

УДК 656.062

И. А. ЛЕБЕДЕВА

Белорусский государственный университет транспорта

## ПАРАМЕТРЫ ОСНОВНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ВО ВНУТРИРЕСПУБЛИКАНСКОМ СООБЩЕНИИ

Рассмотрены критерии оценки эффективности логистических схем доставки грузов. Проанализированы основные временные параметры и экономические затраты и потери, возникающие при реализации схем доставки грузов во внутриреспубликанском сообщении. Приведены расчетные функции составляющих транспортно-логистических издержек. Предложена методика выбора логистических схем доставки с участием автомобильного и железнодорожного видов транспорта, а также определения оптимальной величины отправки.

В условиях рыночной экономики важнейшим фактором конкурентоспособности любого предприятия является конечная стоимость продукции, т.е. та стоимость, которую заплатит потребитель с учетом всех дополнительных транспортно-логистических затрат, связанных с доставкой. Главным принципом транспортной логистики, как и логистики в целом, является оптимизация расходов [4]. Под логистической схемой доставки (ЛСД) будем понимать линейно-упорядоченное множество физических и/или юридических лиц [грузоотправителя (отправителя), грузополучателя (получателя), экспедиторов (оператора интер/мультимодальной перевозки грузов), перевозчиков, страховщиков и других лиц], непосредственно участвующих в перемещении и хранении конкретных отправок грузов от производителя (поставщика) до оптовых (розничных) посредников или между этими посредниками, или от таких посредников до потребителя [4] (рисунок 1).

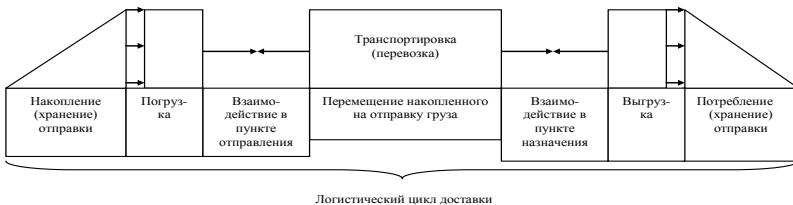


Рисунок 1 – Логистическая схема доставки

Анализ проблем, связанных с выбором оптимальных схем доставки грузов, нашел отражение в работах отечественных и зарубежных авторов. Выбор той или иной конкурентной логистической схемы осуществляется, по мнению ряда авторов [1, 5], после отбора альтернатив (на основе экспертного анализа, логических методов, широкого использования типовых решений) исходя из минимума транспортных издержек. Другая группа ученых [3], считает, что в условиях, когда все перевозки исполняли только государственные транспортные предприятия, в выборе вида транспорта определяющую роль играли стоимость перевозки (размер провозных плат) или минимум приведенных затрат на освоение заданного грузопотока. При наличии в стране рынка транспортных услуг выполняется важнейшая логистическая процедура по организации транспортировки – выбор конкретного перевозчика (например, методом рейтинговой оценки перевозчиков). Более современной, на наш взгляд, является точка зрения, учитывающая, что на уровень затрат влияет множество факторов, которые необходимо рассматривать в соответствии с концепцией полной стоимости, когда работа отдельных звеньев логистической цепи настраивается таким образом, чтобы полная сумма издержек была минимальной [2].

Формирование эффективных логистических схем доставки в настоящее время является одним из необходимых условий сокращения издержек и улучшения конкурентной позиции предприятия. Для решения задачи выбора логистической схемы доставки с участием того или иного вида транспорта во внутриреспубликанском сообщении определим следующие критерии оценки:

- минимальные транспортно-логистические издержки, связанные с реализацией схемы доставки и учитывающие все затраты и потери, которые несет клиент, начиная с момента накопления партии груза на отправку в пункте отправления и до окончания потребления в пункте назначения;

- выполнение заданного срока доставки груза.

Во внутриреспубликанском сообщении Республики Беларусь применяются логистические схемы доставки грузов с использованием автомобильного и железнодорожного видов транспорта. Выбирая схему доставки продукции или вид транспорта, грузовладелец стремится получить максимум прибыли от продажи своей продукции, в том числе и за счет сокращения транспортных издержек при доставке продукции от поставщика до потребителя.

Полный логистический цикл доставки для указанных видов транспорта состоит из отдельных процессов: накопления груза на отправку, хранения груза в пункте отправления и назначения, взаимодействия транспортного предприятия с клиентом, грузовых операций в пункте отправления и назначения, непосредственно транспортировки груза (см. рисунок 1).

Рассмотрим основные временные параметры и экономические издержки, возникающие в процессе реализации логистических схем доставки грузов.

*1 Накопление груза на отправку в пункте отправления, потребление отправки в пункте назначения, хранение отправки*

Отправка на железнодорожном транспорте может быть больше или меньше перевозочного средства. Например, мелкая и контейнерная отправки меньше повагонной, а групповая и маршрутная – больше повагонной отправки.

Затраты времени, сут, связанные с накоплением груза на отправку, а также хранением в пункте отправления рассчитывают, используя соотношения:

$$t_{\text{нак}} = \frac{O}{\lambda_{\text{нак}}} \quad (1)$$

$$t_{\text{хр}_o} = \frac{O}{2\lambda_{\text{нак}}} \quad (2)$$

где  $t_{\text{нак}}$  – затраты времени, связанные с накоплением груза на отправку, сут;

$t_{\text{хр}_o}$  – затраты времени, связанные с хранением груза в пункте отправления, сут;

$\lambda_{\text{нак}}$  – интенсивность накопления груза (выпуска продукции) на отправку для автомобильного и железнодорожного транспорта, т/сут;

$O$  – величина отправки груза железнодорожным транспортом, т/отправку.

При доставке нескольких мелких отправок в одном вагоне интенсивность накопления, т/сут:

$$\lambda_o = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n \quad (3)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность производства продукции для  $i$ -й отправки, т/сут;

$n$  – количество отправок в одном вагоне.

Величина  $i$ -й мелкой отправки:

$$O_1 = \lambda_1 \cdot \frac{P_{\text{ст}}}{\lambda_o} ; \quad O_2 = \lambda_2 \cdot \frac{P_{\text{ст}}}{\lambda_o} ; \quad O_n = \lambda_n \cdot \frac{P_{\text{ст}}}{\lambda_o} \quad (4)$$

На автомобильном транспорте масса отправки ограничена грузоподъемностью автомобиля, с другой стороны в одном автомобиле по нескольким товарно-транспортным накладным могут перевозиться различные наименования грузов. В таком случае интенсивность накопления на отправку может быть определена при помощи формулы (3). При групповых или маршрутных отправках на железнодорожном транспорте целесообразно использовать при расчете времени накопления и хранения отправки формулы (1) и (2).

Издержки, связанные с хранением отправки в пункте отправления, а также потери от замедления оборачиваемости оборотных средств при хранении отправки, приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Формулы расчета основных экономических затрат и потерь, связанных с логистическими схемами доставки

Составляющие транспортно-логистических издержек	Расчетная функция		Примечание
	Железнодорожный транспорт	Автомобильный транспорт	
Затраты на хранение отправки в пунктах отправления и назначения	$I_{xp}^ж = C_{xp(ж)}^ж \cdot \frac{O^ж}{2 \lambda_{b(ж)}}$	$I_{xp}^а = C_{xp(а)}^а \cdot \frac{O^а}{2 \lambda_{b(а)}}$	$\lambda_{o(ж)}$ – интенсивность накопления (потребления) груза на отправку, т/сут
Потери от «замораживания» оборотных средств во время хранения	$\Pi_{xp(ж)}^ж = \frac{\Pi_{пр} \cdot r \cdot O^ж}{2 T_{об} \lambda_{b(ж)}}$	$\Pi_{xp(а)}^а = \frac{\Pi_{пр} \cdot r \cdot O^а}{2 T_{об} \lambda_{b(а)}}$	$O$ – величина отправки, т/отправку $C_{xp}$ – плата за хранение груза, дол./т·сут
Затраты, связанные с грузовыми операциями в пунктах отправления и назначения	$I_{tp(ж)}^ж = C_{гр} \cdot \frac{P_{ст}}{O^ж}$	$I_{tp(а)}^а = C_{гр} \cdot \frac{Q_{гр}}{O^а}$	$\Pi_{пр}$ – цена груза, ден. ед./т $r$ – рентабельность груза
Потери от «замораживания» оборотных средств во время погрузки/выгрузки	$\Pi_{tp(ж)}^ж = \frac{\Pi_{пр} \cdot r \cdot t_{tp(ж)}^ж}{T_{об}}$	$\Pi_{tp(а)}^а = \frac{\Pi_{пр} \cdot r \cdot t_{tp(а)}^а}{T_{об}}$	$T_{об}$ – оборачиваемость оборотных средств, сут $C_{гр}$ – плата за выполнение грузовых операций, ден. ед./т

Аналогичным образом описываются процессы потребления и хранения груза в пункте назначения. Следует отметить, что интенсивность накопления груза на отправку и потребления груза могут существенно отличаться в зависимости от интенсивность производства продукции (мощности производства), сложности, спроса в пункте потребления и т.д.

## 2 Грузовые операции в пунктах отправления и назначения

Продолжительность погрузки/выгрузки  $t_{tp_o}$  зависит от интенсивности  $\lambda_{tp_o}$ , которая, свою очередь, определяется количеством используемых погрузочно-разгрузочных механизмов, а также их производительностью, сут:

$$t_{tp_o} = \frac{O_o}{\lambda_{tp_o}} \quad (5)$$

*Издержки на выполнение грузовых операций* с отправкой груза определяются платой за выполнение грузовых операций (см. таблицу 1).

### 3 Взаимодействие в пунктах отправления и назначения

Для железнодорожного транспорта включает время простоев вагонов в ожидании подачи/уборки, продолжительность накопления и продолжительность подачи /уборки, затраты времени на выполнение технологических операций, и т.д. Для автомобильного затраты времени на взаимодействие незначительны и могут состоять из времени, затрачиваемого на следование автомобиля из парка к месту погрузки, продолжительность маневрирования при погрузочно-разгрузочных работах в пункте отправления и назначения и т.д. К издержкам, связанным со взаимодействием на железнодорожном транспорте, отнесем плату за пользование вагонами и плату за подачу/уборку вагонов.

*Издержки грузоотправителя на подачу-уборку вагонов в соответствии с «Прейскурантом № 10-01 на грузовые железнодорожные перевозки во внутрисубъектском сообщении»* зависят от среднесуточного числа поданных и убранных вагонов  $m_{\text{сут}}$ , ваг./сут; расстояния подачи-уборки вагонов в оба конца  $l_{\text{пу}}$ , км.

При этом затраты грузоотправителя на подачу-уборку вагонов измеряются в руб./сут ( $C_{\text{пу}}$ ). Разделив величину  $C_{\text{пу}}$  на среднесуточное число поданных и убранных вагонов на подъездной путь  $m_{\text{сут}}$ , получим издержки грузоотправителя на одну повагонную отправку, ден. ед./повагонную отправку:

$$C_{\text{в}} = \frac{C_{\text{пу}}}{m_{\text{сут}}} \cdot \quad (6)$$

Издержки грузоотправителя, ден. ед./т, приходящиеся на одну тонну отправки, будут определяться из соотношения:

$$И_{\text{пу}}^{\text{по}} = \frac{C_{\text{пу}}}{m_{\text{сут}} \cdot P_{\text{ст}}} \cdot \quad (7)$$

Наиболее точно зависимость тарифа на подачу-уборку вагонов на подъездные пути необщего пользования от среднесуточного числа поданных и убранных вагонов и расстояния подачи-уборки вагонов в оба конца описывает функция вида, ден. ед./повагонную отправку:

$$\frac{C_{\text{пу}}}{m_{\text{сут}}} = a \cdot (a_1 \cdot m_{\text{сут}}^{b_1}) \cdot (a_2 + b_2 \cdot l_{\text{пу}}), \quad (8)$$

где  $a, a_1, b_1, a_2, b_2$  – постоянные коэффициенты, полученные в результате аппроксимации данных таблиц 8 или 9 Прейскуранта № 10-01. Для подъездных путей необщего пользования:  $a = 1,23$ ;  $a_1 = 18,277$ ;  $a_2 = 0,343$ ;  $b_1 = -0,521$ ;  $b_2 = 0,146$ ;  $l_{\text{пу}}$  – расстояние подачи/уборки вагонов в оба конца,  $l_{\text{пу}} = 2l$  км;  $l$  – расстояние от станции до грузовых фронтов подъездного пути, км.

Плата за пользование вагонами (контейнерами) железнодорожных организаций за один вагоно-час ( $C_{вч}$ ) регламентируется Прейскурантом № 10-01. Данная плата зависит от времени нахождения вагона на подъездном пути ( $t_{пп}$ ) и суточного вагонооборота, который определяется как сумма прибывших и убывших вагонов с этого подъездного пути ( $B_c$ ).

Издержки грузоотправителя, ден. ед./т, связанные с платой за пользование вагонами при их нахождении на подъездном пути, определяются из соотношения:

$$I_{пл} = C_{вч} t_{пп}, \quad (9)$$

где  $C_{вч}$  – базовые тарифы за пользование грузовыми вагонами при их нахождении на подъездном пути, ден. ед./ваг·ч,

$$C_{вч} = a' \cdot (a'_1 + b'_1 \cdot t_{пп} + c'_1 \cdot t_{пп}^2) \cdot (a'_2 + b'_2 \cdot B_c), \quad (10)$$

$a'$ ,  $a'_1$ ,  $b'_1$ ,  $c'_1$  – постоянные коэффициенты, полученные в результате аппроксимации данных таблиц 5 или 6 Прейскуранта № 10-01. Для универсальных вагонов:  $a' = 0,904$ ;  $a'_1 = -0,276$ ;  $b'_1 = 0,393$ ;  $c'_1 = 0,015$ ;  $a'_2 = 1,226$ ;  $b'_2 = 5,969 \cdot 10^{-5}$ .

Плата за пользование вагонами взывается только за вагоны и контейнеры железнодорожных администраций.

Издержки, связанные со взаимодействием на автомобильном транспорте, как правило, включены в тариф. Следует отметить, что тариф на автомобильном транспорте исчисляется с учетом формы оплаты, принятой на предприятии (сдельной или повременной). В случае повременной оплаты труда время, затраченное на прохождение расстояния подачи (уборки) автомобиля в пункт погрузки (нулевой пробег), а также время, затрачиваемое на грузовые операции, учитывается в тарифе. При расчете сдельных тарифов также учитывается расстояние подачи автомобиля (нулевой пробег).

*Дополнительные платы (сборы) в начально-конечных и транзитных пунктах взаимодействия*, ден. ед./т, как для железнодорожного, так и для автомобильного транспорта могут быть рассчитаны из соотношения:

$$I_{доп}^ж = \frac{\sum_{j=0}^m C_{dj}^ж}{O^ж}, \quad (11)$$

где  $C_{dj}^ж$  – дополнительные платы (сборы) в начально-конечных и транзитных пунктах взаимодействия, ден. ед./отправку.

Величины таких плат (сборов) не зависят от величины отправки: уведомление о прибытии груза, плата за комплект перевозочных документов и др.

#### 4 Транспортировка груза

Нормативный срок доставки груза, сут, находится из формулы:

$$T_{\text{д}} = a^0 \cdot \left( a_1^0 + b_1^0 \cdot O_o + \frac{c_1^0}{O_o} \right) \cdot (a_2^0 + b_2^0 \cdot l_{\text{д}}) \quad (12)$$

или

$$T_{\text{д}} = a^0 \cdot (a_1^0 O_o^{b_1^0}) \cdot (a_2^0 + b_2^0 l_{\text{д}}). \quad (13)$$

На основании Правил исчисления сроков доставки грузов железнодорожным транспортом общего пользования определена следующая зависимость срока доставки железнодорожным транспортом от массы отправки и расстояния перевозки груза, сут:

$$T_{\text{д}}^{\text{ж}} = 0,986 \cdot ((0,594 l_{\text{д}} + 1,057 \cdot 10^{-3}) \cdot (5,478 O_o^{-0,104})).$$

На основании анализа статистических данных по автомобильным перевозкам во внутривнутриреспубликанском сообщении зависимость для автомобильного транспорта, сут:

$$T_{\text{д}}^{\text{а}} = 1,002 \cdot ((1,057 \cdot 10^{-3} \cdot l_{\text{д}} - 2,86 \cdot 10^{-3}) \cdot (0,029 \cdot O_o + 0,734)).$$

*Тарифная ставка на доставку продукции*, ден. ед./т:

$$C_{\text{т}} = a'' \cdot \left( a_1'' + b_1'' O_o + \frac{c_1''}{O_o} \right) \cdot (a_2'' + b_2'' l_{\text{д}}) \quad (14)$$

или

$$C_{\text{т}} = a'' \cdot (a_1'' O_o^{b_1''}) \cdot (a_2'' + b_2'' l_{\text{д}}). \quad (15)$$

Для автомобильного транспорта:

$$a'' = 1,101; a_1'' = -3,596; b_1'' = 0,486; c_1'' = 119,92; a_2'' = 2,72 \cdot 10^{-3}; b_2'' = 0,219.$$

Для железнодорожного транспорта:

$$a'' = 0,998; a_1'' = 18,07; b_1'' = -0,462; a_2'' = 0,277; b_2'' = 2,138 \cdot 10^{-3}.$$

Таким образом, суммарные затраты времени на выполнение логистической схемы доставки, сут,

$$T^{\text{ж(а)}} = t_{\text{хр}_o}^{\text{ж(а)}} + t_{\text{гр}_o}^{\text{ж(а)}} + t_{\text{вз}}^{\text{ж(а)}} + T_{\text{д}}^{\text{ж(а)}} + t_{\text{гр}_n}^{\text{ж(а)}} + t_{\text{хр}_n}^{\text{ж(а)}} + t_{\text{ож}}^{\text{ж(а)}}, \quad (16)$$

где  $t_{\text{ож}}$  – дополнительные затраты времени, связанные с ожиданием взаимодействия, а также операций по погрузке/выгрузке, сут.

Суммарные транспортно-логистические издержки, связанные с выполнением логистической схемы доставки железнодорожным транспортом,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}^{\text{ж}} = & \text{И}_{\text{хр}_o}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{хр}_o}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{пу}}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{пл}}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{вз}}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{гр}_o}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{гр}}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{доп}}^{\text{ж}} + C_{\text{т}}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{д}}^{\text{ж}} + \\ & + \text{И}_{\text{пу}}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{пл}}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{вз}}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{гр}_n}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{гр}_n}^{\text{ж}} + \text{П}_{\text{хр}_n}^{\text{ж}} + \text{И}_{\text{хр}_n}^{\text{ж}}. \end{aligned} \quad (17)$$

Издержки, связанные с выполнением логистической схемы доставки автомобильным транспортом,

$$\begin{aligned} \mathcal{E}^a = & I_{xp_0}^a + P_{xp_0}^a + I_{вз}^a + P_{вз}^a + I_{rp_0}^a + P_{rp}^a + I_{доп}^a + C_T^a + \\ & + P_d^a + I_{вз}^a + P_{вз}^a + I_{rp_n}^a + P_{rp_n}^a + P_{xp_n}^a + I_{xp_n}^a, \end{aligned} \quad (18)$$

где  $I_{доп}$  – дополнительные затраты, возникающие при доставке груза, дол./т.

Выбор вида транспорта можно осуществить путем построения функции безразличия, путем приравнивания суммарных транспортно-логистических издержек схем доставки с участием автомобильного и железнодорожного транспорта (формулы (17) и (18)). Выделив отдельным слагаемым тарифы за перевозку грузов, а также потери, связанные с доставкой грузов, получим:

$$\mathcal{E}^ж + C_T^ж + Ц \cdot r \cdot T_d^ж / T_{об} = \mathcal{E}^a + C_T^a + Ц \cdot r \cdot T_d^a / T_{об} . \quad (19)$$

Указанное выражение позволяет установить зависимости тарифных ставок от сроков доставки груза и построить функции безразличия для определения зон применения автомобильного и железнодорожного транспорта.

Принимая массу отправки на автомобильном транспорте определенной и применяя формулу (19), можно выразить зависимость массы отправки от расстояния доставки железнодорожным транспортом, что также позволяет построить кривую безразличия и определить зону выгоды перевозки автомобильным и железнодорожным транспортом.

Выражая все экономические затраты через величину отправки на железнодорожном транспорте и решая уравнение (формула (19)), можно построить график зависимости величины отправки от расстояния перевозки (рисунок 2).

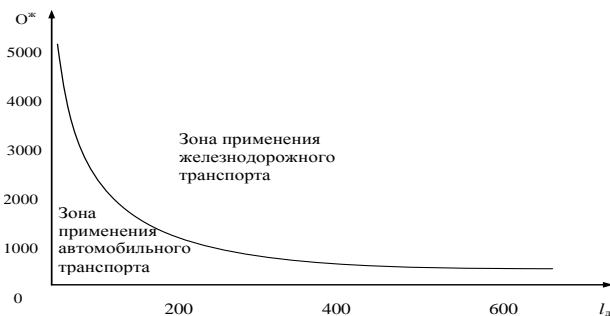


Рисунок 2 – Зависимость величины отправки от расстояния доставки груза

Указанные выше соотношения позволяют также определить оптимальную величину отправки, исходя из минимума совокупных издержек на выполнение логистической схемы доставки автомобильным, либо железнодорожным видом транспорта. На рисунке 3 представлена зависимость сово-



купных логистических издержек, связанных с доставкой груза железнодорожным транспортом от величины отправки.

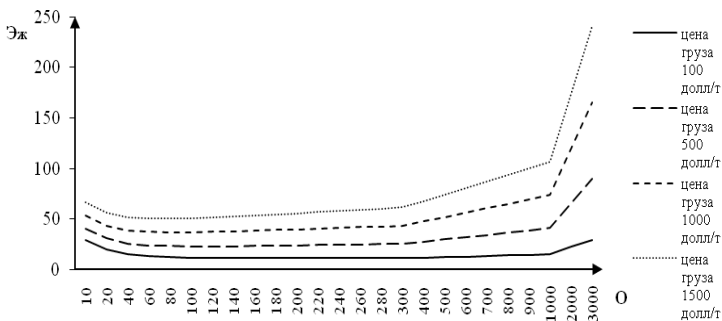


Рисунок 3 – Динамика совокупных транспортно-логистических издержек в зависимости от величины отправки

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1 С целью оптимизации параметров логистических схем доставки грузов, а также минимизации затрат на доставку, оказывающих значительное влияние на цену продукции, необходимо учитывать весь перечень транспортно-логистических издержек, возникающих при выполнении схемы доставки.

2 В результате анализа тарифных ставок и сроков доставки на автомобильном и железнодорожном видах транспорта определены их функциональные зависимости от величины отправки и расстояния доставки. Наибольшее влияние на величину тарифных ставок как на автомобильном, так и на железнодорожном транспорте оказывает величина отправки. С другой стороны срок доставки в большей степени зависит от расстояния перевозки.

3 В случае известных срока доставки и тарифных ставок на одном из видов транспорта представляется возможность путем приравнивания суммарных транспортно-логистических издержек ЛСД построить функции безразличия и определить зоны применения ЛСД с использованием того или иного вида транспорта.

4 Ценные грузы, а также грузы, масса отправки которых не превышает 10 т (кроме мелких отправок, следующих в сборном вагоне), целесообразно перевозить автомобильным транспортом во внутривнутриреспубликанском сообщении на любые расстояния. Аналогичным образом, с целью минимизации транспортно-логистических издержек грузы больших отправок на расстояния до 200 километров также целесообразно перевозить автомобильным

транспортом. С другой стороны, при перевозке массовых грузов на большие расстояния более выгодно использовать железнодорожный вид транспорта.

5 Рассматриваемая методика позволяет также определить оптимальную величину отправки на том или ином виде транспорта, исходя из минимизации совокупных транспортно-логистических издержек. При невысокой цене перевозимого груза (до 100 дол./т) клиенту безразлично, каким видом отправки перевозить груз, так как суммарные логистические издержки на тонну груза практически не отличаются для отправок массой от 100 до 500 т. Однако при увеличении цены груза зона оптимальности значительно сокращается. Так, при цене груза от 1500 дол./т масса оптимальной отправки колеблется от 40 до 120 т. Следует также отметить, что при увеличении величины отправки (при перевозке больших партий груза) даже незначительное изменение транспортно-логистических затрат на одну тонну приведет к значительным изменениям суммарных издержек, связанных с перевозкой всей партии груза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Вельможин, А. В.** Теория транспортных процессов и систем / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин. – М. : Транспорт, 1998. – 167 с.
- 2 **Курганов, В. М.** Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок / В. М. Курганов. – М. : Книжный дом, 2005. – 512 с.
- 3 **Полещук, И. И.** Логистика : учеб. пособие / И. И. Полещук. – Минск : БГЭУ, 2007. – 431 с.
- 4 **Резер, С. М.** Тарифное регулирование логистических схем товаропотоков / С. М. Резер. – М : ВИНТИ РАН, 2009. – 364 с.
- 5 Транспортная логистика / оод общ. ред. Л. Б. Миротина. – М. : Экзамен, 2003. – 512 с.

#### *I. LEBEDEVA*

*Belarusian State University of Transport*

#### **PARAMETERS OF THE BASIC LOGISTICS SCHEME IN INTRA FREIGHT TRANSPORT**

Criteria of evaluation of the effectiveness of logistics for delivery. Analyzes the basic timing and economic costs and losses arising in the implementation of schemes for the delivery of goods in intra message. Calculated integrated components of transportation and logistics costs. The technique of choice logistics delivery with road and rail transport modes, as well as the determination of the optimum value customers.

Получено 04.10.2012