

УДК 656.614.3.073.003

DOI: 10.31653/2306-5761.29.219.237-243

## FORMING OF TENSOR OF LOAD OF CONTAINERSHIP IN THE CASE OF CONDUCTING OF CARGO OPERATIONS IN A FEW PORTS

## ФОРМИРОВАНИЕ ТЕНЗОРА ЗАГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА В СЛУЧАЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ В НЕСКОЛЬКИХ ПОРТАХ

**M. N. Tsimbal**, *PhD student*,

**М. Н. Цымбал**, *аспірант*

*National University «Odessa Maritime Academy», Ukraine*

*Национальный университет «Одесская морская академия», Украина*

### ABSTRACT

In work is specified, that the loading of containership with the subsequent unloading in a few ports requires to place a loading taking into account the sequence of ports of unloading, with providing of free access to necessary parties of loading, and also the terms of accordance of the transient states of loading to the requirements of seaworthiness of ship must be executed. During every transition between successive ports the parameters of stability and durability of ship must be in possible limits, and nascent forces of inertia of tossing must be in possible limits.

The trip of ship is considered, in which it calls at four ports, thus in the first and second ports a ship adopts a loading for unloading in the third and fourth ports, and after unloading in the third port adopts yet party of loading for fourth port. The loading of ship in the first port is characterized by party of loading for the third port, by party of loading for fourth port, ship supplies, ballast and their tensor of loading.

It is shown that after completion of cargo operations in the first port tensor of loading must provide the possible nautical state and value of forces of inertia of tossing in possible limits. The reception of loading for the third port and loading for fourth port proceeds in the second port. Because unloading of part of loading is foreseen in the third port, the loading of ship in the second port must foresee free access to the unloading parties. In the third port after unloading is adopted party of loading for fourth port. It is specified on that tensor of loading can have permanent and variable constituents. In examined case a permanent constituent for all three tensors of loading is determined by party of loading, which is loading in the first port for unloading in fourth port, and rests of each of tensors are variable constituents, for which analytical expressions are got in the article.

It is shown that for forming of tensor of loading of ship the following operations are used: determination of permanent constituent of tensor of loading, addition of initial tensor, inheritance of tensors, when second one tensor includes, and substitution of constituents of tensor. Thus forming of first tensor is produced with the use of operation of addition of permanent constituent, second tensor is got the

inheritance of first tensor and addition of variable constituents, and for third tensor operation of substitution in second tensor is used.

**Keywords:** nautical safety, loading of containership, tensor of loading, requirement to forming of tensor.

### РЕФЕРАТ

У роботі вказується, що завантаження контейнеровоза з подальшим розвантаженням в декількох портах вимагає розміщувати вантаж з урахуванням послідовності портів вивантаження, із забезпеченням вільного доступу до необхідних партій вантажу, а також повинні виконуватися умови відповідності проміжних станів завантаження вимогам мореплавства судна. Під час кожного переходу між послідовними портами параметри остійності, посадки і міцності судна повинні знаходитися в допустимих межах, як і виникаючі сили інерції качання.

Розглянуто рейс судна, в якому воно заходить в чотири порти, причому в першому і другому портах судно приймає вантаж для вивантаження в третьому і четвертому портах, а після вивантаження в третьому порту приймає ще партію вантажу для четвертого порту. Завантаження судна в першому порту характеризується партією вантажу для третього порту, партією вантажу для четвертого порту, судновими запасами, баластом і їх тензором завантаження.

Показано, що після завершення вантажних операцій в першому порту тензор завантаження повинен забезпечити допустимий морехідний стан і значення сил інерції качання в допустимих межах. У другому порту продовжується прийом вантажу для третього порту і вантажу для четвертого порту. Оскільки в третьому порту передбачається вивантаження частини вантажу, то завантаження судна в другому порту повинне передбачити вільний доступ до партій, що мають вивантажуватися. У третьому порту після вивантаження приймається партія вантажу для четвертого порту.

Вказується на те, що тензор завантаження може мати постійну і змінну складові. У даному випадку постійна складова для всіх трьох тензорів завантаження визначається партією вантажу, яка завантажується в першому порту для вивантаження в четвертому порту, а решта частин кожного з тензорів є змінними складовими, для яких в статті одержані аналітичні вирази.

Показано, що для формування тензора завантаження судна використовуються наступні операції: визначення постійної складової тензорів завантаження, доповнення початкового тензора, спадкоємство тензорів, коли один тензор включає другий, і заміщення складових тензора. Причому формування першого тензора проводиться з використанням операції доповнення постійної складової, другий тензор одержано спадкоємством першого тензора і доповненням змінних складових, а для третього тензора використана операція заміщення в другому тензорі.

**Ключові слова:** морехідна безпека, завантаження контейнеровоза, тензор завантаження, вимоги до формування тензора.

### **Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами**

Загрузка контейнеровоза с последующей разгрузкой в нескольких портах требует производить размещения груза с учетом последовательности портов выгрузки, с обеспечением свободного доступа к необходимым партиям груза, а также должны выполняться условия соответствия промежуточных состояний загрузки требованиям мореходности судна.

### **Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы**

Вопросы обеспечения мореходной безопасности судов детально рассмотрены в работе [1], а в патенте [2] предложен способ обеспечения плавучести аварийного судна типа RO-RO, предусматривающий применение закрытых емкостей, которые установлены по бортам и под палубой вдоль и поперек судна.

Метод расчета диаграммы нагрузок и анализа последовательного разрушения при заданных начальных деформациях и остаточных напряжениях, а также метод расчета предельной прочности продольных балок корпуса судна описываются в работе [3].

В работе [4] исследована корреляционная зависимость между формой корпуса судна и диаграммой его статической остойчивости, рассмотрена задача синтеза формы корпуса с заданной величиной метацентрической высоты и получена формула расчета метацентрической высоты.

Статья [5] посвящена методам расчета запаса надежности судовых конструкций на базе статистического материала, полученного при многолетней эксплуатации судов в арктических районах плавания.

Задача оптимизации грузовых операций навалочных судов изложена в работе [6], а работа [7] посвящена учету особенностей загрузки генеральных грузов. Модель бортовой качки накатных судов с уравнивающим расположением помещений в случае затопления их части исследуется в работе [8].

Различные численные методы оценки прочности и вибрации судна описываются в работе [9] и показано, что наиболее эффективным является метод конечных элементов.

### **Формулирование целей статьи (постановка задачи)**

Целью статьи является описание способа формирования тензора загрузки контейнеровоза в случае проведения грузовых операций в нескольких портах.

### **Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов**

В случае приема судном груза, выгрузка которого предусмотрена частями в нескольких последовательных портах, на каждом переходе между портами его мореходное состояние будет разным. Однако во время каждого перехода параметры остойчивости, посадки и прочности судна должны находиться в

допустимых пределах, а возникающие силы инерции качки должны находиться в допустимых пределах. Следовательно, при загрузке контейнеровоза с последующей разгрузкой в нескольких портах размещение груза должно учитывать последовательность портов выгрузки с тем, чтобы доступ к необходимым партиям груза был свободен, а все промежуточные состояния загрузки отвечали требованиям мореходности судна, причем возникающие силы инерции должны находиться в допустимых пределах.

В статье [10] предложены процедуры размещения контейнеров по бейтам и ярусам грузового помещения с учетом требований по мореходной безопасности судна и приведены аналитические выражения для формирования допустимого тензора загрузки судна, который характеризует размещение контейнеров в грузовых помещениях с учетом их массы, удовлетворяющее упомянутым требованиям.

Рассмотрим рейс судна, в котором оно заходит в четыре порта, причем в первом и втором портах судно принимает груз для выгрузки в третьем и четвертом портах, а после выгрузки в третьем порту принимает еще партию груза для четвертого порта. Загрузка судна в первом порту  $G_1$  характеризуется партией груза  $p_1^3$  для третьего порта, партией груза  $p_1^4$  для четвертого порта, судовыми запасами  $P_{z1}$ , балластом  $P_{b1}$  и их тензором загрузки  $Q_1$ . Поэтому:

$$G_1 = \{p_1^3, p_1^4, P_{b1}, P_{z1}, Q_1\}.$$

После завершения грузовых операций в первом порту тензор загрузки  $Q_1$  должен обеспечить допустимое мореходное состояние  $M_1 \in Mn_{sf}$ , где  $Mn_{sf}$  - множество безопасных мореходных состояний, и значение сил инерции качки  $F_{jk}$  в допустимых пределах, т. е.  $F_{jk1} < F_{jd}$ . Во втором порту продолжается прием груза  $p_2^3$  для третьего порта и груза  $p_2^4$  для четвертого порта. Загрузка судна во втором порту  $G_2$  характеризуется также судовыми запасами  $P_{z2}$ , балластом  $P_{b2}$  и тензором загрузки  $Q_2$ . Партию груза, к которой имеется свободный доступ для выгрузки, обозначим  $\tilde{p}_1$ . Так как в третьем порту предусматривается выгрузка части груза, то загрузка судна во втором порту  $G_2$ :

$$G_2 = \{\tilde{p}_1^3, p_1^4, \tilde{p}_2^3, p_2^4, P_{b2}, P_{z2}, Q_2\},$$

с учетом того, что к выгружаемым партиям должен быть обеспечен свободный доступ для выгрузки. Тензор загрузки  $Q_2$  должен удовлетворить требованиям мореходной безопасности и допустимости сил инерции на качке:

$$M_2 \in Mn_{sf},$$

$$F_{jk2} < F_{jd}.$$

В третьем порту после выгрузки принимается партия груза  $p_3^4$  для четвертого порта. Поэтому загрузка судна в третьем порту  $G_3$ :

$$G_3 = \{\tilde{p}_1^4, \tilde{p}_2^4, \tilde{p}_3^4, P_{b3}, P_{z3}, Q_3\}.$$

Тензор загрузки  $Q_3$  формируется таким образом, чтобы были удовлетворены условия:

$$\begin{aligned} M_4 &\in Mn_{sf}, \\ F_{jk4} &< F_{jd}. \end{aligned}$$

Таким образом, каждая из загрузок судна  $G_s$  должна отвечать требованию свободного доступа к грузу, который должен выгружаться в следующем порту, а тензор загрузки  $Q_s$  обеспечивать мореходную безопасность  $M_s \in Mn_{sf}$  и допустимость сил инерции на качке  $F_{jks} < F_{jd}$ , на предстоящем переходе. Обращаем внимание, что тензор загрузки  $Q_s$  может иметь постоянную и переменную составляющие. Так в рассматриваемом случае постоянная составляющая для всех трех тензоров загрузки определяется партией груза  $p_1^4$ , которую обозначим  $\bar{Q}$ , а остальные части каждого из тензоров являются переменными составляющими. Поэтому переменные составляющие тензоров  $\hat{Q}_s$ :

$$\begin{aligned} \hat{Q}_1 &= Q_1^3 - \text{от партии груза } p_1^3; \\ \hat{Q}_2 &= Q_1^3 \cup Q_2^3 \cup Q_2^4 - \text{от партий груза } p_1^3, p_2^3 \text{ и } p_2^4; \\ \hat{Q}_3 &= Q_2^4 \cup Q_3^4 - \text{от партий груза } p_2^4 \text{ и } p_3^4. \end{aligned}$$

Следовательно, тензоры загрузок  $Q_s$ :

$$\begin{aligned} Q_1 &= \bar{Q} \cup \hat{Q}_1 = \bar{Q} \cup Q_1^3; \\ Q_2 &= \bar{Q} \cup \hat{Q}_2 = \bar{Q} \cup Q_1^3 \cup Q_2^3 \cup Q_2^4; \\ Q_3 &= \bar{Q} \cup \hat{Q}_3 = \bar{Q} \cup Q_2^4 \cup Q_3^4. \end{aligned}$$

Анализируя полученные выражения, делаем вывод о том, что формирование тензоров загрузки контейнеровоза следует начинать из определения постоянной составляющей  $\bar{Q}$  размещения партии груза  $p_1^4$ , выгрузка которой предусматривается последней в четвертом порту. Следующей производится загрузка партии  $p_1^3$ , размещение которой должно обеспечить свободный доступ к ней для выгрузки в третьем порту, поэтому тензор загрузки  $Q_1$  получим, дополняя постоянную составляющую  $\bar{Q}$  переменной составляющей  $\hat{Q}_1^3$  со свободным доступом в третьем порту. Поэтому партию

контейнеров  $p_1^3$  следует разместить в отдельных грузовых помещениях, либо поверх партии  $p_1^4$ .

При загрузке во втором порту ее тензор  $Q_2$  включает в себя тензор  $Q_1$  с дополнением составляющих  $\tilde{Q}_2^3$  размещения партии  $p_2^3$  со свободным доступом и  $Q_2^4$  размещения партии  $p_2^4$ . Следовательно,  $Q_2 = Q_1 \cup \tilde{Q}_2^3 \cup Q_2^4$ .

В третьем порту составляющие тензора  $\tilde{Q}_1^3$  и  $\tilde{Q}_2^3$  замещаются составляющей  $Q_3^4$ , а тензор загрузки  $Q_3$  отражает размещение партий груза для выгрузки в четвертом порту, т. е.  $Q_3 = Q_1^4 \cup Q_2^4 \cup Q_3^4$ .

Таким образом, для формирования тензора загрузки судна используются следующие операции: определение постоянной составляющей  $\bar{Q}$ , дополнение тензора, наследование, когда один тензор включает в себя второй, и замещение составляющих тензора. При формировании тензора  $Q_1$  использована операция дополнения постоянной составляющей, тензор  $Q_2$  получен наследованием тензора  $Q_1$  и дополнением переменных составляющих, а для тензора  $Q_3$  использована операция замещения в тензоре  $Q_2$ .

Способ формирования тензора загрузки связан с балластировкой судна для обеспечения требований мореходной безопасности. При этом тензор загрузки формируется с условием приема минимального количества балласта, и он должен удовлетворить требованиям мореходной безопасности и допустимости сил инерции на качке, что формально можно выразить следующим образом:

$$G_s = \{\cup p_s, P_{bs}, P_{zs}, Q_s\}$$

$$P_{bs} \rightarrow \min ,$$

$$M_s \in Mn_{sf} ,$$

$$F_{jks} < F_{jd} .$$

### **Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению**

Рассмотрен способ формирования тензора загрузки контейнеровоза в случае приема и сдачи груза в нескольких портах. В дальнейшем целесообразно более детальное исследование предложенных операций формирования тензора загрузки.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Сизов В.Г. Теория корабля. – Одесса: Феникс, 2003. – 282 с.
2. RO-RO ship/ferry with buoyancy tanks to prevent capsizing/ Заявка 2264665 Великобритания МКИ6 В 63 В 43/12 / Shatawy Ahmed Ahmed El. - № 9422061.3; Заявл. 2.11.94; Опубл. 8.5.96; НКИ В7А.

3. Kulesh Victor A. Computer investigation of construction reliability / Kulesh Victor A. // Proc. 6<sup>th</sup> Int. Offshore and Polar Eng. Conf., Los Angeles, Calif., May 26-31, 1996. Vol. 4. – Golden (Golo), 1996. – p. 395-401.
4. Xia Jinzhu. A dynamic model for roll motion of ships due to flooding / Xia Jinzhu, Jensen Jorgen, Pedersen Preben Terndrup // Schiffstechnik. – 1999. – 46, № 4. –P. 208-216.
5. Wan Zheng. Estimation of ultimate strength of ship`s hull girders. / Wan Zheng, He Fu. // Ship Mech. - 2003. - 7, № 3. - P. 58-67.
6. Васьков Ю.Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов / Ю.Ю. Васьков // Судовождение. – № 6. – 2003. – С. 40 – 45.
7. Чепок А.О. Разработка процедуры отображения укладки генерального груза в трюмах судна / А.О. Чепок // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 20. – Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С. 243–246.
8. Simonovich Milivoje. The correlation of ship hull form and her static stability diagram./ Simonovich Milivoje, Sizov Victor G, Vorobjov Yuri L. // 21 Jugosloven. kongr. teor. i primenjene meh., Nis. 29 maj – 3 jun. - 1995. - P. 167-173.
9. Miller Lutz. Advanced calculation techniques for ship structural design./ Miller Lutz.// Germ. Maritime Ind. J. - 1992. - 8, Spec. Issue. - P. 37 - 40.
10. Власенко Е.А. Допустимая загрузка контейнеровоза / Е.А. Власенко //Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(22), Issue: 186, 2018.- С. 87 - 96.