



УДК 656.624.3

**А.Д. Альпидовский**, доцент, к.т.н., кафедра Управления транспортом, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

**В.Н. Шабров**, секретарь Общества АО «Судоходная компания «Волжское пароходство», аспирант, ВГУВТ

603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

### ЭКОНОМИКО – МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО – ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПЕРЕВОЗКИ ПАРТИИ АВТОМОБИЛЕЙ В КОМБИНИРОВАННЫХ СООБЩЕНИЯХ

*Ключевые слова:* экономико-математическая модель, транспортно-логистическая схема, комбинированные сообщения, перевозка автомобилей.

*В статье приводится экономико-математическая модель обоснования оптимальной транспортно – логистической схемы перевозки партии автомобилей в комбинированных сообщениях с участием речного транспорта.*

Вопросы развития внутренних водных путей Российской Федерации обсуждалось на заседании Государственного Совета РФ в августе 2016г. в Волгограде. На Государственном Совете были отмечены преимущества внутреннего водного транспорта по сравнению с железнодорожным и автомобильным по экономическим и экологическим критериям, были сформулированы требования к Министерству транспорта РФ и к другим заинтересованным ведомствам, в которых подчеркивалась необходимость максимального переключения грузопотоков, идущих в навигационный период параллельно судоходным рекам, на речной транспорт [1].

Автомобильные заводы России, располагающиеся вблизи внутренних водных путей (ВВП) за период с 2012г. по 2016г. выпускали в среднем по одному миллиону автомобилей в год, причем произведённые автомобили транспортировались до потребителей с использованием железнодорожных путей и автомобилевозов, или «своим ходом». Порядка 200 – 220 тыс. автомобилей (по нашим данным) в навигационный период могут доставляться по транспортно – логистическим схемам непосредственно от завода-изготовителя до оптового склада с участием речного транспорта. Однако для этого требуется решить ряд вопросов как научного, так и практического характера [2].

Большинство крупных российских автомобильных заводов расположено в приречных городах. Кроме того, имеются в наличии значительные и устойчивые потоки автомобилей в адреса приречных получателей. В этих условиях очевидна насущная потребность привлечения речного транспорта к этим перевозкам.

Для решения задачи определения оптимальной транспортно – логистической схемы перевозки автомобилей в комбинированных сообщениях разработана экономико-математическая модель (ЭММ) определения оптимальной транспортно – логистической схемы перевозки партии автомобилей в комбинированных сообщениях с участием речного транспорта [3]. Модифицированный вариант этой ЭММ приводится ниже.

Обозначения ЭММ:

**K** – множество грузопотоков,  $k \in K$ ;

*Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава,  
аспирантов и студентов*

*Секция VI Управление транспортно-логистическими системами и безопасностью на транспорте*

$I$  – множество *транспортно-технологических схем доставки* (типы сообщений: прямое речное, прямое железнодорожное, прямое автомобильное, река+жд, река+авто, жд+авто, река+жд+авто, жд+река+авто и т.д.),  $i \in I$ ;

$J$  – множество *способов и средств доставки* (типы грузовых теплоходов; типы железнодорожных вагонов (крытые, полувагоны, платформы), типы автомотовозов: ГТ1 + Платформа1, Платформа1 + Авто1, ГТ2 + Платформа1, Платформа2 + Авто1, и т.д.),  $j \in J$ ;

$F$  – множество *транспортных средств*, рассматриваемых в принятых транспортно-технологических схемах доставки (проект RST54, проект P19, Waterways, баржа P110 (с толкачом ОТ-2400), вагон 11-066, полувагон 12-1000, платформа 23-4000, ..., автовоз Eurolohr 100, Eurolohr 300, Кама EAST и т.д.),  $f \in F$ ;

$G^n$  – количество автомобилей в предъявленной к перевозке партии, единиц;

$V$  – масса одного автомобиля в предъявленной к перевозке партии, тонн;

$O$  – объем одного автомобиля в предъявленной к перевозке партии, м<sup>3</sup>;

$C_{ikjf}$  – суммарная стоимость перевозки одного автомобиля по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке с применением  $j$ -го способа транспортирования и с использованием транспортных средств доставки  $f$ -го типа, руб./ед.;

$X_{imjf}$  – количество автомобилей в заданной партии (неизвестное), доставляемых по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке с применением  $j$ -го способа транспортирования и с использованием транспортных средств доставки  $f$ -го типа, ед.;

$E_{ikjf}$  – норма времени полной грузовой обработки (на погрузку, выгрузку, перевалку) по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке с применением  $j$ -го способа и средства транспортирования и с использованием транспортных средств доставки  $f$ -го типа, ед./час;

$T_{ikjf}$  – затраты времени непосредственно на перевозку заданной партии автомобилей по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке с применением  $j$ -го способа и средства транспортирования и с использованием транспортных средств доставки  $f$ -го типа, час;

$T^{рев}$  – время, отведенное грузовладельцем на доставку заданной партии автомобилей, час;

$\Pi^{тy}_{ik}$  – пропускная способность транспортных узлов (на операции погрузки, выгрузки, перевалки) при доставке заданной партии автомобилей по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке, ед./час;

$\Pi^{сн}_{ikjf}$  – провозная способность транспортных средств доставки  $f$ -го типа по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке с применением  $j$ -го способа и средства транспортирования, ед.-км/час;

$L_{ik}$  – расстояние перевозки по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке, км;

$\Phi_f$  – количество имеющихся в наличии транспортных средств доставки  $f$ -го типа, ед.;

$Q_f$  – грузоподъемность транспортного средства  $f$ -го типа, тонн;

$W_f$  – грузместимость транспортного средства  $f$ -го типа, м<sup>3</sup>;

$N_{ikjf}$  – максимальное количество автомобилей, которое можно загрузить в транспортное средство  $f$ -го типа при перевозке по  $i$ -й схеме доставки на  $k$ -м грузопотоке с применением  $j$ -го способа и средства транспортирования, ед.

$$N_{ikjf} = \min \left\{ \frac{Q_f}{V}; \frac{W_f}{O} \right\}, \quad (1)$$

Функция цели ЭММ (критерий – минимум затрат на доставку):

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{f=1}^{\Phi} C_{ikjf} X_{ikjf} \rightarrow \min, \quad (2)$$

Ограничения ЭММ:

1. По количеству автомобилей в заданной партии.

Количество автомобилей в заданной партии должно точно соответствовать количеству автомобилей, предъявленных к перевозке грузовладельцем:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{f=1}^{\Phi} X_{ikjf} = G^n, \quad (3)$$

2. По времени доставки заданной партии автомобилей

Время доставки заданной партии автомобилей не должно превышать времени доставки, заданной грузовладельцем (время на грузовые операции + время на перевозку):

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{f=1}^{\Phi} \left( \frac{X_{ikjf}}{E_{ikjf}} + T_{ikjf} \right) \leq T^{zpl}, \quad (4)$$

3. По наличию транспортных средств f-го типа.

Количество транспортных средств f-го типа, применяемых на перевозках, не должно превышать их фактического наличия:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \frac{X_{ikjf}}{N_{ikjf}} \leq \Phi_f, \quad (5)$$

для всех ( $\forall$ )  $f$  от 1 до  $\Phi$ ;  $\forall f = \overline{1, \Phi}$

4. По пропускной способности транспортных узлов.

Суммарное время грузовой обработки в транспортных узлах не должно превышать их общей пропускной способности:

$$\sum_{f=1}^{\Phi} \frac{X_{ikjf}}{T_{ikjf}^{sp}} \leq \Pi_{ik}^{my}, \quad (6)$$

$\forall i = \overline{1, I}$ ;  $\forall k = \overline{1, K}$ ;

5. По провозной способности транспортных средств.

Возможности провозной способности расчетного количества транспортных средств на перевозках не должно превышать фактической провозной способности транспортных средств f-го типа, применяемых на данном варианте организации доставки:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \frac{X_{ikjf} * L_{ik}}{T_{ikjf}} \leq \Pi_{ikjf}^{cn}, \quad (7)$$

для всех  $f$  от 1 до  $\Phi$ ;  $\forall f = \overline{1, \Phi}$

6. Неотрицательность и целочисленность переменных:

$$X_{ikjdf} \geq 0, \quad (8)$$

где  $X_{ikjdf}$  – число натурального ряда (целое число).

$\forall i = \overline{1, I}$ ;  $\forall k = \overline{1, K}$ ;  $\forall j = \overline{1, J}$ ;  $\forall d = \overline{1, D}$ ;  $\forall f = \overline{1, \Phi}$ ;

Таким образом, по критерию минимальной стоимости доставки партии автомобилей одной марки из всех возможных транспортно – логистических схем определяется наилучшая.

Апробация ЭММ, представленной в формулах (2-8) была осуществлена на примере доставке партии автомобилей «Ford Focus» («седан», 115 л.с.), в количестве 322 единиц, массой 442 тонны. Решение было получено с использованием функции «Поиск решения» приложения Microsoft Excel.

**Список литературы:**

[1]. Государственный совет Российской Федерации. Доклад «О развитии внутренних водных путей Российской Федерации». – 2016г. – С.132-141

[2]. Шабров В.Н. Состояние и перспективы производства автомобильной техники в России и возможности её перевозки с использованием речного транспорта / В.Н. Шабров, А.И. Телегин, А.О. Ничипорук // Научный журнал Вестник ВГАВТ №43. – 2015. – С.258 – 265.

[3]. Шабров В.Н. Экономико – математическая модель оптимизации доставки партии автомобилей от «двери до двери» / В.Н. Шабров, А.Д.Альпидовский // Научный журнал "Вестник Волжской государственной академии водного транспорта" Выпуск - №49 - Н.Новгород: Издательство «ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2016. – С. 220-228

**ECONOMIC - MATHEMATICAL MODELS OF DETERMINATION OF THE OPTIMUM TRANSPORT AND LOGISTIC SCHEME FOR CARRIAGE OF CAR PARTS IN COMBINED MESSAGES WITH PARTICIPATION OF RIVER TRANSPORT**

A.D.Alpidovskiy, V.N.Shabrov

*Key words: Economic-mathematical model, transport and logistics scheme, transportation of cars.*

*In the article the economic-mathematical model of determining the optimal transportation and logistics schemes of transportation of the party of cars in the combined messages with the participation of river transport.*