

УДК 656.615

В.И. Тихонин

**ОБ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛОЩАДИ СКЛАДОВ
ПРИ ХРАНЕНИИ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ**

Рассмотрена методика определения коэффициента использования полезной площади склада, при хранении навалочных грузов в штабелях в форме конуса и пирамиды. Были определены факторы, определяющие форму штабеля навалочного груза. Предложена методика и определены зависимости коэффициента использования полезной площади склада от размеров штабелей в форме конуса и пирамиды, рассчитаны значения этого коэффициента для штабелей различных размеров и в целом для каждой формы.

Ключевые слова: навалочные грузы, конус и пирамида, коэффициент использования полезной площади склада, методика и зависимости

Розглянуто методика визначення коефіцієнта використання корисної площі складу, при зберіганні навалочних вантажів у штабелях у формі конуса і піраміди. Були визначені фактори, що визначають форму штабеля навалочного вантажу. Запропоновано методика та визначені залежності коефіцієнта використання корисної площі складу від розмірів штабелів у формі конуса і піраміди, розраховані значення цього коефіцієнта для штабелів різних розмірів і в цілому для кожної форми.

Ключові слова: навалочні вантажі, конус і пірамида, коефіцієнт використання корисної площі складу, методика та залежності

The technique of definition of operating ratio of a useful area of a warehouse is considered, at storage of bulk cargoes in stacks in the form of a cone and a pyramid. The factors defining the form of a

© Тихонин В.И., 2013

stack of a bulk cargo have been defined. The technique is offered and dependences of operating ratio of a useful area of a warehouse on the sizes of stacks in the form of a cone and a pyramid are defined, values of this factor for stacks of the various sizes and as a whole for each form are calculated.

Keywords: bulk cargoes, a cone and a pyramid, operating ratio of a useful area of a warehouse, a technique and dependences

Введение. При переработке навалочных грузов в портах, основное их количество перегружается через склады, которые являются основной составляющей производственно-технической базы морских портов. А одним из основных вопросов функционирования портовых складов является определение потребной площади для складирования грузов, проходящих через них.

Потребную площадь открытых складов P в квадратных метрах определяют в [1, 2] по формуле

$$P = E / (q \cdot K_u), \quad (1)$$

где E – расчетная вместимость складов;

q – технологическая нагрузка от складировуемого груза;

K_u – коэффициент использования площади складов для непосредственного хранения грузов.

Определение E и q не вызывает никакой сложности и расписано подробно, а расчет K_u представляет определенную сложность, поэтому рассмотрим его определение более подробно.

В [3] K_u определен как отношение площади, непосредственно занятой под складирование груза, к общей площади склада.

Определение K_u для открытой площади представлено в

[1, 2] только для хранения металлов и оборудования.

В [4] приводится значение K_u для навалочных грузов на открытой складской площадке в зависимости от количества марок груза одновременно располагаемых на ней.

По [2] K_u определяется как отношение площади, занятой штабелями грузов, к площади склада. При этом в [2, 4] за основную площадь открытых складов принимается полезная площадь открытой площадки за вычетом площадей, занимаемых внутрискладскими автомобильными и железными дорогами, крановыми путями, оперативными площадками для передачи грузов с одной перегрузочной машины на другую и для приема (сдачи) груза, площадками под погрузку (разгрузку) автомобилей, площадками для размещения торцевальных машин, смены рейферов, строповки зачистных и трюмных машин.

В соответствии с [1, 2], размеры штабелей в плане определяются техническими возможностями перегрузочных машин, способом производства погрузочно-разгрузочных работ на складе и условиями планировки участка.

По [5] размеры штабелей в плане не ограничиваются и определяются в зависимости от эксплуатационных условий и способа производства погрузочно-транспортных операций на складе. При этом допускается любое очертание штабелей в плане.

При планировке открытых складов расстояние от торца штабеля со стороны путей и автодорог либо подпорной стенки определено в [1, 2, 6].

Для каждой марки и класса навалочных грузов следует устраивать отдельные штабели. Проходы между смежными штабелями угля и руды в пределах одного комплекса (причала) должны быть шириной не менее 3 м. Расстояние между штабелями на смежных перегрузочных комплексах определяют из условий, определяемых противопожарными требованиями и безопасными условиями труда. Так магистральные проезды между группами штабелей и складами определены в [5, 6].

В [1, 2] коэффициент использования полезной площади склада для навалочных грузов вообще не приводится, а в [4] не учитывает форму штабеля.

Постановка задачи. Целью статьи является разработка методики определения потребной площади склада, при хранении навалочных грузов, с учетом формы штабелей и определение ее зависимости от вида размеров штабелей.

Результаты. Вопрос учета формы штабеля отличного от параллелепипеда при определении K_u для генеральных грузов рассмотрен в [7, 8].

Навалочные грузы хранятся в штабелях различной формы, которые сильно отличаются от параллелепипеда. В [9] рассмотрена формы штабелей навалочных грузов и их распространенность в портах.

Рассмотрим определение коэффициента использования полезной площади склада k_f , который будет учитывать не только площадь занятую грузом и площадь склада, отводимого под штабель как K_u , но и форму штабеля.

Предлагается определять k_f как отношение объемов самого штабеля (V_u) к объему блока, отводимого для штабеля на складе (V_{cn})

$$k_f = V_u / V_{cn}, \quad (2)$$

где V_{cn} – объем складской площадки, отводимый под штабель

$$V_{cn} = L_{cn} \cdot B_{cn} \cdot H_{cn}, \quad (3)$$

где L_{cn} – длина складской площадки, отводимой для размещения штабеля навалочного груза, м;

B_{cn} – ширина складской площадки, отводимой для размещения штабеля навалочного груза, м;

H_{cn} – высота складской площадки, отводимой для размещения штабеля навалочного груза, м.

Для навалочных грузов по формулам аналогичным приведенным в [9], были определены высота ($H_{ш}$) и ширина ($B_{ш}$) штабеля

$$H_{ш} = P/\gamma, \quad (4)$$

где P – допустимая нагрузка на причал, т/м²;
 γ – насыпная плотность (масса) груза, т/м³;

$$B_{ш} = 2 \cdot H/\text{tg } \alpha, \quad (5)$$

где α – угол естественного откоса [9], °.

На первом этапе рассмотрим более простые формы штабелей – конус и пирамиду.

Затем были рассчитаны объемы штабелей в форме конуса (V_k) по формуле

$$V_k = 1/24 \cdot \pi \cdot D^3 \cdot \text{tg } \alpha, \quad (6)$$

где D – диаметра конуса, м.

На практике определение D часто затруднено или невозможно, поэтому определяется длина окружности конуса S , величина которой связана с D уравнением

$$S = \pi \cdot D. \quad (7)$$

Выразив D через S , получим

$$V_k = 1/(24 \cdot \pi^2) \cdot S^3 \cdot \text{tg } \alpha. \quad (8)$$

Объем штабеля в виде пирамиды (V_n) был определен по выражению

$$V_n = 1/6 \cdot A^3 \cdot \text{tg } \alpha, \quad (9)$$

где A – сторона основания пирамиды, м.

После чего было определено количество навалочного груза штабелей в форме конуса (Q_k) и пирамиды (Q_n) из выражения

$$Q_{ш} = V_{ш} \cdot \gamma, \quad (10)$$

где $V_{ш}$ – объем штабеля соответствующей формы, м³.

Были проведены расчеты для основной номенклатуры навалочных грузов [10] при $P = 20$ т/м² и при $P = 10$ т/м². При расчете не учитывались грузы или значения $B_{ш}$ и $Q_{ш}$, у которых $B_{ш}$ больше определенного в [1, 2], т. е. 45,5 м, и из которых невозможно сформировать штабель в виде конуса или пирамиды.

По результатам расчетов были сделаны выводы, что при нагрузке на складе в 20 т/м² количество навалочного груза в штабеле в форме конуса не превышает 15 тыс. т, а в форме пирамиды – 19 тыс. т. При нагрузке на складе в 10 т/м² количество груза в штабеле в форме конуса не превышает 5,1 тыс. т, а в форме пирамиды – 6,5 тыс. т.

Определенные величины количества навалочного груза в штабелях в форме конуса и пирамиды составляют значительную часть хранящегося в порту груза, что подтверждается анализом судопотока в порту Южный (рис. 1).

На рис. 1 приводится количество судов N , размер судовой партии которых составил Q_c тыс. т. Так как размер судовой партии на разных судах не одинаковый, то была произведена определенная группировка. Так по оси абсцисс указано первое значение Q_c – до 5 тыс. т, второе от 5 до 10 тыс. т, третье – от 10 до 15 тыс. т и т. д.

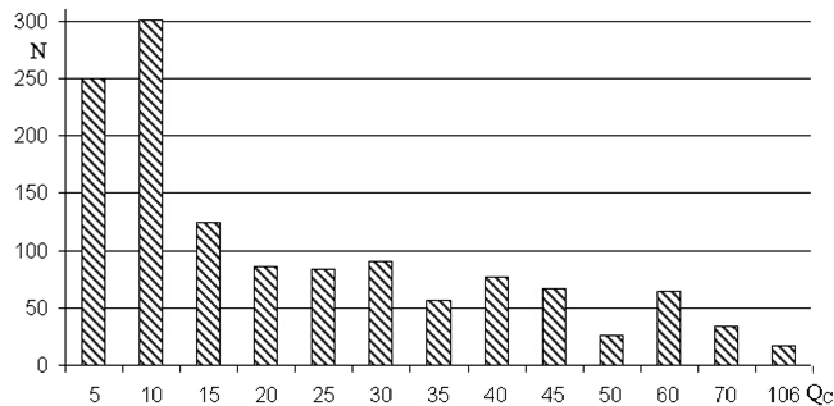


Рис. 1. Размер судовой партии навалочного груза

В соответствии с требованиями [1, 2, 4, 5, 6] каждая марка или класс навалочных грузов должны храниться в отдельные штабеля, а судовая партия как раз является отдельной партией груза как по марке, так и по классу.

Значение L_{cn} определяется длиной штабеля $L_{ш}$ и расстоянием между рядом стоящими штабелями L_o (рис. 2). Величина $L_{ш}$ в свою очередь определяется для конуса диаметром D , а для пирамиды – стороной основания A . Значение L_o определяется условиями размещения штабелей и проходами между ними [1, 2], исходя из этого получим выражение для определения L_{cn}

$$L_{cn} = L_o + L_{ш} + L_o. \quad (11)$$

При определении L_{cn} величина L_o принималась как половина ширины прохода, определенного в [1, 2] – 1,5 м. Таким образом, формула определения L_{cn} примет следующий вид

$$L_{cn} = 1,5 + L_{ш} + 1,5. \quad (12)$$

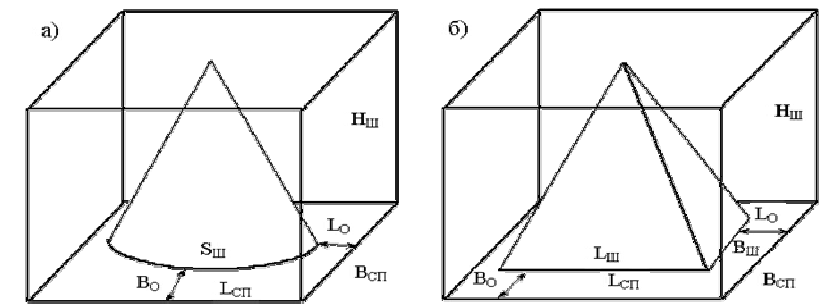


Рис. 2. Размещение штабелей на складе:
а – конус; б – пирамида

Значение B_{cn} определяется длиной штабеля $B_{ш}$ и расстоянием между рядом стоящими штабелями B_o (рис. 2)

$$B_{cn} = B_o + B_{ш} + B_o. \quad (13)$$

Величина $B_{ш}$ в свою очередь определяется для конуса диаметром D , а для пирамиды – стороной основания A . Значение B_o определяется условиями размещения складской площадки [9]

$$B_{cn} = 2,0 + B_{ш} + 2,0. \quad (14)$$

Значение H_{cn} определяется высотой штабеля $H_{ш}$ (рис. 2), таким образом:

$$H_{cn} = H_{ш}. \quad (15)$$

В свою очередь $H_{ш}$ для конуса определяется из выражения

$$H_{ш} = D \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2, \quad (16)$$

а для пирамиды из следующего выражения:

$$H_{ш} = A \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2. \quad (17)$$

При расчете k_f и определении его зависимости от исходных параметров, было определено, что величина k_f при зафиксированных значениях D , S и A не меняется при изменении величины α .

Однако для адекватного определения зависимости k_f от исходных параметров D , S , A и α использовалась наиболее эффективная для таких расчетов программа пошагового регрессионного анализа, предусматривающая проверку исходной матрицы на сингулярность и исключение зависимых переменных.

Расчет пошагового регрессионного анализа производился с использованием библиотеки научных программ на FORTRAN-77.

При расчете применялся сокращенный метод Дулиттла для решения на каждом шаге вопроса о вводе переменных в регрессию и вычисления коэффициентов регрессии. В процессе выполнения программы производился анализ пошаговой множественной регрессии зависимой переменной и множества независимых переменных.

Определение зависимостей k_f производилось для штабеля в виде конуса от величин D и α , S и α , для пирамиды – A и α . Во всех трех случаях определения зависимости коэффициент регрессии для α равнялся 0.

Поэтому можно сделать вывод, что k_f не зависит от значения α . Это подтверждается и тем, что $H_{cn} = H_{ш}$ (рис. 2), и при расчете k_f , H_{cn} и $H_{ш}$ могут быть сокращены. А величина $H_{ш}$ в свою очередь определяется величиной α (фор-

мула (16), (17)), которая автоматически исключается из расчета, то есть не влияет на k_f .

Однако если при расчете k_f использовать отношение площади основания штабеля груза к площади склада, отводимого под штабель, то не будет учитываться форма штабеля груза. Поэтому при расчете величины k_f величина угла естественного откоса α использовалась, а при определении зависимостей k_f от линейных размеров штабеля – не учитывалась.

Так как множественный коэффициент корреляции для всех расчетов не превышал 0,84, а k_f имеет зависимость только от одной величины D или S для конуса и A – для пирамиды, то далее использовался пакет Excel, который дает хорошие результаты при определении зависимости от одной переменной.

Исходя из выше изложенного, были определены значения k_f при разных значениях D и S для конуса, и A – для пирамиды. Результаты расчетов приведены табл. 1.

Далее при помощи Microsoft Office Excel, 2003 данные табл. 1 были проанализированы, по ним построены линии тренда, определены их уравнения и величина достоверности аппроксимации (R^2). Наибольшее значение R^2 дала полиномиальная линия тренда, уравнение которой и значения R^2 представлены:

- на рис. 3 – значение k_f для конуса в зависимости от D ;
- на рис. 4 – значение k_f для конуса в зависимости от S ;
- на рис. 5 – значение k_f для пирамиды в зависимости от A .

Таблиця 1

$D, A,$ м	Конус		Пирамида	$D, A,$ м	Конус		Пирамида
	$S, м$	k_f	k_f		$S, м$	k_f	k_f
5,0	15,71	0,091	0,116	26,0	81,68	0,203	0,259
6,0	18,85	0,105	0,133	27,0	84,82	0,205	0,261
7,0	21,99	0,117	0,148	28,0	87,96	0,207	0,263
8,0	25,13	0,127	0,162	29,0	91,11	0,208	0,265
9,0	28,27	0,136	0,173	30,0	94,25	0,210	0,267
10,0	31,42	0,144	0,183	31,0	97,39	0,211	0,269
11,0	34,56	0,151	0,192	32,0	100,53	0,213	0,271
12,0	37,70	0,157	0,200	33,0	103,67	0,214	0,273
13,0	40,84	0,163	0,207	34,0	106,81	0,215	0,274
14,0	43,98	0,168	0,214	35,0	109,96	0,216	0,276
15,0	47,12	0,172	0,219	36,0	113,10	0,217	0,277
16,0	50,27	0,176	0,225	37,0	116,24	0,219	0,278
17,0	53,41	0,180	0,229	38,0	119,38	0,220	0,280
18,0	56,55	0,184	0,234	39,0	122,52	0,220	0,281
19,0	59,69	0,187	0,238	40,0	125,66	0,221	0,282
20,0	62,83	0,190	0,242	41,0	128,81	0,222	0,283
21,0	65,97	0,192	0,245	42,0	131,95	0,223	0,284
22,0	69,12	0,195	0,248	43,0	135,09	0,224	0,285
23,0	72,26	0,197	0,251	44,0	138,23	0,225	0,286
24,0	75,40	0,199	0,254	45,0	141,37	0,225	0,287
25,0	78,54	0,202	0,257	46,0	144,51	0,226	0,288

На рис. 3, 4, 5 линия тренда, изображенная пунктирной линией, практически совпадает с графиком k_f , а значение R^2 близко к единице. Это говорит о том, что уравнения линий тренда с большой степенью достоверности отражают зависимость k_f от D , S и A .

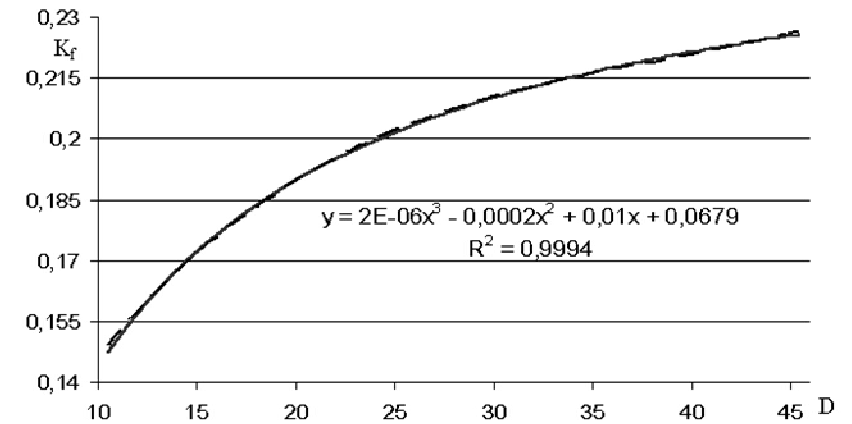


Рис. 3. График зависимости k_f от D

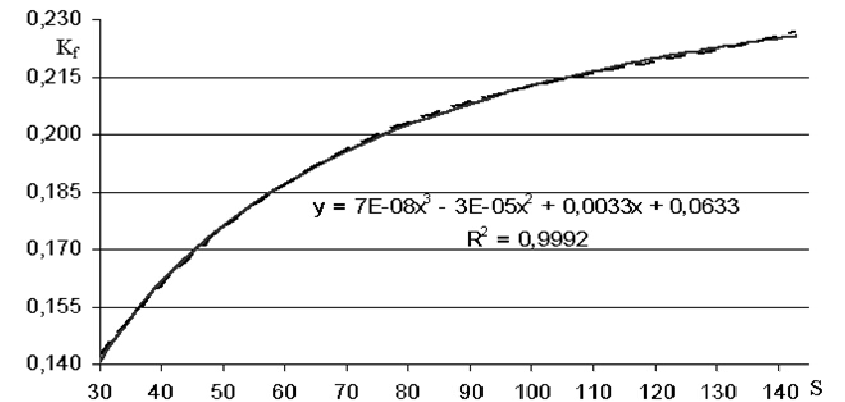


Рис. 4. График зависимости k_f от S

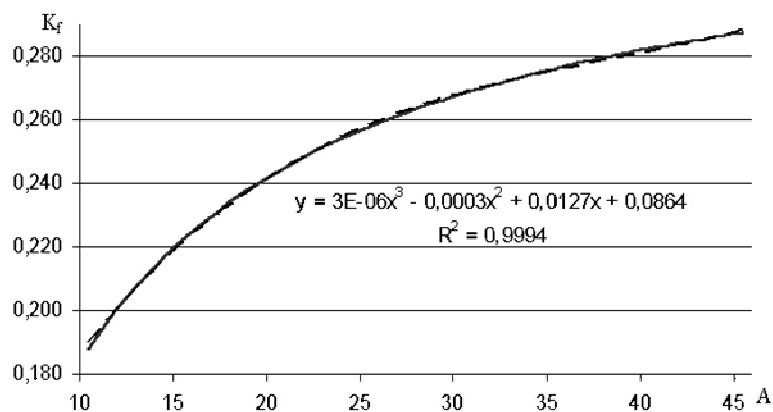


Рис. 5. График зависимости k_f от A

Подставив D , S и A в соответствующие уравнения линий тренда получим

$$k_f = 0,000002 \cdot D^3 - 0,0002 \cdot D^2 + 0,01 \cdot D + 0,0679; \quad (18)$$

$$k_f = 0,00000007 \cdot S^3 - 0,00003 \cdot S^2 + 0,0033 \cdot S + 0,0633; \quad (19)$$

$$k_f = 0,000003 \cdot A^3 - 0,0003 \cdot A^2 + 0,0127 \cdot A + 0,0864. \quad (20)$$

Приведенные формулы позволяют определить k_f с достаточной большой точностью, но основным их недостатком является то, что необходимо знать линейные размеры штабеля пирамиды A и конуса D или S . Это возможно только в нескольких случаях.

Во-первых, когда штабели уже сформированы и их можно измерить. В этом случае определение k_f представляет чисто теоретический интерес или может быть использовано для получения отчетных статистических данных о работе склада. Получение статистических данных возможно и без использования полученных зависимостей, а путем непосредственных измерений и расчетом по формуле (2).

Во-вторых, когда известна номенклатура грузов, которые будут размещать на складе и их транспортные характеристики – угол естественного откоса α и насыпная плотность груза γ . Кроме того необходимо знать размеры складской площадки, ее расположение и допустимая нагрузка на нее – P . Если по определению параметров складской площадки трудности не возникают, то определение номенклатуры грузов заранее может представлять определенную сложность.

В-третьих, когда заранее известен размер партии грузов отправляемых из порта или прибывающего в него, то есть размер судовой партии Q_C и транспортные характеристики груза.

Величина судовой партии определяется при оперативном планировании по мере поступления в порт информации о прибывающих судах или на основании статистических данных о судах, обработанных за предыдущий период.

Необходимость оценки потребности складских площадей при формировании конуса и призмы, то есть складировании небольших партий груза, возникает при научных разработках, моделирующих работу портов, их строительстве и развитии. В этих случаях определение заранее необходимой информации для расчета k_f часто невозможно. Поэтому для расчетов предлагается использовать средние значения k_f , полученные на основании табл. 1, для конуса $k_f = 0,1899$, пирамиды – $k_f = 0,2419$.

Выводы. Таким образом, в результате проведенного исследования получены следующие результаты:

- предложена методика учета формы штабеля навалочных грузов при определении потребной площади открытого склада;

- определены факторы, влияющие на значение коэффициента использования полезной площади склада для штабелей в виде конуса и пирамиды;

– розроблена методика определения коэффициента использования полезной площади для навалочных грузов;

– произведены расчеты и получены зависимости коэффициента использования полезной площади для штабелей в виде конуса и пирамиды.

В дальнейших исследованиях можно будет рассмотреть вопрос определения коэффициента использования полезной площади при складировании навалочных грузов в форме клина и обелиска.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Нормы технологического проектирования морских портов. РД 31.3.05-97. www.complexdoc.ru*
2. *Руководство по технологическому проектированию морских портов. РД 31.3.01.01-93. www.complexdoc.ru*
3. *Эксплуатация речных портов. Термины и определения. ГОСТ 23867-79. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 10 с.*
4. *Нормы технологического проектирования портов на внутренних водных путях. 1997. www.consultant.ru*
5. *Правила морской перевозки опасных грузов (Правила МОПОГ). РД 31.15.01. – М.: В/О «Мортехинформреклама». – Т. I. – 1990. – 664 с. – Т. II. – 1990. – 912 с.*
6. *Правила охраны труда в морских портах. ПОТ РО-152-31.82.03-96. www.zakonprost.ru*
7. *Тихонин В.И. Методика определения площади для складирования генеральных грузов // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 4. – Одеса: ОНМУ, 2002. – С. 218-233.*

8. *Тихонин В.И. Унификация методики определения площади при формировании уступообразных штабелей // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 9. – Одеса: ОНМУ, 2005. – С. 210-223.*
9. *Тихонин В.И. Об особенностях определения параметров штабелей при складировании навалочных грузов // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Вип. 19. – Одеса: ОНМУ, 2012. – С. 212-223.*
10. *Гаврилов М.Н. Транспортные характеристики грузов: Справочное руководство. – М.: Мортехинформреклама. Морской транспорт, 1994. – 193 с.*

Стаття надійшла до редакції 10.12.2012

Рецензент – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Морські перевезення» Одеського національного морського університету **О.Г. Шибась**