

УДК 656.615.073

**THE METHOD OF THE LOADING OF LOW-TONNAGE
MONOHOLD VESSEL WITH FEW TYPES OF BULK CARGO****СПОСОБ ЗАГРУЗКИ МАЛОТОННАЖНОГО
ОДНОТРЮМНОГО СУДНА НЕСКОЛЬКИМИ ВИДАМИ
НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ****V.D. Savchuk, PhD, professor, V.Yu. Khomiakov
В.Д. Савчук, к.т.н., с.н.с., професор, В.Ю. Хомяков***National University «Odessa Maritime Academy»
Національний університет «Одеська морська академія»***ABSTRACT**

On m/v «Wilson Bilbao» while carrying few types of bulk cargo simultaneously was determined that if the loading is carried out on an even keel, the cargo is placed in such a way, that at the head and the stern part of the hold the stack has got right-angled triangle or rectangular trapezoid shape. In the middle of the hold, depending on the volume of cargo stack, its shape is isosceles trapezoid or isosceles triangle. If the vessel has got the initial trim, when loading bulk cargo, especially, the shift of stack surface happens and its volume shifting of deck tilt takes place. The angles at stack base change by the angle of trim difference: one of the angle increases, another – decreases. The shift of the center of gravity of a stack of the moved cargo is necessary to be considered by cargo officer at the calculation of stability after the loading completion. The method of the loading of monohold vessel with few types of bulk cargo for their simultaneous carrying is treated in the article.

Keywords: vessel «coaster», bulk cargo, trim difference, loading.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Практика эксплуатации малотоннажных однотрюмных судов (типа «коастер») показывает, что часто возникает ситуация, когда по условиям фрахтования необходимо одновременно перевозить несколько видов навалочных или насыпных грузов. Во избежание их смешивания применяется метод «естественной» сепарации. В таких рейсах грузовому помощнику капитана, при составлении грузового плана судна, необходимо выполнить расчеты количества и размеров каждого штабеля, а также определить координаты их центров тяжести. Это позволяет уменьшить ошибки в дальнейших расчетах остойчивости судна после окончания погрузки.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Вопросам безопасной перевозки навалочных и насыпных грузов уделено внимание в трудах отечественных и зарубежных исследователей [1, 2]. Выбор оптимального варианта проведения грузовых операций балкеров с целью

обеспечения их мореходной безопасности рассмотрен в работе [3]. Расчет высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «коастер» и возможное смещение его центра тяжести представлены в публикациях [4, 5]. Метод «естественной» сепарации и диаграмма графического расчета массы навалочных грузов опубликован в [6, 7]. Удифферентовка балкера при транспортировке навалочных грузов рассмотрена в статье [8]. Математическая модель определения конфигурации поверхности насыпного груза в трюме судна методом Нелдера-Мида изложена в [9]. Система автоматизированного контроля грузовых операций крупнотоннажного балкера представлена в статье [10]. Однако, по сей день не рассмотрены случаи, когда грузовому помощнику капитана необходимо выполнить расчеты грузового плана и остойчивости малотоннажного судна при наличии дифферента. Натурные наблюдения в реальных рейсах т/х «Wilson Bilbao» и теоретические исследования позволили авторам предложить формулы для расчета координат центра тяжести каждого штабеля насыпного груза, при наличии дифферента судна [11].

Целью статьи является описание способа оптимальной загрузки малотоннажного однотрюмного судна (типа «коастер») несколькими видами навалочных грузов отдельными штабелями с учетом возникновения дифферента, как во время проведения грузовых операций, так и при его плавании на волнении.

Изложение материала исследования. Рейсовые наблюдения на т/х «Wilson Bilbao» позволили установить, что при отсутствии дифферента судна, продольное сечение штабеля груза, который расположен в центральной части трюма, в зависимости от его высоты и объема, имеет форму равнобедренного треугольника (Рис.1, III) или равнобедренной трапеции (Рис.1, II). Углы при их основании равны углам естественного откоса данного груза. Штабели груза, расположенные в носовой и кормовой части трюма, могут иметь форму прямоугольного треугольника либо прямоугольной трапеции (Рис.1, I, IV).

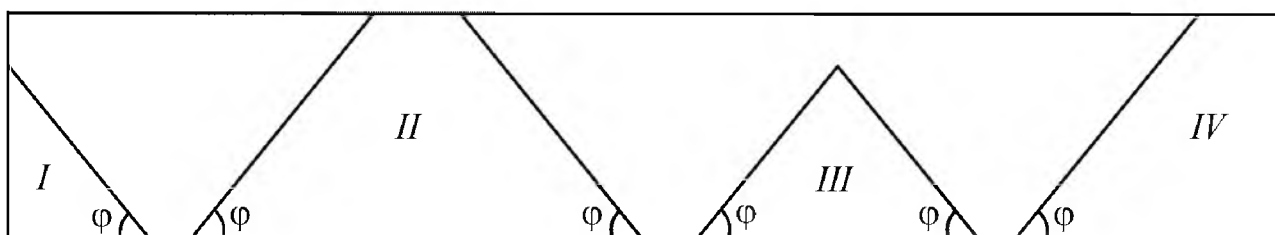


Рис. 1 Расположение штабелей груза при отсутствии дифферента судна

При наличии дифферента судна углы при основании этих штабелей груза изменяются на угол дифферента: один из углов увеличивается, другой – уменьшается (Рис. 2).

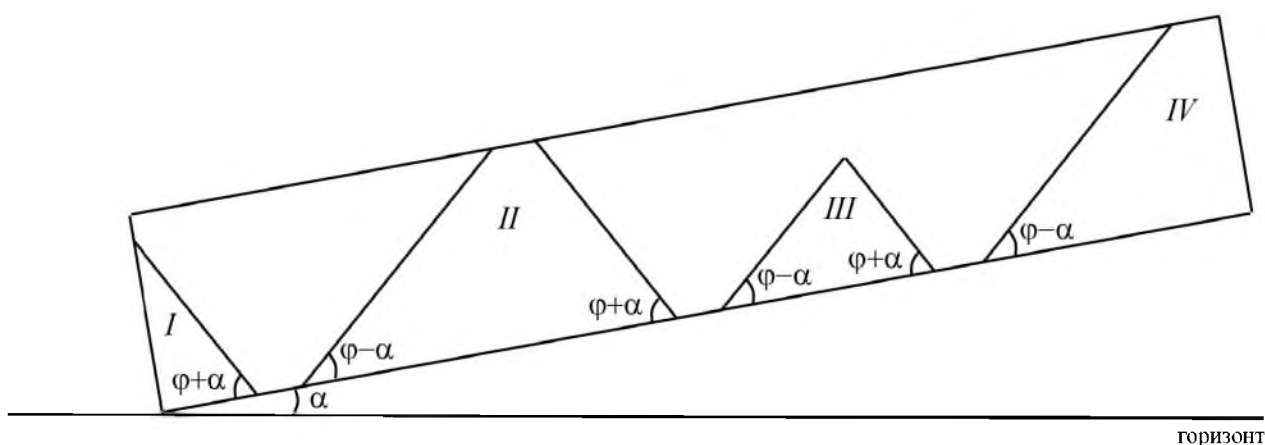


Рис. 2 Расположение штабелей груза при наличии дифферента судна

Для предотвращения возможного смешивания разных партий навалочных грузов, при их одновременной перевозке в трюме малотоннажного судна, предлагается способ размещения таких грузов с использованием метода «естественной» сепарации. По предлагаемому способу разные партии навалочных грузов в виде штабелей (не менее двух) размещаются в трюме, в любой последовательности, на заранее рассчитанных площадях палубы. Расстояния между основаниями штабелей устанавливаются с учетом необходимого запаса свободного пространства, которое может быть заполнено смещающейся массой груза. Величина расстояний зависит от угла естественного откоса каждого вида груза, высоты насыпи и дифферента судна, как при погрузке, так и во время его плавания на волнении. Размещение штабелей на заранее определенные площади палубы трюма так, чтобы груз высыпался по направлению носа и кормы судна одинаково от плановой точки загрузки береговым перегружателем позволяет обеспечить устойчивость штабеля и возможность одновременной перевозки нескольких видов или фракций навалочных грузов.

Штабеля груза предлагается размещать в трюме так, чтобы сумма длин оснований штабелей составляла бы величину меньше длины трюма, т.е. соответствовала выражению $\sum_{k=1}^N L_k < L$, где L – длина трюма, L_k – сумма длины нижних оснований всех штабелей, которые будут погружены в трюм, k – количество штабелей.

Расстояние между запланированными точками загрузки от кормовой либо от носовой переборки трюма рассчитывается в Блоке 2 системы расчета грузового плана малотоннажного судна (Рис. 3).

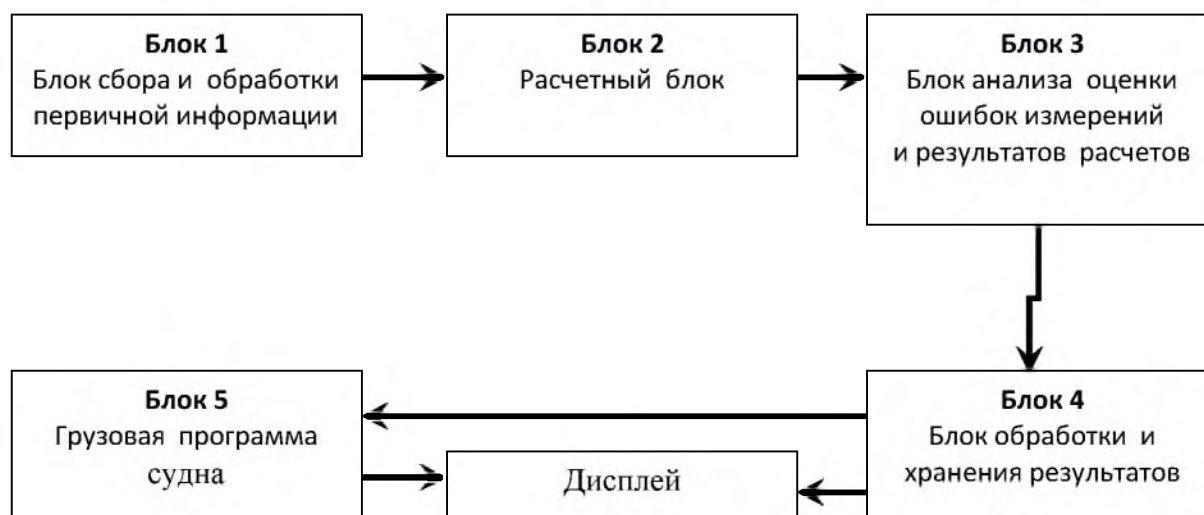


Рис. 3 Система расчета грузового плана малотоннажного судна

Способ размещения грузов в трюме судна заключается в следующем.

Грузы различного вида или фракций размещаются в трюме однотрюмного малотоннажного судна штабелями, каждый из которых имеет соответствующую форму и габариты, в зависимости от места его расположения по длине судна, а также и координаты его центра тяжести (ЦТ).

Груз загружают у кормовой и носовой переборок трюма, установив береговой перегружатель в заранее рассчитанных точках погрузки. Затем засыпают груз в центральную часть трюма (Рис. 4 б, в). В таком случае штабели будут расположены на расстоянии один от другого, которое учитывает необходимый запас длины палубы трюма для смещения груза при возникновении дифферента судна.

Штабели груза, не менее двух, загружаются на запланированные площади палубы трюма, которые определяются с использованием блока 2 системы расчетов размеров штабелей (Рис. 3).

В Блоке 2 для каждого из грузов рассчитывается форма и габариты штабеля при различных вариантах их размещения (нос, центр трюма, корма). Например, для штабеля I (Рис. 2):

высота штабеля

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\operatorname{ctg}(\varphi + \alpha)}}, \quad (1)$$

длина его основания

$$L = \sqrt{2S \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha)}, \quad (2)$$

где $S = \frac{m}{\rho d}$ - площадь продольного разреза штабеля, м^2 ;

m - масса штабеля, т;

d - ширина трюма, м;

ρ - насыпная плотность груза, т/м^3 ;

φ - угол естественного откоса груза, град;

α - угол дифферента судна, град.

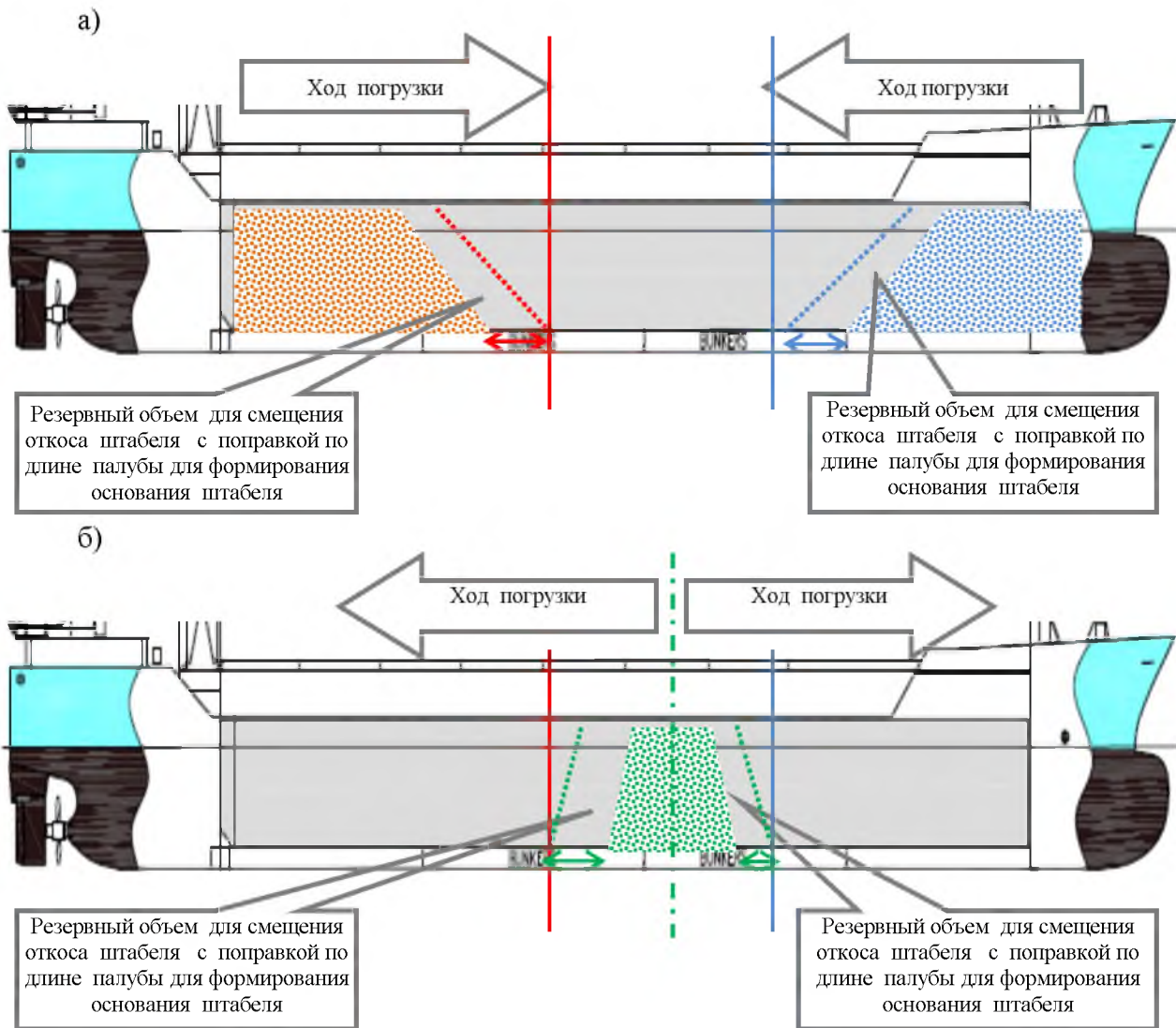


Рис. 4. Варианты погрузки штабелей разных навалочных грузов

Координаты ЦТ штабеля определяются при условии, что начало системы координат размещено в левой стороне его основания:

$$P_1 \left(\frac{h \operatorname{ctg}(\varphi + \alpha)}{3}, \frac{h}{3} \right) \quad (3)$$

Для штабеля IV (Рис. 2):
высота штабеля

$$h = \sqrt{\frac{2S}{\operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)}}, \quad (4)$$

длина его основания:

$$L = \sqrt{2S \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)} \quad (5)$$

Координаты ЦТ штабеля

$$P_1 \left(\frac{2h \operatorname{ctg}(\varphi - \alpha)}{3}, \frac{h}{3} \right) \quad (6)$$

Аналогично выполняются расчеты для штабелей, которые имеют иную форму (Рис. 2, II, III). Затем рассчитывается сумма длины нижних оснований всех штабелей грузов $\sum_{k=1}^N L_k$. Если для запланированного способа размещения штабелей выполняется условие $\sum_{k=1}^N L_k < L$, то такой способ размещения считается допустимым. Если же есть несколько допустимых способов размещения, то выбирается оптимальный, для которого сумма $\sum_{k=1}^N L_k$ принимает минимальное значение. После этого определяется расстояние между основаниями отдельных штабелей, размеры и координаты центра тяжести (ЦТ) каждого штабеля.

Если условие $\sum_{k=1}^N L_k < L$ не выполняется для рассматриваемых вариантов размещения грузов, то это подтверждает, что такой набор грузов разместить невозможно. Чтобы избежать риска смешивания партий грузов необходимо уменьшить массу, а, следовательно, и объем, одного из запланированных к перевозке грузов.

Пример использования способа.

При выполнении рейсов т/х «Wilson Bilbao» (DW = 3500 т, размер грузового трюма L x B x H = 62,4 x 10 x 6 м, V = 3744 м³), часто возникала необходимость загружать судно несколькими видами грузов. для чего использовался метод «естественной» сепарации. В одном из рейсов, порт погрузки Eikefet (Норвегия), порт выгрузки Коеге (Дания) фрахтователем была поставлена задача, загрузить судно щебнем (масса по коносаменту 3450 т, удельный погрузочный объем – 0,6-0,8 м³/т, угол естественного откоса – 32-43°) с обязательным разделением груза на три отдельные штабели. Щебень в трёх штабелях грузовой партии имел различный гранулометрический состав, размеры частиц составляли 8-12 мм, 18-25 мм и 30-40 мм, что и стало причиной таких требований фрахтователя. Расположение штабелей груза представлено на рис. 5.



Рис. 5 Загрузка трёх различных штабелей груза щебня методом «естественной» сепарации на т/х «Wilson Bilbao»

Перед началом погрузки формы штабелей, которые рассчитали для положения судна «на ровном киле» поочередно были заведены в судовую грузовую программу (Рис. 3, Блок 2).

Далее, в грузовой программе было зафиксировано положение корпуса, с максимально возможным дифферентом судна на каком-либо этапе его погрузки. В Блоке 2 был выполнен расчет поправок запаса длины трюма, которую необходимо иметь между штабелями на случай смещения груза для каждого штабеля, с учетом возможных углов дифферента.

На этапе фактического процесса погрузки длина палубы трюма была разделена на отрезки, которые равнялись длине основания каждого штабеля плюс поправка на ссыпания его откосов.

В приведенном примере загрузки трюма средний штабель ссыпался из обеих откосов, кормовой – только из носового откоса, а носовой – из кормового откоса.

Для штабелей возле носовой и кормовой части трюма загрузка начиналась от кормовой или носовой переборки. (Рис. 4а). Момент окончания погрузки каждого отдельного штабеля груза определялся его массой и размерами основания. Пространство, которое оставалось у подошвы штабеля является тем запасом длины палубы трюма, которая заранее была рассчитана в Блоке 2 для возможного ссыпания откоса груза при возникновении дифферента судна.

Загрузку центральной части трюма начинали с установки берегового перегружателя в точку, которая учитывала возможное ссыпание откосов штабеля, как в направлении носа судна, так и в направлении его кормы. (Рис.4б).

В результате выполненных расчетов были определены все необходимые характеристики каждого штабеля груза щебня, масса носового штабеля составила 1457 т, среднего – 504 т, кормового - 1489 т. Грузовой план судна рассмотренного рейса приведен ниже (рис. 6).

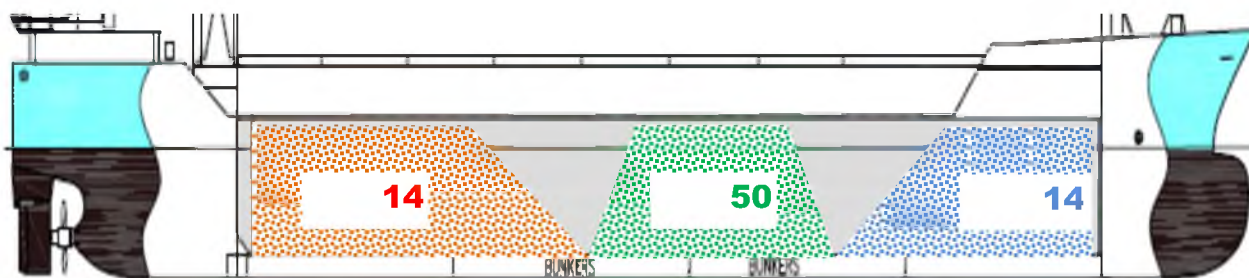


Рис. 6 Грузовой план т/х «Wilson Bilbao» при перевозке щебня с использованием «естественной» сепарации

Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению.

1. Грузовому помощнику капитана, при составлении грузового плана малотоннажного судна, необходимо рассчитывать величину расстояний между основаниями отдельных штабелей. Величина расстояний зависит от угла естественного откоса каждого вида груза, высоты насыпи и дифферента судна, как при погрузке, так и во время его плавания на волнении.

2. Предлагаемый способ загрузки малотоннажного однотрюмного судна несколькими видами навалочных грузов позволяет использовать метод «естественной» сепарации отдельных партий, учитывает возможное смещение груза и позволяет определить координаты центра массы каждого сместившегося штабеля в зависимости от линейных размеров трюма, угла естественного откоса груза и начального дифферента судна.

3. Этот способ служит дополнением к судовой грузовой программе, на 8-10% сокращает затраты времени грузового помощника капитана при выполнении расчетов грузового плана и мореходных качеств судна после его погрузки, что приводит к снижению себестоимости перевозки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановский М.Е. Безопасность морской перевозки навалочных грузов / М.Е. Барановский – М.; Транспорт, 1985. – 189 с.
2. *Tope I.E.* Carriage of Bulk grain without temporary fitting – *Naval Architect*, № 3. 1971. p. 457-471.
3. Цымбал Н.Н. Расчет границ множества допустимых стратегий проведения грузовых операций навалочных судов / Н.Н. Цымбал, Ю.Ю. Васьков // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 8. – Одесса: «Феникс», 2004. – С. 22-31.
4. Хомяков В.Ю. Расчет высоты штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «коастер» / В.Ю. Хомяков, В.Д. Савчук // Материалы научно-теоретической конференции «Судоходство: перевозки, технические средства, безопасность», 19-20 ноября 2013 года. – Одесса: ОНМА, 2013. – С. 136-139.
5. Хомяков В.Ю. Смещение центра тяжести штабеля навалочного груза при загрузке судов типа «коастер» / В.Ю. Хомяков, В.Д. Савчук // Материалы VIII Всеукраинской научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Совершенствование проектирования и эксплуатации морских судов и сооружений» 2-6 декабря 2013 года. – Севастополь: 2014. – С. 159-164.
6. Хомяков В.Ю. Загрузка судна типа «коастер» навалочным грузом с использованием метода «естественной» сепарации / В.Ю. Хомяков, В.Д. Савчук // Научный вестник Херсонской государственной морской академии: Научн. журнал. - Херсон: Издательство ХГМА, 2014. – № 1 (10). – С.64-70.
7. Хомяков В.Ю. Диаграмма графического расчета массы навалочных грузов при перевозке с «естественной» сепарацией / В.Ю. Хомяков, В.Д. Савчук // Материалы шестой Международной научно-практической конференции «Современные информационные и инновационные технологии на транспорте» (MINTT – 2014) 27-29 мая 2014 года. – Херсон: ХГМА, 2014. – С. 147-148.

8. Клименко Е.Н. Удифферентовка балкера при перевозке навалочных грузов / Е.Н. Клименко, В.Д. Савчук // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 10. – Одесса: «Феникс», 2005. – С. 63- 66.
9. Клименко Е.Н. Использование метода Нелдера-Мида для определения конфигурации поверхности насыпного груза в трюме судна / Е.Н. Клименко, В.Д.Савчук // Журнал «Вестник Государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова – 2014. – № 3(8). – Новороссийск – С. 41-48.
10. Клименко Е.Н. Система автоматизированного контроля грузовых операций балкера / Е.Н. Клименко // Судовождение: Сб. научн. трудов /ОНМА. – Вып. 24. – Одесса: «Издат-Информ», 2014. – С. 84-91.
11. Савчук В.Д. Расчет координат центра тяжести штабеля груза при дифференте малотоннажного судна / В.Д. Савчук, В.Ю. Хомяков // Журнал «Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова – 2016. – № 1(35). – Санкт-Петербург – С. 36-46.