

Seriia: Tekhnicheskie nauki – Reporter of the Priazovskiy State Technical University. Section: Technical sciences, 2016, iss. 32, pp. 215-221. (Rus.)

Рецензент: В.Э. Парунакян
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 23.02.2017

УДК 658.78.656

© Киркин А.П.¹, Киркина В.И.², Киркина Т.Ю.³

НОВЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА БАЗЕ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛОГИСТИКЕ

Системные исследования в области складской логистики показали, что большинство ее аналитических моделей управления основывается на целевом конфликте. Подобные задачи по управлению транспортными потоками в транспортной логистике решаются методами, имеющими схожие по значимости допущения и упрощения, но требующие соответствующей математической подготовки и знаний в области транспорта и экономики. Новые аналитические методы управления при целевом конфликте в транспортной системе позволяют сократить затраты времени и ресурсов на оптимизацию и поиск решений.

Ключевые слова: аналитические методы управления, целевой конфликт, логистика, транспортные потоки, транспортные системы.

Кіркін О.П., Кіркїна В.І., Кіркїна Т.Ю. *Нові аналітичні методи управління транспортними потоками на базі системних досліджень в логістиці.* Системні дослідження в області складської логістики показали, що більшість її аналітичних моделей управління ґрунтується на цільовому конфлікті. Подібні завдання з управління транспортними потоками в транспортній логістиці вирішуються методами, які мають схожі за значимістю допущення і спрощення, але потребують відповідної математичної підготовки і знань в області транспорту та економіки. Нові аналітичні методи управління при цільовому конфлікті в транспортній системі дозволять скоротити витрати часу і ресурсів на оптимізацію та пошук рішень.

Ключові слова: аналітичні методи управління, цільовий конфлікт, логістика, транспортні потоки, транспортні системи.

O.P. Kirkin, V.I. Kirkina, T.Y. Kirkina. *New analytical techniques for traffic management on the basis of system studies in logistics.* In today's market conditions, it is necessary for enterprises to constantly maintain their competitiveness. This is achieved through raising customer service standards and use of the latest management techniques. In most cases, enterprises adhere to the logistic principles to optimize production. Over time, however, the development of logistics resulted in emergence of its principal subdivisions: transport, storage, etc. Thus, nowadays there are several parallel methodological developments in the field of logistics and making up logistics chains and systems at different stages of the life cycle of the goods. System research in the field of warehouse logistics showed that the majority of its analytical models of management are based on task conflict. Similar tasks of managing traffic flows in transport logistics are solved by meth-

¹ канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, arkirkin@yandex.ua

² ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

ods of SMO, graph theory, linear programming and differential equations of state etc. These methods are not more accurate than the methods of warehouse logistics, have similar important assumptions and simplifications, and require appropriate mathematical training and knowledge in the field of transport, and sometimes lack visible correlation with economic performance. New analytical techniques for the management of transportation systems based on task conflict will reduce the time and resources for optimization and finding solutions. Methods of warehousing logistics can only be used for the continuous transport quantities (intensity, speed, performance, capacity, execution of works, etc.). In the static condition the search for the optimal service intensity can be found in warehouse logistics. In the study of object in dynamics it is better to use transport approach. Some problems such as supplement of warehouse logistics models with elements of the transport task, are still to be decided.

Keywords: *analytical control methods, target conflict, logistics, traffic flows, transport system.*

Постановка проблеми. Для повышения конкурентоспособности в современных рыночных условиях предприятиям необходимо снижение суммарных затрат на производство, доставку товаров и сырья, а также обслуживание потребителей. Таким образом, в каждом отдельном случае транспортные операции, сопутствующие на всем пути следования товара от поставщика до потребителя, сталкиваются с целевым конфликтом по себестоимости работ, уровня обслуживания и другим организационно-экономическим показателям.

При этом в условиях неопределенности воздействия внешней среды, взаимодействия множества независимых элементов в транспортной системе доставки грузов потребителям, нерегулярности протекания транспортных процессов по времени и величине основное внимание уделяется оперативному управлению транспортными операциями.

Современное развитие информационных технологий, в некоторой степени, повысило степень использования математических методов в планировании транспортных процессов [1]. Однако их использование требует существенных финансовых затрат на разработку и обучение персонала. Таким образом, их внедрение оправдано только в случае окупаемости данных логистических издержек [2].

Следовательно, нахождение новых методов управления транспортными потоками в условиях целевого конфликта и необходимости оперативного поиска решений, повышающих эффективность управления за счет сокращения суммарных затрат, является актуальной проблемой в современных рыночных условиях работы предприятий.

Анализ последних исследований и публикаций. Развитие логистического подхода привело к появлению множества независимых течений, таких как складская логистика, транспортная, коммерческая, информационная и т. п. [3]. Наибольший интерес представляют системные исследования в области складской и транспортной логистик, ввиду их прямопропорциональной зависимости друг от друга и интеграции для осуществления технологических операций [4].

Системные исследования в области складской логистики показали, что большинство ее аналитических моделей управления основывается на целевом конфликте и являются промежуточным звеном между экономическими моделями по определению запасов и партий закупки и транспортными операциями [4]. В транспортной логистике подход с использованием целевого конфликта для решения задач планирования и управления практически отсутствует. Задачи по управлению транспортными потоками решаются с использованием систем массового обслуживания (СМО), теории графов, линейного программирования и дифференциальных уравнений состояния и др. Эти методы не являются более точными по сравнению с методами складской логистики, имеют схожие по значимости допущения и упрощения и требуют соответствующей математической подготовки и знаний в области транспорта, а также иногда лишены видимой зависимости от экономических показателей [4].

Таким образом, системные исследования в области складской и транспортной логистик позволяют увязать экономику транспортных и складских систем и операций в единых показателях и в то же время расширить аналитические методы управления транспортной логистики на основании моделей поиска экстремума стоимостных функций по критерию минимальных суммарных затрат.

Особенности задач управления запасами при различных ограничениях и условиях наиболее широко рассмотрены в работах таких ученых экономического научного направления, как В.В. Лукинский, В.И. Сергеев и других [4, 5]. Транспортные методы полностью принадлежат ученым технического научного направления [1-3], они включают задачи управления складскими запасами и поиск оптимального уровня заказа [2, 3], однако не интегрируют их в транспортные модели и практически не используют данные подходы для транспортных систем.

Исключением является применение аналитических методов классических задач складской логистики для поиска оптимальной технологии выполнения транспортных (погрузочно-разгрузочных) операций на складах [3, 6]. При этом отсутствует их научное обоснование по области, условиям и ограничениям использования на транспорте.

Цель статьи – дополнить существующие методы управления транспортными потоками новыми аналитическими методами поиска оптимальных решений транспортных задач, основанными на системных исследованиях складской логистики.

Изложение основного материала. Отличие подходов транспортной и складской логистик состоит в том, что транспортные ресурсы (работа, услуги) не могут накапливаться, поэтому модели складской логистики можно использовать только для непрерывных транспортных величин (интенсивность, скорость, производительность, емкость выполнения работ и т. п.).

Решение задачи целевого конфликта может носить как конечный результат, так и может быть представлено в виде функции с переменными замененными функциями распределения случайной величины для использования в имитационном моделировании.

В общем виде для транспортно-складских операций следует учитывать два случая: 1) максимальная интенсивность обслуживания μ_{\max} не может быть увеличена и 2) возможность наращивания интенсивности обслуживания за счет дополнительных средств (увеличение числа кранов, автопогрузчиков, полос движения, обслуживающего персонала и т. п.).

В первом случае можно допустить, что выбор осуществляется в зоне резерва (после $\mu_{\text{рез}} = \mu_{\max} - 1/t_{\text{норм}}$), где простой выше нормативного ($t_{\text{норм}}$), но использование техники более полно. В частном случае, когда резерв не определен, $t_{\text{норм}} = \infty$. Тогда целевая функция примет вид:

$$F(\lambda) = \frac{C_{\text{пер}} \cdot Q}{\lambda} + \frac{C_{\text{дост}}}{\mu_{\max} - \lambda}, \text{ грн}, \quad (1)$$

где λ – интенсивность поступления материального (грузового, транспортного и т. д.) или информационного потока под обслуживание, т (ед, бит)/ч;

$C_{\text{пер}}$ – стоимость одного часа переработки заданного потока на обслуживающем элементе с максимальной интенсивностью (краны, автопогрузчики и т. п.), грн/ч;

$C_{\text{дост}}$ – стоимость одного часа подачи на обслуживание заданного потока с максимальной интенсивностью, грн/ч;

Q – заданный поток обслуживания, т (ед, бит);

μ_{\max} – максимально возможная интенсивность обслуживания материального (грузового, транспортного и т. д.) или информационного потока, т (ед, бит)/ч.

Тогда оптимальная интенсивность потока достигается в точке экстремума функции:

$$\left(\frac{C_{\text{пер}} \cdot Q}{\lambda} + \frac{C_{\text{дост}}}{\mu_{\max} - \lambda} \right)' = 0, \quad (2)$$

$$\frac{C_{\text{дост}}}{(\lambda_{\text{опт}} - \mu_{\max})^2} - \frac{C_{\text{пер}} \cdot Q}{\lambda_{\text{опт}}^2} = 0, \quad (3)$$

$$\lambda_{\text{опт}} = \mu_{\max} - \sqrt{\frac{C_{\text{пер}} \cdot Q}{C_{\text{дост}}}}, \text{ ед/ч}. \quad (4)$$

Во втором случае целевая функция примет вид:

$$F(\mu) = C_{\text{пер}} \cdot \mu \cdot \frac{Q}{\lambda} + C_{\text{ож}} \cdot \mu \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda} - T \right), \text{ грн}, \quad (5)$$

где $C_{\text{пер}}$ – стоимость единичной интенсивности переработки заданного потока с интенсивностью μ , грн/ч;

$C_{ож}$ – стоимость единичной интенсивности поступления требования ожидающего обслуживания при интенсивности обслуживания μ , грн/ч;

T – допустимое время обслуживания, ч;

μ – интенсивность обслуживания материального (грузового, транспортного и т. д.) или информационного потока, т (ед, бит)/ч;

Тогда оптимальная интенсивность обработки составит:

$$C_{пер} \cdot \frac{Q}{\lambda} - C_{ож} \cdot \lambda^2 \frac{1}{(\mu_{опт} - \lambda)^2} = 0, \tag{6}$$

$$\mu_{опт} = \lambda + \sqrt{\frac{C_{ож} \cdot \lambda^2}{C_{пер} \cdot Q}}, \text{ ед/ч.} \tag{7}$$

Для синхронизации производства, накопления и отправки груза с учетом минимальности суммарных затрат ($\sum_{\mu(\lambda)=1}^{n(m)} C$), кроме стоимости перегрузочных работ ($C_{ПТР}(\mu)$), необходимо учитывать еще несколько параметров, выраженных через стоимость: ожидание операции ($C_{ож\text{ТС}}(\mu, \lambda)$), подача на фронт ПТР для ж/д транспорта ($C_{подачи}(\lambda)$), ожидание фронтом ПТР работ ($C_{ож\text{ПТР}}(\mu, \lambda)$) и штраф за перепростой транспортных средств ($C_{перепростоя\text{ТС}}(\mu, \lambda)$).

$$\sum_{\mu(\lambda)=1}^{n(m)} C = C_{ож\text{ТС}}(\mu, \lambda) + C_{ож\text{ПТР}}(\mu, \lambda) + C_{ПТР}(\mu) + C_{подачи}(\lambda) + C_{перепростоя\text{ТС}}(\mu, \lambda). \tag{8}$$

Тогда функции для нахождения оптимальной интенсивности работ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Функции для нахождения оптимальной интенсивности работ

Описание модели	Формула модели
Стоимость ПТР исчисляется за час эксплуатации всего грузового фронта	$C_{ож}^{\text{ТС за час}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\max}}{\mu \cdot (\mu - \lambda_{\max})} \right) + \frac{C_{ПТР}^{\text{1 час}}}{\mu - \lambda_{\max}} + \frac{C_{подачи}^{\text{1 час}}}{\lambda_{\max}} + C_{перепростоя}^{\text{ТС в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - T \right)$
Стоимость ПТР исчисляется за час эксплуатации всего грузового фронта для автотранспорта	$C_{ож}^{\text{ТС за час}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\max}}{\mu \cdot (\mu - \lambda_{\max})} \right) + C_{ож}^{\text{ПТР за час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - \frac{1}{\mu_{\max} - \lambda_{\max}} \right) + \frac{C_{ПТР}^{\text{1 час}} + C_{подачи}^{\text{1 час}}}{\mu - \lambda_{\max}} + C_{перепростоя}^{\text{ТС в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - T \right)$
Стоимость ПТР исчисляется за час эксплуатации всего грузового фронта для ж/д транспорта	$C_{ож}^{\text{ТС за час}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\max}}{\mu \cdot (\mu - \lambda_{\max})} \right) + C_{ож}^{\text{ПТР за час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - \frac{1}{\mu_{\max} - \lambda_{\max}} \right) + \frac{C_{ПТР}^{\text{1 час}}}{\mu - \lambda_{\max}} + \frac{C_{подачи}^{\text{1 час}}}{\lambda_{\max}} + C_{перепростоя}^{\text{ТС в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - T \right)$
Стоимость ПТР исчисляется за использования заданной интенсивности перегрузки	$C_{ож}^{\text{ТС за час}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\max}}{\mu \cdot (\mu - \lambda_{\max})} \right) + C_{ПТР}^{\mu} \cdot \mu + C_{подачи}^{\lambda} \cdot \lambda_{\max} + C_{перепростоя}^{\text{ТС в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - T \right)$
Стоимость ПТР исчисляется за час использования заданной интенсивности перегрузки	$C_{ож}^{\text{ТС за час}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\max}}{\mu \cdot (\mu - \lambda_{\max})} \right) + C_{ож}^{\text{ПТР за час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - \frac{1}{\mu_{\max} - \lambda_{\max}} \right) + \frac{C_{ПТР}^{\mu} \cdot \mu}{\mu - \lambda_{\max}} + \frac{C_{подачи}^{\lambda} \cdot \lambda_{\max}}{\lambda_{\max}} + C_{перепростоя}^{\text{ТС в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - T \right)$

Продолжение таблицы 1

$\mu = \mu_{\max} - const$ для автотранспорта	$C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu_{\max} \cdot (\mu_{\max} - \lambda)} \right) + \frac{C_{ППР}^{1 \text{ час}}}{\lambda} + \frac{C_{подачи}^{1 \text{ час}}}{\mu_{\max}} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu_{\max} - \lambda} - T \right)$
$\mu = \mu_{\max} - const$ для ж/д транспорта	$C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu_{\max} \cdot (\mu_{\max} - \lambda)} \right) + \frac{C_{ППР}^{1 \text{ час}}}{\mu_{\max}} + \frac{C_{подачи}^{1 \text{ час}}}{\lambda} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu_{\max} - \lambda} - T \right)$
Стоимость ПРР исчисляется за использования максимальной интенсивности перегрузки: $\mu = \mu_{\max} - const$	$C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu_{\max} \cdot (\mu_{\max} - \lambda)} \right) + \frac{C_{ППР}^{\mu} \cdot \mu_{\max}}{\lambda} + C_{подачи}^{\lambda} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu_{\max} - \lambda} - T \right)$
Стоимость ПРР исчисляется за час использова- ния максимал- ной интенсивно- сти перегрузки	$C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \left(\frac{\lambda}{\mu_{\max} \cdot (\mu_{\max} - \lambda)} \right) + \frac{C_{ППР}^{\mu}}{\mu_{\max} - \lambda} + \frac{C_{подачи}^{\lambda}}{\lambda} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu_{\max} - \lambda} - T \right)$

Условные обозначения в таблице: $C_{ож}^{ТС \text{ за час}}$ – стоимость часа ожидания транспортными средствами обслуживания на перегрузочном фронте; $C_{ож}^{ППР \text{ за час}}$ – стоимость часа ожидания поступления транспортных средств на перегрузочный фронт; $C_{ППР}^{\mu}$ – стоимость обслуживания транспортного потока с интенсивностью μ ; $C_{подачи}^{\lambda}$ – стоимость подачи транспортных средств с интенсивностью λ ; $C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}}$ – штраф за 1 час перепростоя транспортных средств; λ_{\max} – ограничение по максимальной интенсивности поступления транспортного потока на обслуживание; $C_{ППР}^{1 \text{ час}}$ – стоимость 1 часа работы перегрузочного фронта; $C_{подачи}^{1 \text{ час}}$ – стоимость 1 часа работы маневрового локомотива либо автомобиля.

Решениями данных функций являются сложные численные выражения, которые были проверены на наличие экстремума в минимальной точке.

Найдем критические точки представленной модели. Для этого найдем производную и проверим необходимые условия наличия экстремума.

$$\left(C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \left(\frac{\lambda_{\max}}{\mu(\mu - \lambda_{\max})} \right) + \frac{C_{ППР}^{1 \text{ час}}}{\mu - \lambda_{\max}} + \frac{C_{подачи}^{1 \text{ час}}}{\lambda_{\max}} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \left(\frac{1}{\mu - \lambda_{\max}} - T \right) \right)' = 0, \quad (9)$$

а) производная равна нулю:

$$\frac{C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max} \cdot (-2\mu + \lambda_{\max})}{(\mu(\mu - \lambda_{\max}))^2} - \frac{C_{ППР}^{1 \text{ час}}}{(\mu - \lambda_{\max})^2} + 0 - \frac{C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}}}{(\mu - \lambda_{\max})^2} = 0, \quad (10)$$

$$\frac{C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max} \cdot (-2\mu + \lambda_{\max}) - C_{ППР}^{1 \text{ час}} \cdot \mu^2 - C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \mu^2}{\mu^2 (\mu - \lambda_{\max})^2} = 0, \quad (11)$$

$$C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max} \cdot (-2\mu + \lambda_{\max}) - C_{ППР}^{1 \text{ час}} \cdot \mu^2 - C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}} \cdot \mu^2 = 0, \quad (12)$$

$$(C_{ППР}^{1 \text{ час}} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}}) \cdot \mu^2 + 2C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max} \cdot \mu - C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max}^2 = 0. \quad (13)$$

Получили квадратное уравнение, найдем его корни:

$$D = 4(C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max})^2 + 4(C_{ППР}^{1 \text{ час}} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}})(C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max}^2), \quad (14)$$

$$\sqrt{D} = \pm \sqrt{4(C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max})^2 + 4(C_{ППР}^{1 \text{ час}} + C_{перепростоя}^{ТС \text{ в час}})(C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{\max}^2)}, \quad (15)$$

$$\mu_1 = \frac{-2C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{max} + \sqrt{D}}{2(C_{ППР}^{1 \text{ час}} + C_{перепростоя}^{ТТ \text{ в час}})}, \quad \mu_2 = \frac{-2C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{max} - \sqrt{D}}{2(C_{ППР}^{1 \text{ час}} + C_{перепростоя}^{ТТ \text{ в час}})}, \quad (16)$$

б) производная не существует при $\mu^2 (\mu - \lambda_{max})^2 = 0 \Rightarrow \mu_3 = 0$ и $\mu_4 = \lambda_{max}$.

Используя исходные данные, получим: $D = 4 \cdot 1,8^2 \cdot 12^2 + 4 \cdot 1,8 \cdot 12^2 (20 + 18) = 41264,64 \Rightarrow \sqrt{D} \approx \pm 203,14$, $\mu_1 = \frac{-1,8 \cdot 12 + 203,14}{20 + 18} \approx 4,77$, $\mu_2 = \frac{-1,8 \cdot 12 - 203,14}{20 + 18} < 0$ – не удовлетворяет условию.

Исследуем поведение функции в окрестности критической точки μ_1 . Производная имеет вид (11):

$$f(\mu) = \frac{C_{ож}^{ТС \text{ за час}} \cdot \lambda_{max} \cdot (-2\mu + \lambda_{max}) - C_{ППР}^{1 \text{ час}} \cdot \mu^2 - C_{перепростоя}^{ТТ \text{ в час}} \cdot \mu^2}{\mu^2 (\mu - \lambda_{max})^2}. \quad (17)$$

При $\mu \in (-\infty; \mu_1)$ $f'(\mu) < 0 \Rightarrow$ функция убывает. При $\mu \in (\mu_1; +\infty)$ $f'(\mu) > 0 \Rightarrow$ функция возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Определение экстремума функции

μ	$(-\infty; \mu_1)$	μ_1	$(\mu_1; +\infty)$
$f'(\mu)$	–	0	+
$f(\mu)$	↘	μ_1 – точка минимума	↗

В таблице 3 представлены решения для всех видов функций. Дискриминанты показаны в сокращенном виде для упрощения изложения материала.

Данные формулы справедливы только для однопунктных систем обслуживания и бесконечной очереди. При очередях с отказами, приоритетами и для многопунктных систем используется соответствующий математический аппарат СМО нахождения времени обслуживания [7].

Кроме транспортно-складских операций задачи целевого конфликта можно использовать в задачах коммерческой работы на транспорте, а также при регулировании технологических процессов. На данный момент подобный подход является малоизученным со стороны практики применения в логистике.

Таким образом, из множества возможных технологических решений выбираются наиболее эффективные для данной организации и принято допущение, что точка поставки выбирается потребителем, исходя из потребностей рынка. Тогда доставка грузов производится в объемах, равных точке равновесия спроса и предложения. При этом возможно избежать накопления партий груза, для чего затрагивается соседняя с транспортной сферой деятельность – производственная, так как объемы поставок и производства должны совпадать с наличием небольшого резерва мощностей по поставкам грузов [5], т. к. при их равновесии очередь обслуживания стремится к бесконечности.

Разобшенность подходов к логистическим проблемам еще таит множество нерешенных задач. Поэтому для их решения предлагается подход с позиций коммерческого обслуживания, включающий и маркетинг, и менеджмент, и логистику и являющийся частью предпринимательской деятельности. Тогда можно применить основные формулы ценообразования коммерческой логистики с добавлением прибыли и удовлетворения потребностей не только покупателя (потребителя), но и поставщика (производителя) и оптимизацией доходов последних. Так как логистический подход действовал только в интересах потребителя без учета критериев самого поставщика и его ожиданий прибыли. Данная схема сможет работать только при объединении потребителя, перевозчика и производителя в систему с целью получения наибольшего суммарного дохода от реализуемого товара с выполнением желаний (критерия) потребителя, что является основой экономики, коммерческой деятельности и предпринимательства.

В дальнейшем построенные модели необходимо адаптировать к транспортным системам немассовых заказов, удаленно перенаправляемых заказов, краткосрочных заказов, заказов с неопределенностью.

Таблица 3

Нахождение экстремумов функций

Описание модели	Оптимальное значение регулируемого параметра
Стоимость ПРР исчисляется за час эксплуатации всего грузового фронта	$\mu_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} \cdot \lambda_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ПРР}}^{\text{1 час}} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}})}$
Стоимость ПРР исчисляется за час эксплуатации всего грузового фронта для автотранспорта	$\mu_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} \cdot \lambda_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{ПРР за час}} + C_{\text{ПРР}}^{\text{1 час}} + C_{\text{подачи}}^{\text{1 час}} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}})}$
Стоимость ПРР исчисляется за час эксплуатации всего грузового фронта для ж/д транспорта	$\mu_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} \cdot \lambda_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{ПРР за час}} + C_{\text{ПРР}}^{\text{1 час}} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}})}$
Стоимость ПРР исчисляется за использования заданной интенсивности перегрузки	$\mu_{\text{опт}}$ – слишком сложная функция определения, рекомендуется использовать математический аппарат СМО
Стоимость ПРР исчисляется за час использования заданной интенсивности перегрузки	$\mu_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} \cdot \lambda_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{ПРР за час}} + C_{\text{ПРР}}^{\text{1 час}} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}})}$
$\mu = \mu_{\text{max}} - \text{const}$ для автотранспорта	$\lambda_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} \cdot \mu_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}} - C_{\text{ПРР}}^{\text{1 час}})}$
$\mu = \mu_{\text{max}} - \text{const}$ для ж/д транспорта	$\lambda_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{подачи}}^{\text{1 час}} \cdot \mu_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}} - C_{\text{подачи}}^{\text{1 час}})}$
Стоимость ПРР исчисляется за использования максимальной интенсивности перегрузки: $\mu = \mu_{\text{max}} - \text{const}$	$\lambda_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{ПРР}}^{\mu} \cdot \mu_{\text{max}}^2 + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} - C_{\text{ПРР}}^{\mu} - C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}})}$
Стоимость ПРР исчисляется за час использования максимальной интенсивности перегрузки (тогда стоимость константа)	$\lambda_{\text{опт}} = \frac{-2C_{\text{подачи}}^{\lambda} \cdot \mu_{\text{max}} + \sqrt{D}}{2(C_{\text{ож}}^{\text{TC за час}} + C_{\text{ПРР}}^{\mu} - C_{\text{подачи}}^{\lambda} + C_{\text{перепростоя}}^{\text{TC в час}})}$

Кроме того, практически все технологические операции на складе, кроме хранения, являются транспортными, при этом экономистами в складской логистике основной упор делается на экономическую составляющую, тогда как экономия ресурсов в большей части является прерогативой транспортников и эксплуатационников, что и вызвало в свое время разделение транспортной и складской логистик по подходам и методикам решения задач.

Поэтому в статическом состоянии транспортной системы поиск оптимальной интенсивности обслуживания лучше всего находить по упрощенной методике складской логистики. В динамических системах лучше использовать транспортный подход, также его лучше использовать и при поиске оптимальной технологии обслуживания со снижением затрат ресурсов или стоимости транспортно-складских работ.

Остались нерассмотренными вопросы по дополнению моделей складской логистики элементами транспортных задач для снижения в них неопределенности протекания транспортных операций во времени, принимаемых в настоящее время за константу затрат на транспортировку, погрузку и т. д.

Выводы

Системные исследования в области складской и транспортной логистик позволяют увязать параметры транспортных и складских систем и расширить аналитические методы управления транспортной логистики в области планирования и управления.

Применение методов классических задач складской логистики для поиска оптимальной технологии выполнения транспортно-складских операций осложнено отсутствием их научно-практического объединения по областям, условиям и ограничениям применения.

Отличие транспортных от складских задач заключается в том, что транспортные услуги не могут накапливаться, поэтому модели складской логистики можно использовать только для непрерывных транспортных величин. При этом в статическом состоянии поиск оптимальной интенсивности обслуживания лучше всего находить по методике складской логистики. При исследовании объекта в динамике лучше использовать транспортный подход, также его лучше использовать и при оперативном поиске оптимальной технологии обслуживания со снижением затрат ресурсов или стоимости транспортно-складских работ в условиях стохастичности или неопределенности поведения внутренних факторов или воздействия внешней среды.

Задачи целевого конфликта складской логистики эффективно использовать при оперативном поиске оптимальной интенсивности обслуживания транспортных потоков, быстром регулировании технологических процессов и их планировании в рыночных условиях работы предприятий.

Интегрирующим звеном складской и транспортной логистик является коммерческая деятельность, позволяющая принимать взаимовыгодные решения, учитывающие экономическую направленность складской логистики и ресурсосберегающую направленность транспортной логистики.

Список использованных источников:

1. Киркин А.П. Управление транспортными процессами доставки грузов в городских условиях с дополнением критериев логистики / А.П. Киркин, В.И. Киркина // Вісник Східноукраїнського національного університету : Наук. журнал. – Луганськ, 2013. – № 5 (194), ч. 2. – С. 61-67.
2. Губенко В.К. Логистика : учебное пособие / В.К. Губенко. – Мариуполь, 1996. – 242 с.
3. Неруш Ю.М. Логистика : учебник / Ю.М. Неруш. – М. : ТК Велби, Проспект, 2008. – 520 с.
4. Лукинский В.В. Теория и методология управления запасами в цепях поставок : автореф. дис. ...д-ра экон. наук : 08.00.05 / В.В. Лукинский; С.-Петербург. гос. инж.-экон. ун-т, 2008. – 38 с.
5. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе : учебник / В.И. Сергеев. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 608 с.
6. Гаджинский А.М. Логистика : учебник / А.М. Гаджинский. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2012. – 484 с.
7. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций / Таха, А. Хемди. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

References:

1. Kirkin A.P., Kirkina V.I. Upravlenie transportnyimi protsessami dostavki gruzov v gorodskih usloviyah s dopolnieniem kriteriev logistiki [Management of transport processes of delivery of freights in city conditions with addition of criteria of logistics]. *Visnik Skhidnoukraïns'kogo natsional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalia – Visnik of the Volodymyr Dahl East Ukrainian national university*, 2013, no. 5 (194), vol. 2, pp. 61-67. (Rus.)
2. Gubenko V.K. *Logistika* [Logistics]. Mariupol, 1996. 242 p. (Rus.)
3. Nerush Yu.M. *Logistika* [Logistics]. Moscow, Velbi, Prospectus Publ., 2008. 520 p. (Rus.)
4. Lukinsky V.V. *Teoriya i metodologiya upravleniya zapasami v tsepyah postavok*. Avtoref. diss. dokt. ekon. nauk [The theory and stockpile management methodology in chains of deliveries. Thesis of doct. econom. sci. diss.]. Saint Peterburg, 2008. 38 p. (Rus.)
5. Sergeev V.I. *Logistika v biznese* [Logistics in business]. Moscow, INFRA-M Publ., 2001. 608 p. (Rus.)
6. Gadzhinsky A.M. *Logistika* [Logistics]. 20th ed. Moscow, Publishing and trade corporation «Dashkov and K^o» Publ., 2012. 484 p. (Rus.)
7. Taha, Hemdi A. *Vvedenie v issledovanie operatsii* [Introduction in research of operations]. 7th ed. Moscow, Williams Publ., 2005. 912 p. (Rus.)

Рецензент: В.К. Губенко
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 21.04.2017