

УДК 656.6

**Герасименко Ольга Леонидовна**<sup>1</sup>, к.т.н., старший преподаватель кафедры логистики и маркетинга

e-mail: gerolga2014@yandex.ru

**Гончарова Наталья Владимировна**<sup>1</sup>, доцент, к.т.н., доцент кафедры логистики и маркетинга

e-mail: nataljagon25@rambler.ru

**Горохова Ирина Анатольевна**<sup>1</sup>, к.т.н., старший преподаватель кафедры управление транспортом

e-mail: paleya@mail.ru

<sup>1</sup>Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

### МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ НА КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕРМИНАЛАХ

*Аннотация:* В данной статье рассмотрены схемы размещения грузов на складе, основные критерии оптимизации, где должно быть минимально расстояние перемещение груза по складу, а также подъемно-транспортного оборудования, функция оптимизации размещения зон хранения грузов на складе. Определен экономический эффект от сокращения расстояния пробега складского подъемно-транспортного оборудования.

*Ключевые слова:* транспортирование и хранение товаров, подъемно-транспортное оборудование, схемы размещения грузов на складе, критерии оптимизации.

Транспорт не создает нового вещественного продукта, он продолжает и завершает процесс производства товаров, не изменяя их потребительских свойств. Поэтому так важна своевременная и бесперебойная доставка грузов из сферы производства в сферу потребления, что является важнейшим условием сохранения потребительских свойств товаров.

Главной целью транспортирования и хранения товаров является сохранение потребительских стоимостей, их внутренних и внешних свойств. Наиболее эффективное использование транспортных средств, складских комплексов, подъемно-транспортного оборудования, и др. имеет особое значение для функционирования экономики страны.

Для разработки схемы размещения грузов на складе основным критерием оптимизации должно быть минимально расстояние перемещение груза по складу, а также подъемно-транспортного оборудования с грузом или без него (при осуществлении операций по складированию груза).

Допустим, у нас имеется склад прямоугольной формы, в котором зоны хранения имеют два признака –  $i$  и  $j$  ( $i$  – признак зоны (ячейки) хранения по длине склада,  $j$  – по ширине). Возможно также введение третьего признака для учета высоты складирования, однако в большинстве случаев расстояние пробега до данной зоны будет совпадать, следовательно, необходимость в нем отпадает.

Исходя их указанных положений, функция оптимизации размещения зон хранения грузов на складе будет следующей:

$$\sum_i \sum_j l_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $l_{ij}$  – расстояние перемещения подъемно-транспортной техники склада до зоны (ячейки) хранения  $ij$  порожнем (с грузом) и в груженом состоянии (порожнем), м. Если зона приемки-отпуска груза со склада едина, то, как правило, расстояния порожнего и груженого перемещения равны, однако в случае раздельного размещения зон приемки и отпуска и разведения грузопотоков, проходящих через склад (что часто характерно для терминальных складов), расстояния могут не совпадать.

Следует отметить, что к одной и той же зоне может различаться число обращений (через ближние к проходам ячейки проходит большее количество грузовых единиц, чем через удаленные). Причем это количество может отличаться в зависимости от того, какой груз предполагается размещать в обусловленной зоне.

Следует отметить, что данный методический подход применим для оптимизации размещения складских площадок и других объектов портовой инфраструктуры на территории порта. Однако наибольший эффект может быть получен на стадии проектирования.

Ожидаемый эффект от оптимизации размещения зон хранения грузов на складе выразится в сокращении расстояния перемещения грузовых единиц от входа на склад до зон хранения и от этих зон до области отпуска груза со склада. Формализованно это можно представить следующим выражением:

$$\Delta_{\text{размещ}}^{\text{оптим}} = \sum_i \sum_j \sum_g n_{ijg}^{\text{баз}} l_{ij}^{\text{баз}} - \sum_i \sum_j \sum_g n_{ijg}^{\text{опт}} l_{ij}^{\text{опт}}, \quad (3)$$

где  $n_{ijg}^{\text{баз}}$ ,  $l_{ij}^{\text{баз}}$ ,  $n_{ijg}^{\text{опт}}$ ,  $l_{ij}^{\text{опт}}$  – соответственно количество обращений к зоне хранения и расстояние перемещения складской техники или персонала при базовом (первоначальном) варианте размещения грузовых единиц на складе и после произведения оптимизации схемы размещения.

Для определения экономического эффекта от сокращения расстояния пробега складского подъемно-транспортного оборудования (погрузчиков) можно воспользоваться следующими выражениями:

$$\Delta \Phi_{\text{размещ}}^{\text{оптим}} = \frac{\mu V A \Delta_{\text{размещ}}^{\text{оптим}}}{1000 \rho v}, \quad (4)$$

$$\Delta \Phi_{\text{размещ}}^{\text{оптим}} = \zeta \cdot \Delta_{\text{размещ}}^{\text{оптим}} \cdot N_{\text{топл}}, \quad (5)$$

где  $\mu$  – коэффициент, учитывающий контрольно-тренировочные циклы и усилия при зарядке аккумулятора;

$\rho$  – коэффициент, учитывающий контрольно-тренировочные циклы и усилия при зарядке аккумулятора;

$V$  – напряжение в конце заряда щелочной аккумуляторной батареи, В;

$A$  – сила зарядного тока, А;

$v$  – средняя скорость перемещения электропогрузчика по территории склада, м/ч;

$r$  – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии по одноставочному тарифу, руб/кВт-ч;

$\zeta$  – стоимость топлива для автопогрузчиков, руб/л;

$N_{\text{топл}}$  – расход топлива на 1 м пробега по территории склада, л/м

Формула (4) используется для расчета эффекта по перегрузочным машинам, питаемым от аккумуляторов (электропогрузчикам), формула (5) – для машин с тепловыми двигателями (автопогрузчики).

Экономическая эффективность предлагаемых решений

Покажем эффективность оптимизации размещения тарно-штучных грузов на складах порта на примере. Предположим, имеется терминальный крытый склад длиной 25 и шириной 15 усл. ед. (м, например). На складе единая зона приемки-отпуска грузов, расположенная по центру.

Нами на рисунках 1 и 2 показаны расстояния перемещения подъемно-транспортного складского оборудования (погрузчиков) до и после оптимизации размещения зон хранения грузов.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
3	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
4	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
5	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
6	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
7																										
8																										
9																										
10	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
11	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5				5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
12	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4				4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3				3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2				2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
15	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

Рисунок 1 - Расстояния пробега складской техники и работников при типовой схеме размещения грузов и проходов

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
2	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
3	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
4						17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
5						15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
6						13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1							
7	19	18	17	16			11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
8	18	17	16	15	14			9	8	7	6	5	4	3	2	1									
9	17	16	15	14	13	12			7	6	5	4	3	2	1										
10	16	15	14	13	12	11	10			5	4	3	2	1											
11	15	14	13	12	11	10	9	8			4	3	2	1											
12	14	13	12	11	10	9	8	7	6			4	3	2	1										
13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4			4	3	2	1									
14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
15	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

Рисунок 2 - Расстояния пробега складской техники и работников при V-образной схеме размещения грузов и проходов

Различные расстояния пробега, и получаемые в результате оптимизации сокращения длины перемещения погрузчиков на складе для единичного обращения к каждой зоне хранения показаны в таблице 1.

Таблица 1

Расстояния пробега при различных вариантах размещения грузов и проходов

Вариант	Суммарный пробег при обслуживании склада, усл. ед.	Сокращение пробега по сравнению с вариантом, усл. ед.	
		базовым	V-образным
типовая схема (базовый вариант)	7578	-	-
V-образная схема	7046	532	-
установка стеллажей при типовой схеме	1336	6242	5710
установка стеллажей при V-образной схеме	1328	6250	5718

В соответствии с выражением (4) была определена экономическая эффективность оптимизации размещения зон хранения на рассматриваемом складе. Получаемый в результате эффект сведен для различных вариантов в таблице 2. Расчет произведен на размеры условной зоны хранения 100x100 м.

Ожидаемый эффект при различных вариантах  
размещения грузов и проходов по сравнению с базовым

Вариант	Эффект по сравнению с вариантом, тыс. руб.	
	базовым	V-образным
V-образная схема	354,4	-
установка стеллажей при типовой схеме	6930,0	6339,4
установка стеллажей при V-образной схеме	6938,9	6348,3

Таким образом, мы видим, что оптимизация размещения грузов на складе и, по аналогии, определение мест размещения объектов терминальной инфраструктуры, могут дать существенный экономический эффект и повысить технико-экономические показатели работы терминальной техники и персонала.

Исследованиями вопроса методов оптимизации размещения грузов на комбинированных терминалах занимались такие ученые, как Костров В.Н., Задровский П.В., Деружинский В.Е. и др. [1-4].

#### Список литературы:

1. Костров, В.Н. Транспортная логистика : курс лекций для студ., обуч-ся по на прав. подгот. 23.04.01 «Технология транспортных процессов», 38.04.02 «Менеджмент» / В.Н. Костров, В.В. Цверов, А.А. Никитин. – Н. Нов город : ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – 288 с.
2. Деружинский, В.Е. Инновационные транспортно-складские технологии и их эффективность в цепях поставок / В.Е. Деружинский, А.П. Шрамко, Ю.Г. Токмазов // Эксплуатация морского транспорта.– 2016.– №3.– С. 3-7.
3. Задровский, П.В. Перспективы развития комбинированных перевозок сухогрузов с перевалкой на речных портовых терминалах (на примере Пермского края) / П.В. Задровский // Транспорт: проблемы, цели, перспективы (ТРАНСПОРТ 2020): материалы всероссийской научно-технической конференции. – Пермь: Пермский филиал ФГБОУ ПО «ВГУВТ», 2020. – С. 172–176.
4. Костров, В.Н. Транспортная экспедиция: методики определения технологии и логистических схем доставки грузов : учебно-методическое пособие / В.В. Костров, А.И. Телегин, А.О. Ничипорук. – Н. Новгород: ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2008. – 60 с.

#### METHODS FOR OPTIMIZING CARGO PLACEMENT AT COMBINED TERMINALS

Olga L. Gerasimenko, Natalia V. Goncharova, Irina A. Gorokhova

*Abstract:* This article discusses the schemes of cargo placement in the warehouse, the main optimization criteria, where the distance of cargo movement in the warehouse should be minimal, as well as lifting and transport equipment, the function of optimizing the placement of cargo storage areas in the warehouse. The economic effect of reducing the mileage distance of warehouse lifting and transport equipment is determined.

*Keywords:* transportation and storage of goods, lifting and transport equipment, cargo placement schemes in the warehouse, optimization criteria.

