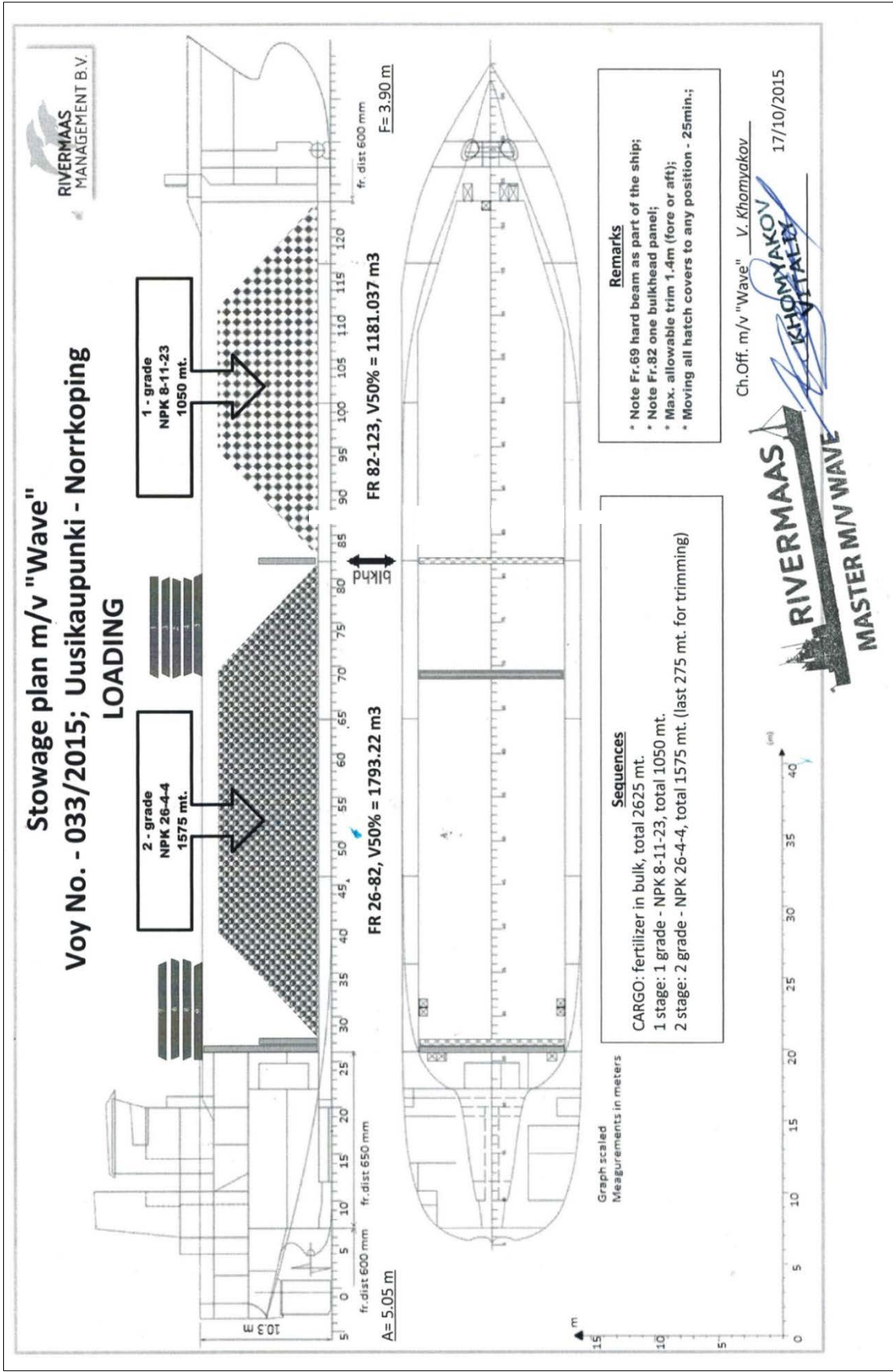


Рисунок 6 – Фактический вантажний план судна



YARA SEA WAYBILL

(Edition 2006)

(Codename: Yarawaybill)

To be used with Yaracharter

Shipped at the Port of Loading in apparent good order and condition on board the Vessel by

Shipper Yara Suomi Oy Uusikaupunki Plant P.O. Box 5 23501 Uusikaupunki Finland		SWB no.	
Consignee (not to order) Yara AB Box 516 26124 Landskrona Sweden		Vessel M/V "Wave"	
Notify Agency: SDK Shipping		Port of loading Uusikaupunki, Finland	
		Port of Discharge Norrköping, Sweden	
Marks	Number of packages and description of packages and goods	Gross weight	Net weight
	AMMONIUM NITRATE BASED FERTILIZER (non-hazardous)		
PO 4501749433	NPK 26-04-03 (26-06-04 / PJ419G000) in bulk	1643 mts	1643 mts
	NPK 08-05-19 (08-11-23 / PE75B000) in bulk	1050 mts	1050 mts
which are to be delivered in the like good order and condition at the Port of Discharge			
Payment of freight and demurrage as per Charter Party dated The cargo shipped under the Waybill will be delivered to the Party named as Consignee or its authorised agent, without any documentary formalities. The Carrier to exercise due care ensuring that delivery is made to the proper party. However, in case of incorrect delivery, no responsibility will be accepted unless due to fault or neglect on the part of the Carrier. FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF.			
Place and date of issue Uusikaupunki October 18, 2015		Signature Master of M/V "Wave"	
Freight payable at "as per C/P"			

Рисунок 7 – Коносамент рейсу Уусікаупункі - Норрчепінг

ДОДАТОК К

До пункту 5.2.3

Визначення фактичних параметрів штабелів
згідно з рейсовим завданням судна «Elena»

Via Globe Wireless

Page 1

Message Received on Board 28/10/2016 13:00:29 19.25 Kbits

Date: 28/10/2016 12:44:00
 From: chartering@echoship.dk
 bcc: pcei@globeemail.com <pcei@globeemail.com>
 Priority: Normal

Subject: Next voyage - Le Treport / Hamburg - Voy Info

=====

E C H O S H I P - S V E N D B O R G
 Phone +45 6221 5666 - www.echoship.dk
 email : chartering@echoship.dk

=====

Date 28-10-2016 Time 13:43 Ref 281016-HH009437

To mv. Elena
 Att.: Capt. Andrey

Here are some details for your next voyage after compl in
 Sheerness next week.

Abt 3000 mts granusil, in bulk, 3 grades in chopt - natural
 separation ok
 (in case of less cargo loaded, pse issue deadfreight claim)

Loading in Le Treport, France

Agent is : Le Treport Shipping
 Email : christele.ridel@letreport-ship.fr

Discharging in Hamburg, Germany

Agent is :
 H. JÄrgen MÄller, Hamburg
 Email : shipping@hjm-hamburg.de

Laycan is per 3-4th November 2016

Freight is per intaken weight fios

Loadrate : 24 hrs
 Disch. rate : 30 hrs

CP dated 28th October 2016

Otherwise normal gencon cp incl echo standard termw, which apply
 for every voyage

Рисунок 1 – Рейсового задания т/х«Elena»

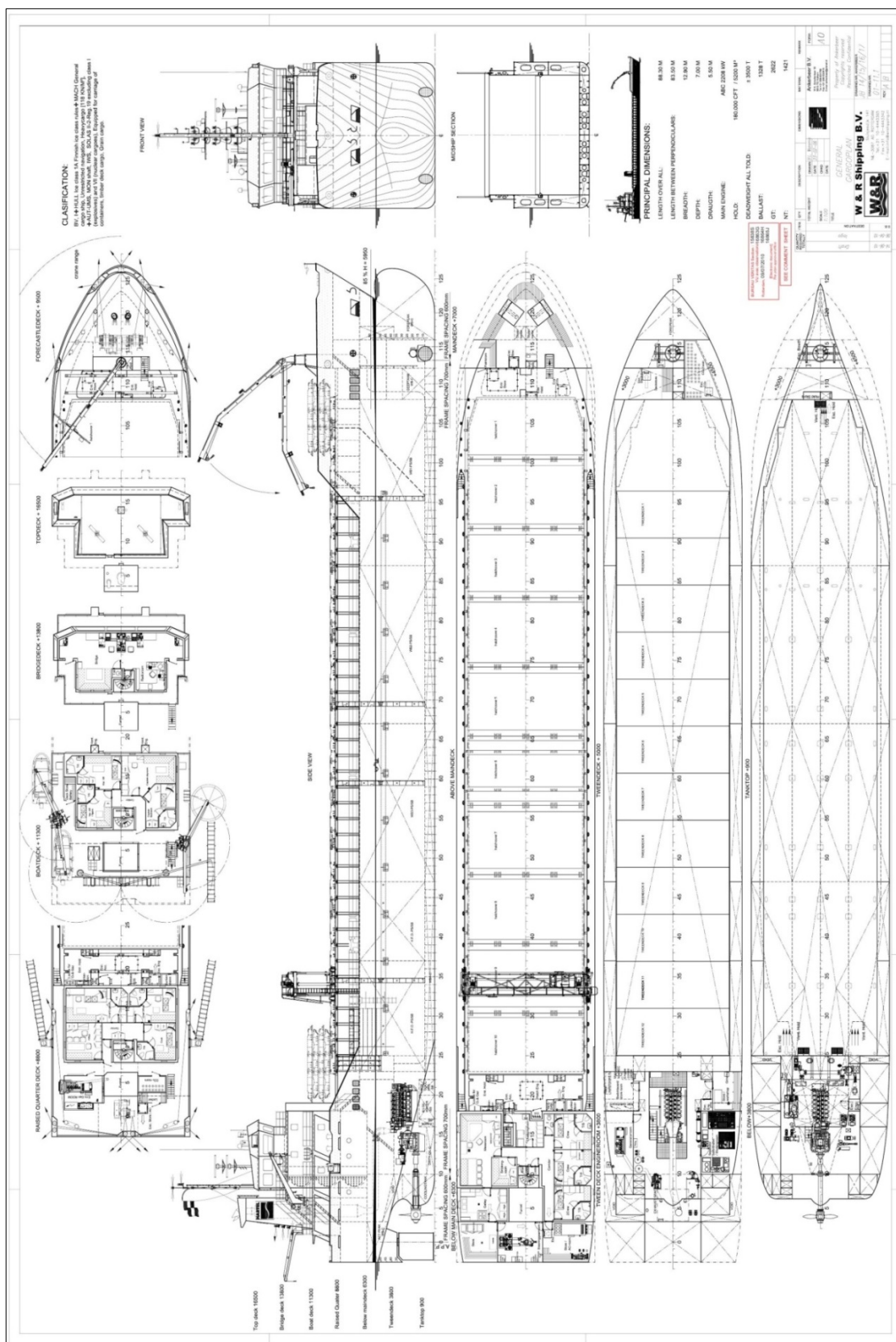


Рисунок 2а – Генеральный план судна

m/v ELENA	
Flag	Netherlands
Port of Registry.....	Rotterdam
Ship Owner.....	Elena Shipping B.V. Netherlands
Operator	Echoship ApS Denmark
Keel laid.....	24/12/2008
Date of launch.....	29/11/2010
Built	30 June, 2012 Ginbin/Qingdao China
Call sign	PCEI
Type	Box type / Singledecker
Trading limits.....	World wide
Gear	No, Gearless
Class.....	BV, I Hull Ice Class 1 A, AUT-UMS, MON-SHAFT, IWS
IMO nr.....	9574315
MMSI №	244790370
e-mail	pcei@globeemail.com
Phone IRIDIUM	+881677702164
Dwt	3325 mt
GT/ NT.....	2588 / 1418
Loa/pp/ beam/moulded depth	88,30 m / 83,44 m / 12,90 m / 7,0 m
Draft summer	5,40 m
Draft winter.....	5,28 m
Draft freshwater	+117 mm
Draft ballast	4,00 m
Airdraft fully loaded	20,0m
Airdraft in ballast.....	21,5 m
Cargo Hold Ventilation Capacity.....	21000 cbm / 1 hour
Cubic: grain/bale	180.000 CBF with out bulkheads 177.300 with bulkheads
Timber cap. LP/TP (cbm)	5000 cbm LP - seasoned
Hatch (1)	1
Hold (1)	1
Tanktop / Hatch pressure	Tanktop: 12 mt/m ² ; for heavy lifts 15 mt/m ² ; Hatch: 1,60 mt/m ² Tweendeck: 2.5 mt/m ²
Ballast capacity.....	abt 1590 mt
Timber fitted / Slings / Tarpaulins.....	Yes
Grain fitted.....	Yes
Bulkheads.....	Yes – 4 half high movable bulkheads
Magnet discharge	Yes
Double skinned.....	Yes
Other features : Equipped for dangerous cargoes, excluding classes 1 and 7	
	Fitted with full tweendeck 12 panels total 49,7 m
	Ice Clas 1 A Material of propeller - Cunial
	Direction of turn of propeller – counterclockwise, looking from aft.
Shipowner`s Address: Elena Shipping B.V.	
	Daltonstraat 33
	3335 LR Zwijndrecht, The Netherlands

Рисунок 26 – Основні характеристики судна



Рисунок 3 – Загальний вигляд трюму судна та трюмних конструкцій



Рисунок 4 – Фото вантажу підготовленого до завантаження



Рисунок 5 – Вантажний засіб



Рисунок 6 – Процес формування вантажного штабеля

CODE NAME : "CONGENBILL", EDITION 1994

Shipper

SILMER

Rue Ancel de Caïeu

80410 CAYEUX SUR MER FRANCE

BILL OF LADING N° 1

TO BE USED WITH CHARTER-PARTIES

Reference n°

MASTER'S COPY

Consignee

STORIMPEX BAUSTOFFE GmbH

Postrasse 1

D -21509 GLINDE GERMANY

Notify address

H. JÜRGEN MÜLLER GmbH + Co. KG

1 Hafenstrabe 14

21079 HAMBURG GERMANY

MOB-PHONE : 0172 9127904

Vessel

"ELENA"

Port of loading

LE TREPORT

Port of discharge

HAMBURG

Shippers'description of goods

Gross Weight

BULK - GRANUSIL 0/8 "SAID TO WEIGHT"

1640,520 MTS

BULK - GRANUSIL 2/5 "SAID TO WEIGHT"

556,000 MTS

BULK - GRANUSIL 5/8 "SAID TO WEIGHT"

807,960 MTS

TOTAL

3004,480 MTS

CLEAN ON BOARD

ONE ORIGINAL BILL OF LADING RETAINED ON BOARD AGAINST WHICH BILL DELIVERY OF THE CARGO MAY BE PROPERLY
BE MADE ON INSTRUCTIONS RECEIVED FROM SHIPPERS OR CHARTERERS

(of which on deck at Shipper's risk: the Carrier
not being responsible for loss or damage howsoever arising)

FREIGHT PAYABLE AS PER
CHARTER-PARTY DATED 27/10/2016

FREIGHT ADVANCE.

RECEIVED ON ACCOUNT OF FREIGHT :

.....

Time used for loading.....days.....hours.

SHIPPED at the Port of loading in apparent
good order and condition on board the vessel
for carriage to the Port of discharge or so near
there to as she may safely get the goods
specified above.

Weight, measure, quality, quantity, condition,
contents and value unknown.

IN WITNESS whereof the Master or Agent of
the said Vessel has signed the number of bills
of lading indicated below all of this tenor
and date, anyone of which being accomplished.
the others shall be void.

FOR CONDITIONS OF CARRIAGE SEE OVERLEAF

Freight payable at
AS AGREED

Place and date of issue
LE TREPORT, 03/11/2016

Number of original B/L
THREE (3)

Signature

Рисунок 7 – Коносамент рейсу Ле-Трепорт - Гамбург

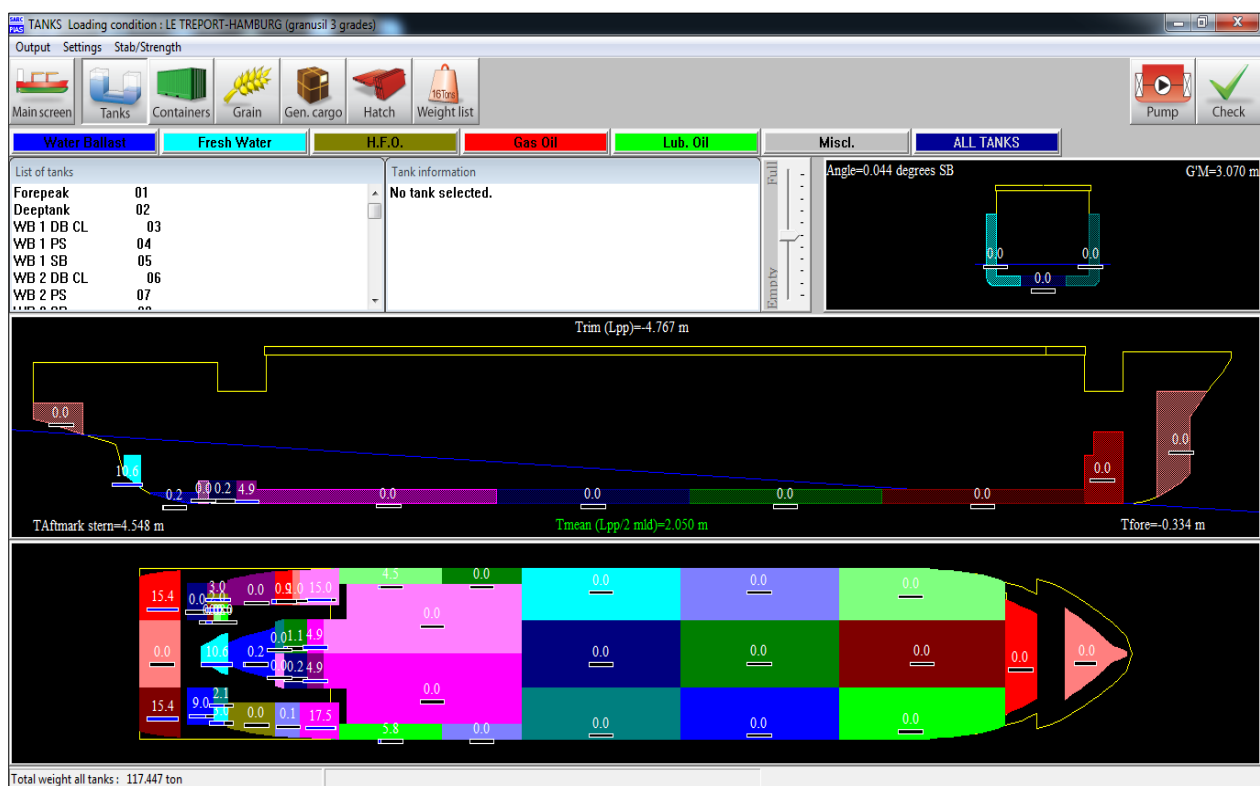
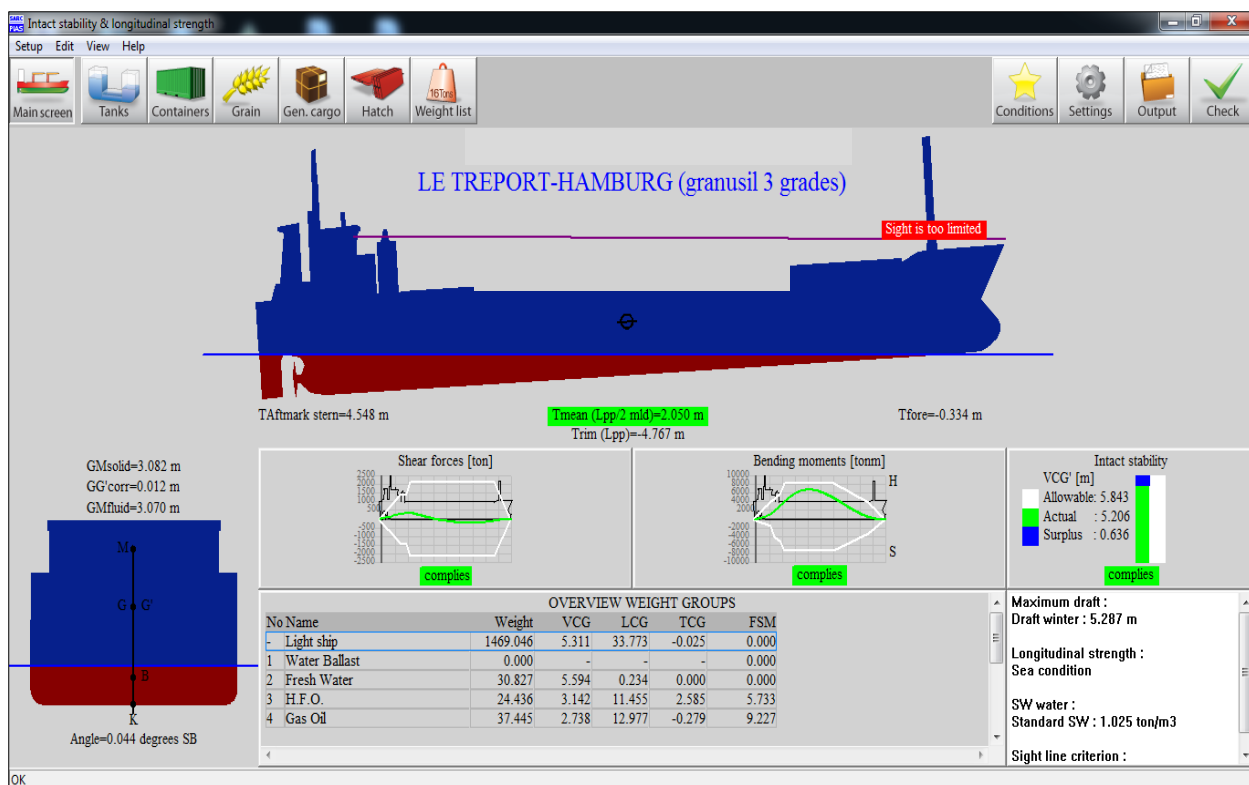


Рисунок 8 – Стан судна у вантажній програмі при початкових умовах



Рисунок 9 – Проміжний етап вантажних операцій

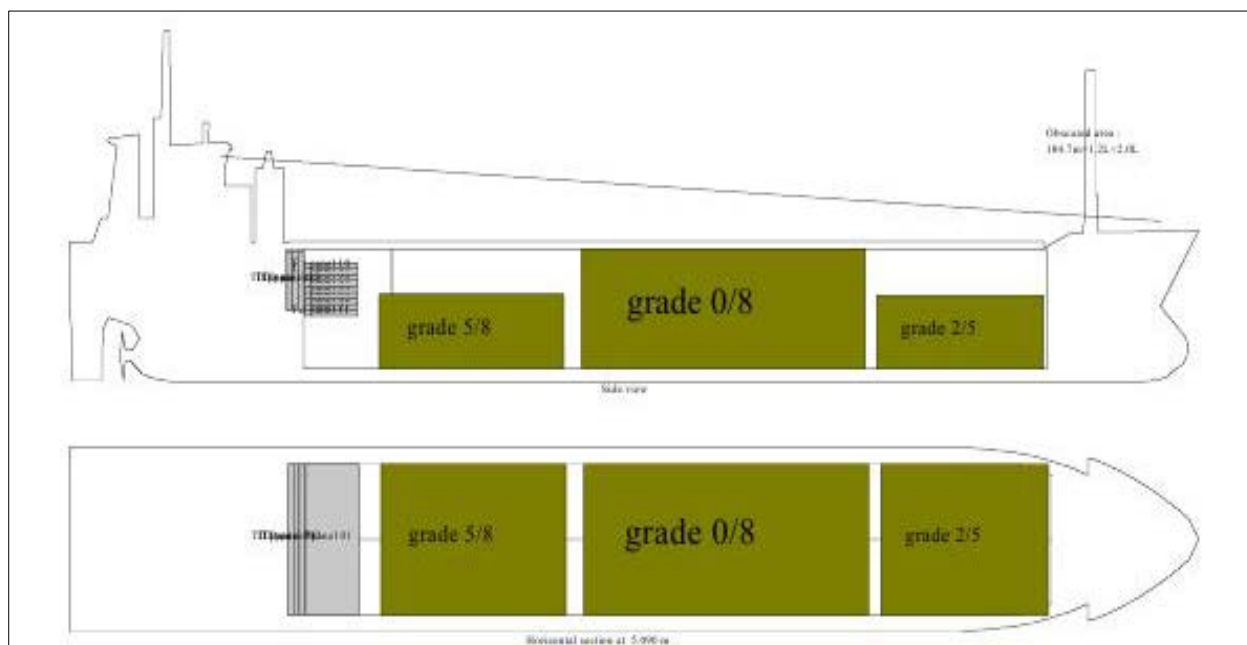
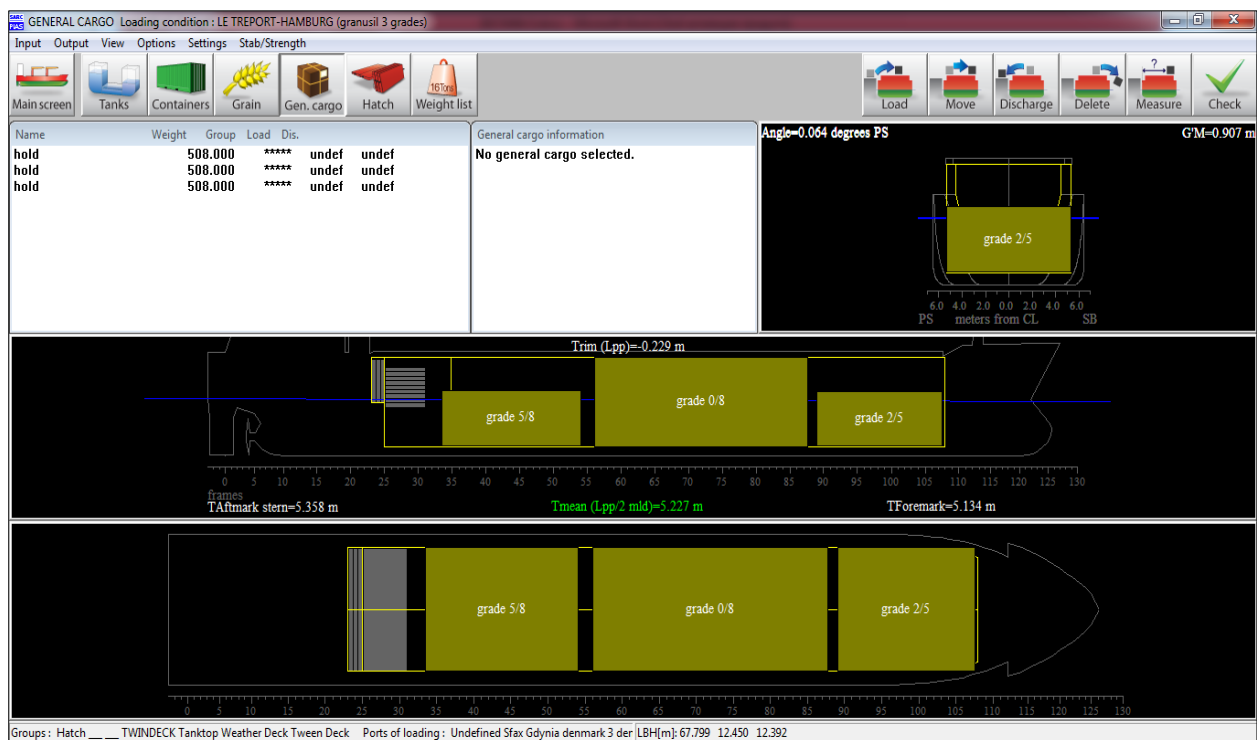


Рисунок 10 – Вантажна програма з внесеними показниками вантажів

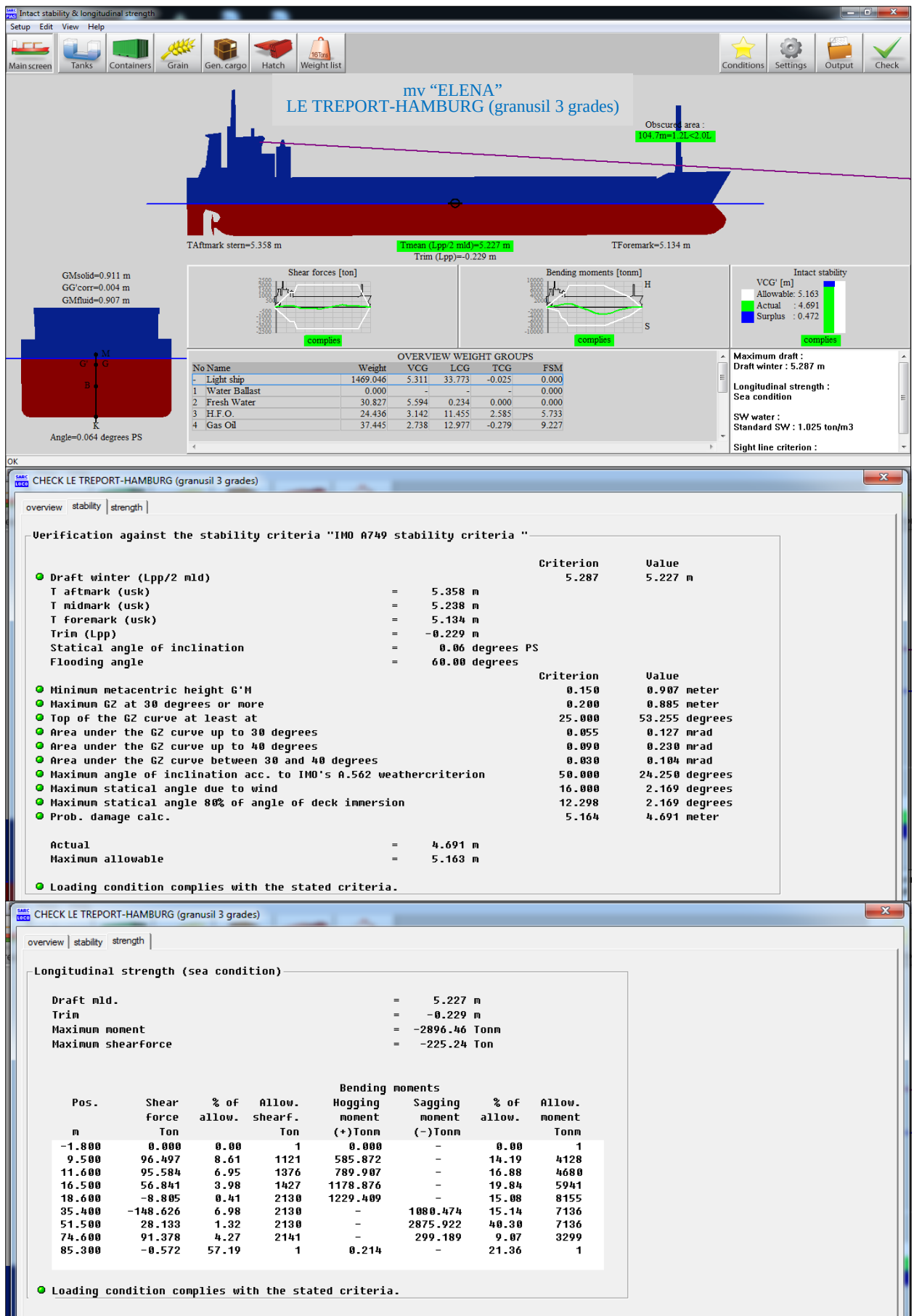


Рисунок 11 – Кінцевий результат розрахунку вантажної програми

ДОДАТОК Л

Акти впровадження результатів дисертації



m/v PLATO

IMO: 8822636

Ship's mob: +47 995 675 68

Ship's e-mail: plato@gtw.dualog.com

**Owner: Wilson Shipowning AS,
Bradbenken 1; P.O.box 4145 Dreggen
5835 Bergen Norway**

А К Т

Практического использования научных исследований старшего помощника капитана - Хомякова В.Ю. на борту m/v «PLATO»

Настоящим актом подтверждается, что расчёт грузового плана m/v «PLATO» был произведен путем первоочередного определения основных геометрических параметров всех трех партий груза для обеспечения их безопасной раздельной загрузки в трюм судна.

Это позволило получить начальную точку загрузки каждого штабеля щебня относительно длины трюма, расчетную длину их подножья и сократить затраты времени на перетяжку корпуса вдоль причала.

Предложенная методика дала возможность полноценно загрузить судно в порту Eikefet (Норвегия) всеми заявленными количествами партий, так как указано в коносаменте к этому рейсу.

02 августа 2012г.

Капитан m/v «PLATO»



Александр Новинский



m/v WILSON BILBAO

IMO: 9014705

Ship's mob: +47 977 54 289

Ship's e-mail: w-bilbao@wilsonfleet.no

Owner: Wilson Shipowning AS,

Bradbenken 1; P.O.box 4145 Dreggen

5835 Bergen Norway

А К Т

Использования научных результатов работы Хомякова В. Ю. при загрузке m/v «WILSON BILBAO»

Настоящим актом удостоверяется, что версия программы «Scilab», которая разработал с.п.к. Хомяков Виталий Юрьевич, использовалась при погрузке двух партий угля в порту Amsterdam (Нидерланды), согласно рейсового задания №235 от 22.11.2013г.

Полученные расчеты грузового плана были использованы в качестве альтернативного контроля выполнения грузовых операций. Графическое построение штабелей в масштабе трюма являлось дополнением к расчётам основной грузовой программы m/v WILSON BILBAO, и позволило обосновать нецелесообразность использования передвижных зерновых переборок.

Предложенный пакет математических вычислений «Scilab» используется на борту m/v «WILSON BILBAO» совместно с основной грузовой программой для автоматического построения графических планов загрузки.

25 ноября 2013г.

**Капитан
m/v «WILSON BILBAO»**



Кирилл Тарасов

M/V WAVE
CALLSIGN: P.H.B.Z.
IMO No: 9313785
SAT PHONE: 00870764133134 / SAT FAX: 00870764133136
EMAIL: wave@gtships.com / wave@rivermaas.nl
PHONE: +31 610 951 002 / +358 406 738 008



А К Т

Использования научных результатов работы Хомякова В. Ю. при погрузке m/v «WAVE»

Настоящим актом удостоверяется, что программный алгоритм платформы для числовых вычислений «Scilab», который был разработан старшим помощником капитана Хомяковым Виталием Юрьевичем был использовался при расчетах грузового плана m/v «WAVE» для погрузки двух партий удобрений в порту Uusikaupunki (Финляндия), согласно рейсового задания №33 от 14.10.2015 г.

Полученные расчеты грузового плана позволили оптимизировать последовательность выполнения грузовых операций, определить дополнительные параметры штабелей навалочного груза и рассчитать безопасное расстояние между ними при дифференте корпуса судна.

Разработанный программный алгоритм платформы «Scilab», с учетом особенностей конфигурации трюма, был имплементирован на борту и обеспечил дополнительную возможность учитывать ограничения внутренних трюмных конструкций и сокращать время расчета грузового плана при использовании основной бортовой программы.

18-10-2015

Капитан

m/v «WAVE»



Александр Андрианов

M/V AMBER
CALLSIGN: P.H.P.H.
IMO No: 9361378
SAT PHONE: +870 773170019 / SAT FAX: +870 783170152
EMAIL: phph@globeemail.com / PHONE: +31 64 68 66 982



А К Т

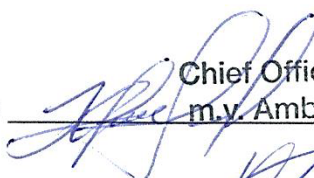
Практического использования научных исследований старшего помощника капитана - Хомякова В.Ю. при погрузке m/v «AMBER»

Настоящим актом подтверждается, что при погрузке m/v «AMBER» в порту Dunkirk (Франция), грузовой план был рассчитан с использованием графического метода решения, для формирования необходимой формы штабеля в виде прямой призмы, основанием которой является трапеция.

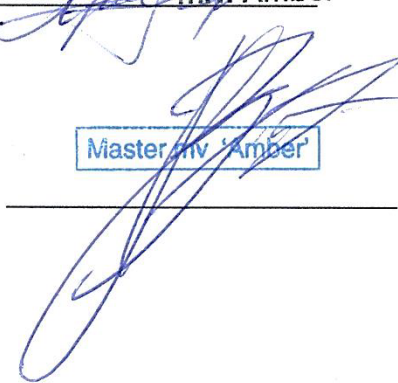
Это позволило контролировать состояние основы грузового штабеля и тем самым обеспечить надлежащую безопасность перевозки шлака навалом в количестве 5811 тонн.

08-04-2016

Ст.пом.
m/v«AMBER»


Chief Officer
m.v. Amber

Капитан
m/v«AMBER»
Борис Шостак



Master m/v Amber


RIVERMAAS
MASTER M/V AMBER

M/V ELENA / PCEI
IMO 9574315



pcei@globeemail.com
Phone +881677702164

А К Т

Использования разработанного Хомяковым В.Ю. метода «естественной сепарации» для расчета грузового плана и загрузки m/v «ELENA»

Настоящим актом удостоверяется, что метод «естественной сепарации», который был разработан старшим помощником капитана Хомяковым Виталием Юрьевичем, был внедрен и использован для расчета возможности погрузки на судно трех партий кварцевого песка в порту Le Treport (Франция), согласно чартерному договору от 28.10.2016.

Метод «естественной сепарации» был применен на борту m/v «ELENA» в качестве альтернативного расчета и планирования грузового плана судна при заданных условиях рейсового задания. Практическое применение метода дало возможность безопасно загрузить судно без материалов сепарации для грузовых штабелей, учитывая динамику изменения дифферента судна во время погрузки.

Разработанный метод применялся на борту судна как дополнение к судовой грузовой программе и позволил обосновать использование передвижных трюмных панелей для внутреннего деления грузового отсека при нестандартных расчетах грузового плана.

03.11.2016

Капитан m/v «ELENA»

Андрей Матвеев

M.S. "ELENA"
c/o ELENA SHIPPING B.V.
Daltonstraat 33 - 3335 LR Zwijndrecht
The Netherlands



LIGHTSHIP MANAGEMENT LTD

IMO No.: 6141155

Address: 115, CHORNOMORSKE KOZATSTVO Str.,
65003, ODESA, UKRAINE

Tel.: +380 48 705 5962

«29» травня 2020 р.

г. Одеса

АКТ

**впровадження дисертаційної роботи Хом'якова Віталія Юрійовича
«Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними
вантажами**

Компанія «LIGHTSHIP MANAGEMENT LTD» підтверджує використання результатів дисертаційної роботи Хом'якова В. Ю. «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами».

У зв'язку з тим, що в процесі завантаження малотоннажного однотрюмного судна декількома видами навалювальних вантажів для їх сумісного перевезення необхідно здійснювати їх розділення (сепарування), запропонований автором метод «природної сепарації» дозволяє уникнути затрат на установку в трюмі додаткових переборок, що, в свою чергу, скорочує час стоянки судна при його завантаженні та дозволяє уникнути грошових витрат на сепараційні матеріали.

Компанія «LIGHTSHIP MANAGEMENT LTD» використовує розроблену автором методику, математичну модель та програмне забезпечення для виконання попередніх розрахунків визначення маси вантажів та їх розміщення в трюмі судна.

В результаті використання запропонованої Хом'яковим В. Ю. методики і програмного забезпечення досягається скорочення затрат часу на завантаження однотрюмного судна до 3-5% за рахунок більш злагодженої організації процесу завантаження.

Директор

ТОВ "ЛАЙТШИП МЕНЕДЖМЕНТ"



М. М. СВИРИДЕНКО



Вих № 121120-4
20 Березня 2020 г.

АКТ

впровадження дисертаційної роботи Хом'якова Віталія Юрійовича «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами»

Компанія ТОВ «Хелльманн Східна Європа Оуверсіз» підтверджує використання результатів дисертаційної роботи Хом'якова В. Ю. «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами».

У зв'язку з тим, що в процесі завантаження малотоннажного однотрюмного судна декількома видами навалочних вантажів для їх сумісного перевезення необхідно здійснювати їх розділення (сепарування) то запропонований автором метод «природної сепарації» дозволяє уникнути затрат на установку в трюмі додаткових переборок, що, в свою чергу, скорочує час стоянки судна при його завантаженні та дозволяє уникнути грошових витрат на сепараційні матеріали.

Компанія ТОВ «Хелльманн Східна Європа Оуверсіз» використовує розроблену автором методику, математичну модель та програмне забезпечення для виконання попередніх розрахунків визначення маси вантажів та їх розміщення в трюмі судна.

В результаті використання запропонованої Хом'яковим В. Ю. методики і програмного забезпечення досягається скорочення затрат часу на завантаження однотрюмного судна до 3-5% за рахунок більш злагодженої організації процесу завантаження.

З повагою

Директор ТОВ «Хелльманн
Східна Європа Оуверсіз»



Рижов О.В

ТОВ «ХЕЛЛЬМАНН СХІДНА ЄВРОПА ОУВЕРСІЗ»

Фактична адреса

Україна, 65014, м. Одеса,
вул. Успенська, 39 оф.3

Юридична адреса

Україна, 65014, м. Одеса,
вул. Ак. Філатова, 55, кв.10

Тел./Факс +38 048 737 30 40

e-Mail:

hellmann@te.net.ua

info-odessa@ua.hellmann.net

http://www.hellmann.net

Свідоцтво про державну реєстрацію юридичної особи

ЄДРПОУ 37114838

ІПН 371148315526,

Директор Рижов О.В.

Банківські реквізити: IBAN

UA26328168000000002600728757

УАН,

ПАТ «МТБ БАНК»

в м. Чорноморськ,

МФО 328168

АКТ

впровадження дисертаційної роботи Хом'якова Віталія Юрійовича
«Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними
вантажами»

В практиці завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами досить часто виникає необхідність розмістити у вантажному приміщенні декілька видів вантажів для їх сумісного перевезення. В той же час, при завантаженні судна судова адміністрація, відправник вантажу, стивідорна компанія та вантажний термінал, на якому здійснюється безпосередньо завантаження, повинні своєчасно потурбуватись про необхідність розміщення цих вантажів так, щоб не було їх змішування.

Компанія «ОДЕМАРА» підтверджує використання результатів дисертаційної роботи Хом'якова В. Ю. «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами» при завантаженні малотоннажних однострумних суден в Одеському морському торговому порту.

Компанія «ОДЕМАРА» використовує розроблену автором математичну модель та її програмне забезпечення для виконання попередніх розрахунків при складанні попереднього плану завантаження судна, визначенні кількості штабелів навалочних вантажів, їх об'єму та маси при трюму судна з використанням методу «природної сепарації».

Розроблена автором методика і її програмне забезпечення дозволяє здійснювати контроль при визначенні маси вантажів та розміщенням штабелів в трюмі в процесі завантаження судна декількома видами навалочних вантажів для їх сумісного перевезення..

Таким чином, розроблена Хом'яковим В. Ю. методика і програма дозволяють здійснювати діючий контроль за розміщенням вантажів при завантаженні судна. Скорочується час стоянки судна в порту після закінчення завантаження. Така методика допомагає судновласнику уникнути конфлікту при підписанні коносаментів.

Директор компанії
ООО «ОДЕМАРА»,
кандидат технічних наук
«30» листопада 2020 р.



Д.В. Бичков

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
 Національного університету
 «Одеська морська академія»
 д.т.н., професор



В.М. Захарченко

20 20 р.

А К Т

використання результатів дисертаційної роботи
 Хом'якова Віталія Юрійовича
 на тему «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден
 навалочними вантажами» в науково-дослідних роботах,
 які виконуються в університеті

Ми, що нижче підписались, начальник науково-дослідної частини університету Савчук В.Д. та завідувач кафедри морських перевезень Ніколаєва Л.Л. склали цей акт у тому, що результати дисертаційної роботи Хом'якова В.Ю. на тему «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами», підрозділ 4.1. «Визначення геометричних та фізичних характеристик штабелів в трюмі при простій формі трюму» увійшов складовою частиною в заключний звіт по науково-дослідній роботі «Дослідження процесів розвитку транспортних технологій морських перевезень», НУ «ОМА», Одеса, 2019 р. (№ ДР 0119U001659, науковий керівник д.е.н., професор Ніколаєва Л.Л.).

Начальник науково-дослідної
 частини НУ«ОМА»,
 к.т.н., с.н.с., професор



В.Д. Савчук

Завідувач кафедри
 морських перевезень,
 д.е.н., професор



Л.Л. Ніколаєва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор Національного
університету
«Одеська морська академія»,
д.е.н., професор



О.М. Шемякін

« 16 » січня 2020 р.

А К Т

використання результатів дисертаційної роботи
Хом'якова Віталія Юрійовича
на тему «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден
навалочними вантажами» в навчальному процесі університету

Ми, що нижче підписались, начальник навчального відділу університету Пархоменко М.М. та завідувач кафедри морських перевезень професор Ніколаєва Л.Л. склали цей акт у тому, що результати дисертаційної роботи Хом'якова В.Ю. на тему «Удосконалення методів завантаження малотоннажних суден навалочними вантажами» використовуються у навчальному процесі кафедри при вивченні курсантами напряму підготовки 271 «Річковий та морський транспорт» спеціалізації «Судноводіння» дисципліни «Технологія перевезення вантажів».

Начальник навчального відділу
Національного університету
«Одеська морська академія»

М.М. Пархоменко

Завідувач кафедри
морських перевезень,
д.е.н., професор

Л.Л. Ніколаєва

ДОДАТОК М

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Загрузка судна типа «Коастер» навалочным грузом с использованием метода «Естественной» сепарации. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2014. – №1 (10). – С. 64–70. (фахове видання)
2. Хомяков В. Ю. Пошаговая загрузка навалочным грузом т/х «Plato». Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Выпуск 24. – Одесса : «ВидавІнформ», 2014 – С. 171–177. (фахове видання)
3. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Применение метода пошаговой загрузки судов типа «Коастер» навалочными грузами. Проблеми Техніки : науково-виробничий журнал / ОНМУ, Выпуск 2/2014 – Одесса : «Фірма «Інтерпрінт», 2014 – С. 43–48. (фахове видання)
4. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Расчет координат центра тяжести штабеля груза при дифференте малотоннажного судна. Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – СПб.: ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова, 2016. – Вып. 1(35). – С. 36–45. (міжнародне фахове видання)
5. Хомяков В. Ю., Савчук В. Д. Способ загрузки малотоннажного однотрюмного судна несколькими видами навалочных грузов. Судноводіння : Зб. наук. праць / НУ«ОМА», Вип. 27. – Одеса : «ВидавІнформ», 2017 – С. 194–201. (фахове видання)
6. Хом'яков В. Mathematical model of taking into account changes in geometric and physical characteristics of bulk cargo stacks in the process of loading a light vessel. Міжнародний незалежний науковий журнал, № 27 2021 VOL.1 – Krakow: 2021 – С. 32–36. (міжнародне фахове видання)
7. Хом'яков В. Mathematical model of taking into account the configuration of the hold when compiling the cargo plan of the vessel type «coster». Міжнародний незалежний науковий журнал, № 29 2021 – Krakow: 2021 – С. 52–63. (міжнародне фахове видання)

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

8. Хомяков В.Ю. Перевозка на судах типа «коастер» одновременно нескольких видов грузов. Забезпечення безаварійного плавання суден : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 16-17 лист. 2011 р. Одеса, 2012. С. 121–123.

9. Хомяков В.Ю. Расчет высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «Коастер». Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 19-20 лист. 2013 р. Одеса, 2014. С. 65–67.

10. Хомяков В.Ю. Использование метода «естественной» сепарации при загрузке судна навалочным грузом. Энергетика судна: експлуатація та ремонт : матеріали наук.-техн. конф., м. Одеса, 26-28 бер. 2014 р. Одеса, 2014. С. 59–62.

11. Хомяков В.Ю. Диаграмма графического расчета массы навалочных грузов при перевозке с «естественной» сепарацией. Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2014) : збірка матеріалів VI міжнар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 27-29 травня 2014 р. Херсон, 2014, С. 147–148.

12. Хомяков В.Ю. Использование метода «Естественной» сепарации при перевозке навалочных грузов. Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві : матеріали наук.-метод. конф., Одеса, 18-19 лист. 2014 р. Одеса, 2014. С. 96–98.

13. Хомяков В.Ю. Расчет расположения штабелей навалочных грузов в трюме «Коастера». Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : збірка матеріалів VII між нар. наук.-практ. конф., м. Херсон, 26-28 травня 2015 р. Херсон. 2015. С. 127–129.

14. Хомяков В.Ю. Определение погрешности при расчете параметров штабеля навалочного груза в трюме малотоннажного судна. Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві : матеріали наук.-метод. конф., м. Одеса, 19-20 лист. 2015 р. Одеса, 2016. С. 81–87.

15. Хом'яков В.Ю. Автоматизація контролю завантаження однотрюмного судна навалочними вантажами. Річковий та морський транспорт: інфраструктура, судноплавство, перевезення, безпека : матеріали наук.-техн. конф., м. Одеса, 16-17 лист. 2016 р. Одеса, 2017. С. 166–171.

16. Хом'яков В.Ю. Технологічні особливості завантаження малотоннажного однотрюмного судна «WAVE». Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація : матеріали наук.-практ. конф., м. Одеса, 15-16 лист. 2018 р. Одеса, 2018. С. 302–304.

17. Хом'яков В. Ю. Завантаження однотрюмного судна навалювальним вантажем з використанням методу природної сепарації. Принципи розвитку організації морських перевезень в сучасних умовах міжнародного судноплавства : Колективна монографія за ред. Л.Л. Ніколаєвої. Одеса, 2020. С. 153–163.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

18. Спосіб розміщення навалювальних вантажів в трюмі судна : пат. 107604 Україна. № у 2016 00313 ; заявл. 14.01.2016 ; опубл. 10.06.2016, Бюл. № 11. 6 с.

19. Спосіб контролю розміщення навалочних вантажів в трюмі судна : пат. 114118 Україна. № у 2016 09903 ; заявл. 26.09.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4. 6 с.