



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, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

603951, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

### **ЭКОНОМИКО – МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПА СУДНА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПАРТИИ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Ключевые слова:* экономико-математическая модель, оптимальный тип судна, перевозка автомобилей.

*В статье приведена экономико-математическая модель (ЭММ) для решения задачи определения оптимального типа судна для перевозки партии автомобилей в комбинированных сообщениях с участием речного транспорта.*

В 2016 году решением Правительства Российской Федерации была утверждена «Стратегия внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года» (29.02.2016 г. №327 – Р) [1]. В ней, в частности отмечается: «В регионах Российской Федерации, где имеются эксплуатируемые водные пути, создается около 90% валового внутреннего продукта и проживает 80 процентов населения страны. В то же время на долю внутреннего водного транспорта в Российской Федерации приходится менее 1,5 процента общего объема перевозок грузов и грузооборота всех видов транспорта, в то время как в Германии – 11 процентов, Нидерландах – 34 процента, Франции – 10 процентов грузооборота при устойчивой тенденции роста речных перевозок, прежде всего грузов в контейнерах. При этом соотношение протяженности внутренних водных путей, железных и автомобильных дорог составляет в Европейской части России – 1:1:8, в Германии – 1:6:92, во Франции – 1:6:190 и Нидерландах – 1:0,5:23...

Около 60 процентов в объеме речных перевозок в России составляют низкорентабельные грузы...

Создание тримодальных логистических центров является необходимым условием для оптимизации распределения грузопотоков между наземными видами транспорта и внутренним водным транспортом, развития смешанных перевозок, формирования новых логистических цепочек доставки грузов с участием речного транспорта. Для этого необходима разработка механизма государственной поддержки проектов создания и развития тримодальных терминалов с использованием механизма государственно – частного партнерства...».

В дополнение и развитие разработанной авторами ЭММ определения оптимальной транспортно – логистической схемы перевозки автомобилей в комбинированных сообщениях с участием речного транспорта [2] вашему вниманию предлагается ЭММ определения оптимального типа судна для перевозки партии автомобилей. Схемы перевозки партий автомобилей, масса партий, нормы следования и грузовой обработки судов авторами приняты такие же, как и в ЭММ, представленной в [2].

Новым в предлагаемой ЭММ является следующее:

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

1. Рассматриваются два варианта использования судов при перевозке партий автомобилей:

а) суда в одном направлении идут загруженными автомобилями полностью (по грузопместимости), а в обратном направлении возвращаются порожнем;

б) суда в одном направлении идут загруженными полностью автомобилями, а в обратном направлении – загруженными массовыми навалочными (наливными) грузами.

2. Нормы доставки груза и соответственно следования судов принимаются в среднем для условий плавания в Волжско – Камском и Северо – Западном бассейнах (300 км/сут).

*Обозначения ЭММ:*

$i$  – индекс типа судна,  $i \in I$ ;

$j$  – индекс варианта сочетания прямых и обратных грузопотоков при перевозке (индекс линии),  $j \in J$ ;

$l$  – расстояние перевозки, км;

$G^{part}$  – количество автомобилей в предъявленной к перевозке партии по договору перевозки, единиц;

$T^{досм}$  – время на доставку заданной партии автомобилей по договору перевозки, сут;

$V^p_i$  – рейсовая грузопместимость  $i$ -го типа судна, м<sup>3</sup>;

$O_a$  – объем одного автомобиля, м<sup>3</sup>;

$t^{sum}_{ij}$  – суммарное время нахождения в пути (ход и стоянки в пути)  $i$ -го типа судна при перевозке заданной партии автомобилей по  $j$ -му варианту сочетания прямых и обратных грузопотоков, сут;

$t^{p}_{ij}$  – суммарное время грузовой обработки 1-го автомобиля при использовании  $i$ -го типа судна на  $j$ -м варианте сочетания прямых и обратных грузопотоков, сут;

$\mathcal{E}^x_{ij}$  – эксплуатационные расходы на перевозку (ход и стоянки в пути) на  $i$ -м типе судна по  $j$ -му варианту сочетания прямых и обратных грузопотоков, руб;

$\mathcal{E}^{ep}_{ij}$  – эксплуатационные расходы на грузовую обработку на  $i$ -м типе судна по  $j$ -му варианту сочетания прямых и обратных грузопотоков, руб;

$S^x_{ij}$  – себестоимость перевозки (ход и стоянки в пути) 1-го автомобиля на 1 км пути на  $i$ -м типе судна по  $j$ -му варианту сочетания прямых и обратных грузопотоков, руб/ед-км;

$$S^x_{ij} = \frac{\mathcal{E}^x_{ij}}{G^{part} * l}, \quad (1)$$

$S^{ep}_{ij}$  – себестоимость грузовой обработки 1-го автомобиля на  $i$ -м типе судна по  $j$ -му варианту сочетания прямых и обратных грузопотоков, руб/ед.;

$$S^{ep}_{ij} = \frac{\mathcal{E}^{ep}_{ij}}{G^{part}}, \quad (2)$$

$d_{ij}$  – тарифная ставка за перевозку 1-го автомобиля на  $i$ -м судне по  $j$ -му варианту, руб/ед-км;

$X_{ij}$  – количество автомобилей, перевозимых на  $i$ -м типе судна по  $j$ -му варианту сочетания прямых и обратных грузопотоков (неизвестное), ед.

*Критерий функции цели – максимальная прибыль от перевозок:*

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \{ [d_{ij} * l + (S^x_{ij} * l + S^{ep}_{ij})] * X_{ij} \} \rightarrow \max, \quad (3)$$

*Ограничения ЭММ:*

1. По количеству перевозимых автомобилей в заданной партии.

Количество автомобилей в заданной партии должно точно соответствовать количеству автомобилей по договору перевозки:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} = G^{нартм}, \quad (4)$$

2. По грузопместимости судов для партии автомобилей.

Общее количество перевозимых автомобилей (по заданному объему) не должно превышать рейсовой грузопместимости используемых типов судов:

$$\sum_{j=1}^J O_a * X_{ij} \leq V_i^p, \quad (5)$$

для всех ( $\forall$ )  $i = \overline{1, I}$ ;

3. По времени доставки заданной партии автомобилей.

Суммарное время доставки партии автомобилей не должно превышать времени на доставку заданной партии по договору перевозки

$$t_{ij}^{nym} + X_{ij} * t_{ij}^{cp} \leq T^{доств} \quad (6)$$

$\forall i = \overline{1, I}; \forall j = \overline{1, J}$ ;

4. Неотрицательность и целочисленность переменных

$$X_{ij} \geq 0, \quad (7)$$

где  $X_{ij}$  – число натурального ряда (целое число),

$\forall i = \overline{1, I}; \forall j = \overline{1, J}$ ;

Эксплуатационные расходы и соответственно себестоимость перевозок по судну должны быть определены в целом за круговой рейс. При обратной загрузке судна навалочным (наливным) грузом следует определять два показателя себестоимости перевозок в  $i$ -ом судне: себестоимость за рейс при перевозке партии автомобилей; себестоимость за рейс при перевозке навалочного (наливного) груза.

При апробации ЭММ (3-7) были рассмотрены четыре приемлемых судна: проект RST54, проект P19, Waterways, Баржа P110 (с толкачом ОТ-2400). Решение было получено с использованием функции «Поиск решения» приложения Microsoft Excel.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что даже при обратном порожнем пробеге в порт погрузки все речные суда имеют высокую рентабельность (по прибыли): пр.РСТ-54 – 16%, пр.Р-19 – 26%, пр. Waterways – 51%, барже – буксирный состав P110 – 67%. Экономические показатели судов значительно повышаются при их обратной загрузке [3].

Эффективность переключения потоков автомобилей (200 тыс.ед.) с прямого автомобильного и железнодорожного сообщений (ПАС и ПЖС) на комбинированные перевозки с участием речного транспорта (среднее расстояние перевозки 1500 км) приведена в таблице 1.

Таблица 1

Эффективность переключения потоков автомобилей на перевозки с участием речного транспорта

| Показатели                                   | ПА<br>С  | П<br>ЖС  | Комбинированные<br>перевозки с участием<br>речного транспорта | Разница                     |
|--|----------|----------|---|-----------------------------|
| 1  | 2        | 3        | 4   | (графы<br>2+3) – графа<br>4 |
| 1.Объемы перевозок, тыс.ед.                  | 100      | 10<br>0  | 200   |                             |
| 2.Суммарная стоимость<br>перевозки, млн.руб. | 129<br>6 | 17<br>86 | 2550  | 532                         |

Таким образом, данные таблицы показывают, что при переключении 200 тыс. автомобилей на комбинированные перевозки с участием речного транспорта стоимость

перевозки автомобилей для судоходных компаний составит порядка 2,5 млрд. рублей, суммарная стоимость перевозки в прямом автомобильном и железнодорожном сообщениях составит около 3 млрд. рублей, а стоимость доставки для грузовладельцев сократится более чем на 500 млн. рублей.

#### **Список литературы:**

[1]. Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года (Утверждена решением Правительства Российской Федерации от 29 февраля 2016 года №327-Р).

[2]. 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

[3]. Шабров В.Н. Опыт эксплуатации судов для перевозки автомобилей на внутреннем водном транспорте Российской Федерации / В.Н. Шабров, А.И. Телегин, А.О. Ничипорук // Экономические проблемы управления транспортно – логистическими комплексами: сборник статей участников Десятых юбилейных Прохоровских чтений - Н.Новгород: Типография «Автор», 2014. – С. 90 – 92.

### **ECONOMIC - MATHEMATICAL MODELS OF DETERMINATION OF VESSEL FOR CARRIAGE OF CAR PARTS**

*A.D.Alpidovskiy, V.N.Shabrov*

*Key words: Economic-mathematical model, the optimal type of vessel, transportation of cars.*

*In the article the economic-mathematical model for determining the optimally the type of vessel for transporting the party of cars in the combined message involving river transport.*