

УДК 656.078, 656.13

Полтавская Юлия Олеговна,  
к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МИНИМУМА ОБЩИХ ЗАТРАТ НА ДОСТАВКУ ГРУЗОВ

*Poltavskaya Y.O.*

### OPTIMIZATION OF TRANSPORT NETWORK ON THE BASIS OF MINIMUM TOTAL COSTS FOR CARGO DELIVERY

**Аннотация.** Проблема управления затратами на предприятиях автомобильного транспорта является одной из важнейших для эффективного функционирования. Структура предприятий отличается друг от друга, поэтому важно проанализировать затраты по отношению к организации. С целью сокращения транспортных расходов применяется многоуровневая модель полного распределения затрат, которая приводится в данной статье. Рассмотрена транспортная логистика предприятия, занимающегося перевозкой грузов в междугороднем сообщении. Установлены различия в структуре затрат и их влияние на оптимизацию транспортных маршрутов и управление логистикой.

**Ключевые слова:** маршрут, затраты, оптимизация, транспортная логистика, транспортная сеть, минимум общих затрат, подвижной состав.

**Abstract.** The problem of cost management at the enterprises of automobile transport is one of the most important for effective functioning. The structure of enterprises differs from each other, so it is important to analyze the costs in relation to the organization. In order to reduce transportation costs, a multilevel model of the full distribution of costs is used, which is given in this article. The transport logistics of an enterprise engaged in the transport of goods in intercity traffic is considered. The differences in the cost structure and their impact on the optimization of transport routes and logistics management are established.

**Keywords:** route, costs, optimization, transport logistics, transport network, minimum total costs, rolling stock.

С развитием глобализации и информационных технологий в транспортной отрасли отмечается важность логистической составляющей в работе предприятий. Задачей транспортной логистики является планирование и управление процессами перемещения грузов и пассажиров от пункта отправления до пункта назначения в сети. Транспортная сеть выполняет важную функцию в сфере транспортной логистики, поскольку служит связующим звеном между начальным и конечным пунктом. Целью данной статьи является оптимизация транспортной сети с учетом минимума общих затрат для повышения эффективности работы предприятия.

Организация маршрутов доставки в сети является ключевым элементом деятельности каждого транспортного предприятия. Эффективно спланированный маршрут способствует увеличению прибыли компании, а в противном случае – ее снижению. При планировании транспортных маршрутов не-

обходимо учитывать влияние характеристик сети и дополнительные затраты на доставку в системе распределения [1, 2].

Основное внимание в работе транспортных предприятий уделяется разработке мер по оптимизации, которые позволят создать устойчивые транспортные связи, способствующие перемещению грузов. Данные меры могут касаться технической, организационной и экономической составляющей деятельности фирмы. При их применении улучшается качественное состояние функционирования подвижного состава предприятия, что приводит к увеличению таких технико-эксплуатационных показателей работы транспорта, как коэффициент использования грузоподъемности, коэффициент использования пробега транспортного средства.

Рентабельность транспортных предприятий в значительной степени зависит от затрат на логистику, поскольку они составляют большую часть от общих эксплуатационных расходов. Доля логистических затрат

при планировании и организации маршрутов и распределительных цепей в структуре общих затрат составляет от 15 % до 25 %.

Затраты на логистику, в среднем, составляют 8 % от общего дохода предприятия, в то время как некоторые исследования показывают, что структура общих затрат на логистику: транспортировка 45 %, техническое обслуживание подвижного состава 25%, административные расходы 10 % и накладные расходы 20%. Затраты на логистические издержки в транспортной отрасли значительно, чем в других [3].

Понимание структуры затрат необходимо для расчета стоимости транспортных услуг и обеспечения эффективного контроля и управления перевозочным процессом, поскольку изменения в расходах напрямую влияют на уровень прибыли предприятия.

Существуют различные категории затрат, которые необходимо учитывать.

1. Постоянные затраты (регистрация и страхование транспортных средств, расходы на техническое обслуживание подвижного состава, фиксированная заработная плата сотрудникам, расходы на аренду и коммунальные платежи, амортизация отчисления).

2. Переменные затраты (расходы на топливо, смазочные материалы, шины).

3. Прямые затраты (транспортные сборы, расходы на оформление таможенных документов).

Постоянные затраты – это затраты, которые не зависят от объема транспортной работы предприятия; переменные – это затраты при выполнении определенного объема транспортной работы. По своим характеристикам прямые затраты также относятся к переменным, которые напрямую зависят от объема оказанных услуг. Подход к ценообразованию для конкретного маршрута может включать расчет себестоимости затрат для всего маршрута (А-В-С-А) или его части (А-В). Таким образом, затраты предприятия могут быть разделены на постоянные и переменные, в то же время переменные затраты включают в себя первичные и вторичные и определяются по формуле:

$$C_t = C_{ft} + C_{vt} = C_{ft} + C_{vt(p)} + C_{vt(s)}, \quad (1)$$

где  $C_t$  – общие затраты предприятия;  $C_{ft}$  – постоянные затраты предприятия;  $C_{vt}$  – переменные затраты предприятия;  $C_{vt(p)}$  – переменная первичная себестоимость услуг;  $C_{vt(s)}$

– переменная вторичная себестоимость услуг [4].

Переменные затраты – это сумма распределенных статей переменных затрат, поступающих из обслуживающих центров затрат на основе относительного потребления производительности.

Таким образом, общие затраты можно рассчитывать следующим образом:

$$C_t = C_{ft} + C_{vt(p)} + \sum_{i=1}^n (C_{vi} \frac{P_{ki}}{P_i}), \quad (2)$$

где  $C_{vi}$  – переменная стоимость услуг;  $P_i$  – производительность предприятия;  $P_{ki}$  – показатели затрат [4].

При использовании традиционного подхода к калькуляции средние значения затрат принимаются на уровне компании. Совокупные постоянные затраты компании усредняются по времени, а совокупные переменные затраты – по транспортным показателям. Имея обобщенные средние значения затрат, себестоимость предоставляемых услуг  $C_j$  может быть рассчитана путем умножения этих значений на временные затраты и производительность потребления:

$$C_j = C_{j(d)} + \frac{T_j}{\sum_{j=1}^m T_j} \sum_{k=1}^n C_{ft} + \sum_{i=1}^n C_{vi} \frac{P_{ji}}{P_i}, \quad (3)$$

где  $P_{ji}$  – производительность потребления;  $T_j$  – продолжительность транспортного обслуживания.

$$C_j = \frac{C_{ft}}{\sum_{j=1}^m T_j} T_j + \frac{C_{vt}}{\sum_{j=1}^m D_j} D_j + C_{j(t)}, \quad (4)$$

где  $D_j$  – транспортная работа;  $C_{j(t)}$  – выделенная себестоимость услуг.

В ходе планирования организации маршрута необходимо учитывать множество параметров, таких как вместимость транспортного средства, спрос, продолжительность движения по маршруту. Следует отметить, что все эти параметры одинаково важны при планировании маршрута, поэтому необходимо проводить анализ данных показателей, чтобы оптимизация статей себестоимости и организация маршрута перевозки были на должном уровне эффективности и снижали общие затраты с целью получения оптимального решения транспортной задачи. Однако в данном случае в качестве осново-

полагающего критерия рассмотрим значение дальности перевозки [5–7].

Рассмотрим структуру затрат предприятия по объектам прибыли (таблица 1).

Таблица 1 – Структура затрат предприятия и объектов прибыли

Объект расчета	Входные данные	Стоимостные затраты	
		показатель	размерность
Технологии управления (TE)	затраты на заработную плату	время работы (wt)	чел/час
Управление транспортом (TR)	затраты на заработную плату	время работы (wt)	чел/час
Техническое обслуживание (MA)	амортизация, расходы на материалы, заработная плата обслуживающего персонала	время обслуживания (mt)	чел/час
Подвижной состав (VE)	аренда, страхование, налоги, затраты на запасные части	пробег транспортного средства (vr)	км
Водители (DR)	затраты на заработную плату, премии, надбавки	время работы (wt)	чел/час
Транспортные расходы (TS)	расходы на топливо	–	–
Управление предприятием (CM)	все статьи затрат, которые не могут быть связаны с затратами других объектов	–	–

Доля транспортных средств, принадлежащих предприятию, относится к группе постоянных материальных затрат, тогда как арендованные транспортные средства являются частью переменных материальных затрат. Техническое обслуживание транспортных средств относится к переменным затратам, поскольку компания владеет специализированным сервисным центром по обслуживанию подвижного состава. В дополнение к базовой фиксированной заработной плате водителям выплачиваются суточные за каждый километр, которые являются переменными затратами. Применение информационных систем и технологий управления транспортом позволит решать вопросы использования транспортных средств, загрузки производственных мощностей, сокращения затрат и времени обработки заказов на перевозку, что в конечном итоге приведет к финансовой экономии, повышению конкурентоспособности компании и упрощению рабочих операций. Могут быть рассчитаны ежемесячные, квартальные и годовые затраты в зависимости от прогноза работы предприятия. Окончательная модель расчета затрат

на транспортировку будет следующей:

$$\begin{aligned}
 C_j = & C_{j(d)} + \frac{T_j}{\sum_{j=1}^m T_j} (C_{CM} + C_{(f)MA}) + \\
 & + \frac{wt_{jDRy}}{wt_{DRY}} (C_{DRY} + C_{TE} \frac{wt_{DRyTE}}{wt_{TE}}) + \\
 & + \frac{vr_{jVEx}}{vr_{VEx}} (C_{VEx} + \frac{mt_{VExMA}}{mt_{MA}} (C_{VMA} + \\
 & + C_{TE} \frac{wt_{MA,TE}}{wt_{TE}}) + C_{TE} \frac{wt_{VExTE}}{wt_{TE}}) + \\
 & + C_{TR} \frac{wt_{jTR}}{wt_{TR}} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Проанализируем стоимость транспортировки грузов из пункта отправления в четыре пункта назначения в междугороднем сообщении на основе данных транспортной компании. Задачи определения маршрута доставки обозначим как TP1 – TP4 (таблица 2, 3) [4].

Таблица 2 – Исходные данные по статьям затрат на доставку по маршрутам

	ТР1	ТР2	ТР3	ТР4
СМ	Суммарные затраты 197 015 руб.			
VE	Налоги и страхование 24 768 руб. Заработная плата водителя 19 332 руб. Материальные затраты 16 815 руб. Затраты на топливо 116 166 руб.			
	Общий пробег транспортных средств 3 222 км			
VE 1	Налоги и страхование 6 192 руб. ЗП водителя 2 508 руб. Материальные затраты 3 306 руб. Затраты на топливо 14 820 руб.			
	Пробег 418 км			
VE 2		Налоги и страхование 6 192 руб. ЗП водителя 3 504 руб. Материальные затраты 3 933 руб. Затраты на топливо 21 546 руб.		
		Пробег 584 км		
VE 3			Налоги и страхование 6 192 руб. ЗП водителя 5 640 руб. Материальные затраты 4 560 руб. Затраты на топливо 35 340 руб.	
			Пробег 940 км	
VE 4				Налоги и страхование 6 192 руб. ЗП водителя 7 680 руб. Материальные затраты 5 016 руб. Затраты на топливо 44 460 руб.
				Пробег 1280 км
Расстояние	209 км	292 км	470 км	640 км
Продолжительность	Общее время транспортного обслуживания 51 ч			
	7 ч	10 ч	14 ч	20 ч

Таблица 3 – Результаты расчета стоимости доставки на основе исходных данных, руб.

Формула	Транспортная задача 1 (ТР1)	Транспортная задача 2 (ТР2)	Транспортная задача 3 (ТР3)	Транспортная задача 4 (ТР4)
(2)	28 386	37 574	55 461	75 536
(3)	27 896	38 418	56 966	74 214
(4)	29 389	39 569	55 016	76 277
(5)	27 383	38 885	58 003	74 932

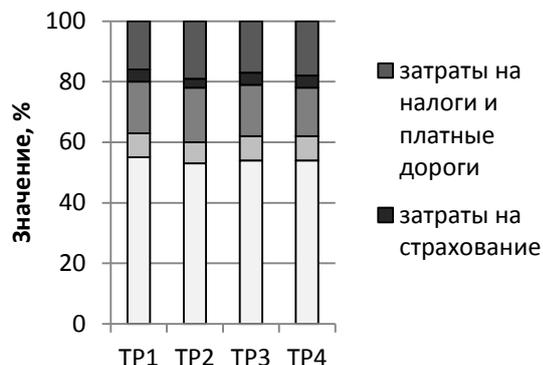


Рисунок 1 – Структура транспортных затрат на перевозку

На рисунке 1 показана структура транспортных расходов для четырех маршрутов доставки грузов по региону. Исследование показало, что затраты пропорциональны протяженности транспортного маршрута. Было установлено, что общая стоимость грузовых перевозок составляет около 74,35 руб/км и варьируется в среднем на 10%

в зависимости от влияния внешних факторов. Также можно отметить, что отклонения по статьям затрат на перевозку минимальны и зависят от эффективности управления транспортом на предприятии.

Планирование транспортной сети является одной из наиболее важных задач на предприятии, которая требует достаточного времени и качественного анализа, чтобы определить пути снижения затрат и повышения эффективности работы. Внедряя информационные и вычислительные технологии, программные средства повышается эффективность организации маршрутов, а также оптимизируется вся система логистики на предприятии. Планирование маршрута – это сложный процесс, который нуждается в тщательном анализе для определения возможных слабых мест и их причин, а также для минимизации затрат на доставку или нахождения оптимального решения поставленной транспортной задачи.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гозбенко, В.Е., Крипак, М.Н., Полтавская, Ю.О. Математическое моделирование работы автотранспортного предприятия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2014. № 2 (42). С. 120-129.
2. Лебедева О.А. Применение интеллектуальных транспортных систем в области управления грузовыми перевозками // В сборнике: Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). 2016. С. 102-107.
3. Казимиров А.О., Михайлов А.Ю. Задачи территориального размещения логистической инфраструктуры в городах // В сборнике: Авиамашиностроение и транспорт Сибири. Сборник статей IX Всероссийской научно-практической конференции. Иркутский национальный исследовательский технический университет; Редакционная коллегия: Бобарика И.О. (ответственный редактор); Лыткина А.А. 2017. С. 351-355.
4. Bokor, Z. Cost calculation model for logistics service providers // Promet - Traffic & Transportation, Vol. 24, No. 6, 2012. – pp. 515-524.
5. Лебедева О.А., Крипак М.Н. Моделирование грузовых перевозок в транспортной сети // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2016. № 10. С. 182-184.
6. Лебедева О.А., Полтавская Ю.О., Гаммаева З.Н., Кондратенко Т.В. Транспортная инфраструктура как основополагающий фактор эффективного функционирования

экономики страны // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2018. Т. 1. № 15. С. 125-130.

7. Шабров Н.Ю., Столярова А.П. Проблема оптимизации доставки грузов в междуна-

родном сообщении // В сборнике: Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибирский ресурс 2018 Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А.А. Хорешок. 2018. С. 820.1-820.6.

УДК 656.02

*Полтавская Юлия Олеговна,*  
к.т.н., доцент кафедры «Управление на автомобильном транспорте»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: juliapoltavskaya@mail.ru

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧ РАЗНЫМИ СПОСОБАМИ

*Poltavskaya Y.O.*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF RESULTS OBTAINED BY SOLVING TRANSPORT PROBLEMS WITH DIFFERENT METHODS

**Аннотация.** Решение транспортных задач – это направление прикладных наук, требующее выполнения сложных расчетов для достижения оптимальных решений, которые позволяют принимать меры по эффективному управлению транспортными предприятиями. В статье представлена общая постановка транспортной задачи закрепления потребителей за поставщиками, проведен сравнительный анализ результатов, полученных при решении автоматизированным и ручным способом. Установлено низкое качество функциональной зависимости между полученными значениями и отклонениями. Таким образом, применение автоматизированных систем управления для принятия решений существенно повысит эффективность организации транспортных маршрутов по доставке продукции.

**Ключевые слова:** транспортная задача, линейное программирование, автоматизированный способ, ручной способ, оптимальное решение.

**Abstract.** The solution of transport problems is a field of applied sciences that requires complex calculations to achieve optimal solutions that allow taking measures for the effective management of transport enterprises. The article presents a general statement of the transport problem of securing consumers to suppliers, a comparative analysis of the results obtained when solving in an automated and manual way. The low quality of the functional relationship between the obtained values and deviations is established. Thus, the use of automated control systems for decision-making will significantly increase the efficiency of organizing transport routes for the delivery of products.

**Keywords:** transport problem, linear programming, automated method, manual method, optimal solution.

Решение задачи транспортировки является одной из наиболее важных бизнес-задач при распределении продукции. Цель состоит в том, чтобы минимизировать стоимость доставки товаров из одного места в другое, и удовлетворить запросы каждого потребителя, с учетом возможностей отправителей.

Развитие информационного обеспечения транспортной системы осуществляется за счет создания и внедрения автоматизированных систем управления (АСУ) для принятия решений, связанных с функционированием транспортного комплекса. Кроме того, АСУ могут быть применены для решения оптимизационных задач на транспорте.

Транспортная задача рассматривается как одна из задач линейного программирования, которая может применяться для разных поставщиков в места назначения таким образом, чтобы общие транспортные расходы были минимальны (задача закрепления потребителей за поставщиками) [1, 2]. Для решения данных транспортных задач используют такие методы, как метод «северо-западного угла», метод МОДИ, метод наименьшей стоимости или метод аппроксимации Фогеля.

Модель линейного программирования включает в себя целевую функцию, в пределах которой должно быть принято решение;