

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

С. А. АЗЕМША, аспирант; Белорусский национальный технический университет, г. Минск

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ОЖИДАНИЯ ОБРАТНОЙ ЗАГРУЗКИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ РАБОТЕ НА МЕЖДУНАРОДНЫХ МАРШРУТАХ

Задача повышения эффективности перевозок грузов автомобильным транспортом является актуальной с момента появления автотранспортных предприятий. Наиболее остро данная проблема проявляется в условиях жесткой конкуренции между различными видами транспорта, а также между самими автоперевозчиками. Очевидно, что для повышения эффективности использования грузовых автомобилей необходимо обеспечивать их обратную загрузку. Проблема поиска загрузки в обратном (попутном обратному) направлении в настоящее время потеряла свою актуальность. Это связано с развитием информационных технологий, созданием на базе сети INTERNET специализированных информационных ресурсов, содержащих в себе сведения о предъявленных к перевозке грузах. В сложившихся условиях приобретает актуальность проблема выбора из множества предъявленных загрузок такого груза, перевозка которого даст наибольший эффект. Для решения поставленной задачи в данной статье разработана математическая модель изучаемой системы. Проведенные исследования базируются на сочетании теоретических изысканий, статистического моделирования, сборе и обработке статистической информации.

Организация и планирование перевозок грузов автомобильным транспортом в международном сообщении являются сложным процессом. От качества выполнения данных этапов перевозочного процесса зависит эффективность использования автомобилей и, в конечном счете, рентабельность работы автоперевозчика. Анализ существующих научных трудов направленных на повышение эффективности международных перевозок грузов показывает, что данной проблеме уделено значительное внимание. Предложенные в отечественной и зарубежной литературе мероприятия по повышению эффективности магистральных автомобильных перевозок грузов, в большинстве своем направлены на оптимизацию существующих схем связи между грузоотправителями и грузополучателями. Однако в настоящее время не существует методик, позволяющих определить экономически целесообразные маршруты работы автомобильных транспортных средств. В этой связи актуальной задачей является поиск возможных вариантов загрузки автомобильного транспортного средства (в том числе и в обратном направлении) и выбор оптимального из них.

Задачей маршрутизации международных автомобильных перевозок грузов является выбор маршрутов работы транспортных средств, при работе на которых будет обеспечиваться минимум (максимум) выбранного критерия эффективности. В качестве таких критериев в литературных источниках предложены следующие критерии эффективности транспортных процессов:

– количественные характеристики перевозочного процесса в виде отдельных технико-

эксплуатационных или экономических показателей использования транспортных средств [1];

– параметры, определяющие эффективность отдельных циклов процесса транспортирования (своевременность доставки, скорость доставки и т.п.) [2];

– показатели интегральной эффективности (приведенные народнохозяйственные затраты, удельная трудоемкость комплекса транспортно-технологических операций и т.п.) [2].

Однако известные критерии не ориентированы на учет интересов перевозчика при оптимизации очередности перевозок и обосновании длительности ожидания попутной (обратной) загрузки. В качестве такого критерия предлагается принять максимум удельной прибыли, получаемой от перевозок одним автомобильным транспортным средством за единицу времени на одну тонну его грузоподъемности, то есть [3]:

$$P_{уд} = \Pi / (Tq) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $P_{уд}$ – удельная прибыль за единицу времени на одну тонну грузоподъемности, руб/(т·ч); Π – прибыль перевозчика от реализации транспортных услуг по перевозке грузов; T – автомобиле-дни (часы), необходимые для выполнения транспортных услуг по перевозке грузов; q – грузоподъемность автомобильного транспортного средства, которым выполняется перевозка.

В развернутом виде данное выражение примет вид

$$P_{уд} = \frac{V_T (L_{cr} (\beta \cdot d_{уд} - C_{пер}) + T_{прсв} \cdot d_{пр})}{q(L_{cr} + \beta V_T (t_{пр} + t_T + T_{пр.св} + T_{ож}))} \cdot \frac{C_{пост}}{q}, \quad (2)$$

где V_T – средний пробег автомобиля за единицу времени движения; $L_{ер}$ – пробег автомобиля с грузом за время работы на маршруте; β – коэффициент использования пробега автомобиля; $d_{уд}$ – удельная выручка за единицу пробега; зависит от грузоподъемности требуемого для перевозки автомобильного транспортного средства и может быть аппроксимирована линейной зависимостью $d_{уд} = a_{0уд} + a_{1уд}q_T$; $C_{пер}$ – переменные затраты на единицу пробега; зависят от грузоподъемности транспортного средства и фактического его использования: $C_{пер} = a_{0пер} + a_{1пер}q(1 + a_{2пер}\beta\gamma_{ст})$; $T_{пр.св}$ – ожидаемое время сверхнормативного простоя под грузовыми операциями по вине заказчика; $d_{пр}$ – оплата за единицу времени сверхнормативного простоя под грузовыми операциями по вине заказчика; может быть представлена также линейной зависимостью от грузоподъемности требуемого автомобиля $d_{пр} = a_{0пр} + a_{1пр}q_T$; $t_{пр}$ – нормативное время на загрузку – разгрузку автомобильного транспортного средства; t_T – ожидаемая длительность простоев при контроле и документальном оформлении перевозок (на таможенных и др.); $T_{ож}$ – предполагаемая продолжительность ожидания попутной загрузки; q_T – грузоподъемность требуемого (заявленного) автомобильного транспортного средства ($q_T \leq q$).

В проведенных научных исследованиях [4] было установлено, что управляемыми параметрами в выражении удельной прибыли будут являться требуемая грузоподъемность (q_T), коэффициент использования пробега (β), длина ездки с грузом ($L_{ер}$) и время ожидания обратной загрузки ($T_{ож}$), т. е. каждый возможный маршрут автомобильного транспортного средства будет характеризоваться своими управляемыми параметрами, которые, в свою очередь, будут формировать значение выбранного критерия эффективности – удельной прибыли. Таким образом, задача маршрутизации международных автомобильных перевозок грузов сводится к выбору из множества альтернативных маршрутов работы грузовых автомобилей такого маршрута, при работе на котором значения управляемых параметров обеспечат максимум удельной прибыли. Однако можно выдвинуть гипотезу о том, что один из управляемых параметров будет оказывать влияние на значения других. Этим влияющим параметром является время ожидания обратной загрузки. Это обусловлено тем, что с увеличением времени ожидания обратной загрузки будет увеличиваться количество возможных вариантов выполнения обратной ездки. В связи с этим задача маршрутизации международных автомобильных перевозок грузов сводится к определению оптимального значения времени ожидания

обратной загрузки, при котором величина удельной прибыли будет наибольшая.

В качестве исходных данных, необходимых для определения оптимального времени ожидания обратной загрузки, будет выступать множество различных маршрутов работы автотранспортных средств. Для получения исходных данных была смоделирована работа грузовых автомобилей на разных маршрутах. Маршруты работы грузовых автомобилей были получены на основании обработки заявок на перевозку грузов из Российской Федерации в Республику Беларусь, размещенных на сайте www.belcargo.com в период с 13.12.2004 по 17.12.2004. Общая совокупность полученных маршрутов работы транспортного средства составила 1063 маршрута.

На рисунке 1 приведены результаты определения зависимости между временем ожидания обратной загрузки и длиной ездки с грузом с помощью пакета статистического анализа *Statistica 6.0*.

Из рисунка 1 видно, что коэффициент корреляции $R = 0,199$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,04$, критерий Фишера $F = 21,8$, критерий Стьюдента $t = 26,6$. Полученные данные показывают, что, несмотря на низкие значения коэффициентов корреляции и детерминации, данная зависимость значима, так как расчетные значения критериев Фишера и Стьюдента больше их табличных значений ($F_{0,05, 2, 1060} = 2,9957$, $t_{0,05, 1060} = 1,6449$).

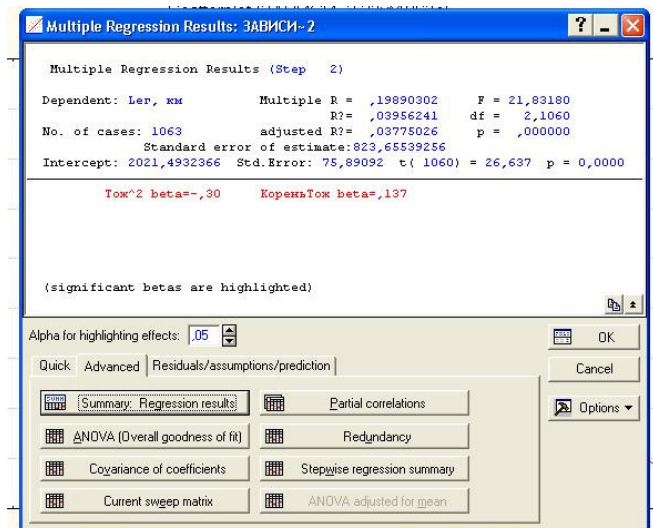


Рисунок 1 – Результаты определения зависимости между временем ожидания обратной загрузки и длиной ездки с грузом

На рисунке 2 приведено окно определения коэффициентов регрессии искомой зависимости.

Regression Summary for Dependent Variable: Ler, км (ЗАВИСИ-2)						
R = ,19890302 R^2 = ,03956241 Adjusted R^2 = ,03775026						
F(2,1060)=21,832 p<,00000 Std.Error of estimate: 823,66						
	Beta	Std. Err. of Beta	B	Std. Err. of B	t(1060)	p-level
N=1063						
Intercept			2021,493	75,89092	26,63683	0,000000
Тож*2	-0,300146	0,056058	-0,027	0,00499	-5,35421	0,000000
КореньТож	0,136639	0,056058	32,935	13,51214	2,43747	0,014954

Рисунок 2 – Результаты определения зависимости между временем ожидания обратной загрузки и длиной ездки с грузом

Из рисунка 2 видно, что корреляционно-регрессионная зависимость длины ездки с грузом от времени ожидания обратной загрузки выглядит следующим образом:

$$L_{\text{ег}} = 2021,493 - 0,027T_{\text{ож}}^2 + 32,935\sqrt{T_{\text{ож}}} \quad (3)$$

Аналогичным образом можно получить следующую зависимость коэффициента использования пробега от времени ожидания обратной загрузки:

$$\beta = \frac{1}{1,365 - 0,09\ln(T_{\text{ож}} + 1) + 0,0009T_{\text{ож}}} \quad (4)$$

Коэффициент корреляции для данной модели равен 0,57, а коэффициент детерминации – 0,32. Значения критериев Фишера и Стьюдента равны соответственно 249 и 100,5.

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{уд}} = & -\frac{1}{250} \frac{((669062016351642 + 10900635079390\sqrt{T_{\text{ож}}} - 8936303238T_{\text{ож}}^2)\ln(T_{\text{ож}} + 1) + 19673176625454 - \\ & ((606447900 + 9880500\sqrt{T_{\text{ож}}} - 8100T_{\text{ож}}^2)\ln(T_{\text{ож}} + 1) - 18797793150 + 81T_{\text{ож}}^3 - 206064479T_{\text{ож}} + \\ & \frac{-19673176625454T_{\text{ож}}^{3/2} - 85783321709962T_{\text{ож}}^{1/2} - 23035259049403T_{\text{ож}} - 12846413106T_{\text{ож}}^2}{+ 12285T_{\text{ож}}^2 - 98805T_{\text{ож}}^{3/2} - 149854250\sqrt{T_{\text{ож}}})} \\ & + \frac{1355060988T_{\text{ож}}^{5/2} + 23433057T_{\text{ож}}^3}{((606447900 + 9880500\sqrt{T_{\text{ож}}} - 8100T_{\text{ож}}^2)\ln(T_{\text{ож}} + 1) - 18797793150 + 81T_{\text{ож}}^3 - 206064479T_{\text{ож}} + 12285T_{\text{ож}}^2 - 98805T_{\text{ож}}^{3/2} - 149854250\sqrt{T_{\text{ож}}})} \end{aligned} \quad (6)$$

Графическая интерпретация данной зависимости представлена на рисунке 3.

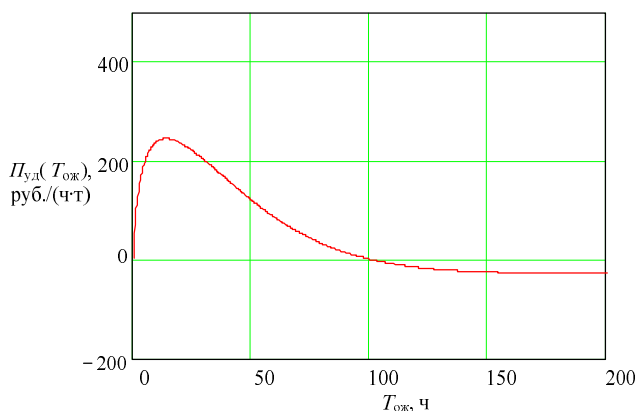


Рисунок 3 – Зависимость удельной прибыли от времени ожидания

Как видно из приведенной зависимости, значение удельной прибыли достигает своего максимума при времени ожидания обратной загрузки, равном примерно 15 часов. Значение удельной прибыли при этом равно около 250 руб./ч·т.

Таким образом, в данной научной работе была смоделирована работа автотранспортного средства на различных маршрутах. В результате этого было рассмотрено 1063 возможных маршрутов работы автомобиля. Корреляционно-регрессионный анализ полученного множества управляемых пара-

Корреляционно-регрессионная зависимость требуемой грузоподъемности от времени ожидания обратной загрузки выглядит следующим образом:

$$q_T = 19,176 + 0,923\ln(T_{\text{ож}} + 1) - 0,498\sqrt{T_{\text{ож}}} + 0,015T_{\text{ож}} \quad (5)$$

Коэффициент корреляции для данной модели равен 0,28, а коэффициент детерминации – 0,08. Значения критериев Фишера и Стьюдента равны соответственно 30,9 и 228,9.

Полученные значения статистических характеристик позволяют сделать вывод о значимости полученных регрессионных моделей.

Подставляя полученные математические зависимости управляемых параметров от времени ожидания обратной загрузки в выражение (2) и упростив его, можно получить выражение для определения оптимального значения времени ожидания:

метров позволил найти формализованную зависимость между временем ожидания обратной загрузки, коэффициентом использования пробега, длиной ездки с грузом и требуемой грузоподъемностью. Значение статистических характеристик полученных выражений позволяет сделать вывод о научной обоснованности их использования. В результате математических преобразований было установлено, что оптимальное время ожидания обратной загрузки составляет 15 часов. Это означает, что в среднем для направления Беларусь – Российская Федерация обратную загрузку следует ожидать примерно 15 часов. Это приведет к тому, что значение удельной прибыли будет стремиться к своему максимуму и составит примерно 250 руб./ч·т.

Список литературы

- 1 **Житков, В. А.** Методы оперативного планирования грузовых автомобильных перевозок / В. А. Житков, К. В. Ким. – М.: Транспорт, 1982. – 183 с.
- 2 **Воркут, А. И.** Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – Киев: Вища школа, 1986. – 447 с.
- 3 **Аземша, С. А.** Критерии оптимальности для маршрутизации магистральных автомобильных перевозок грузов с учетом разновременности отправок / С. А. Аземша, В. Н. Седюкевич // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 2-й междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БНТУ, 2004. – Т. 1. – С 279 – 281.

4 **Аземша, С. А.** Выбор управляемых параметров критерия эффективности магистральных грузовых автомобильных перевозок // Литва без науки – Литва без будущего: сб. докл. 8-й конференции молодых ученых Литвы. – Вильнюс: Техника, 2005. С. 306 – 311.

5 **Боровиков, В.** STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере / В. Боровиков. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 686 с.

6 **Гинзбург, А. И.** Статистика / А. И. Гинзбург. – СПб.: Питер, 2003. – 128 с.

Получено 12.01.2006

S. A. Azemsha. Basis optimal waiting time for return cargo of truck working on international routes.

The problem of increase of efficiency of transportations of cargoes motor transport is actual from the moment of occurrence of the motor transportation enterprises. Most sharply given problem is shown in conditions of a rigid competition between various types of transport, and also between autocarriers. It is obvious, that for increase of efficiency of use of lorries it is necessary to provide their return loading. The problem of search of loading in the return (passing to the return) a direction now has lost the urgency. It is connected with development of information technologies, creation on the basis of network ENTERNET of the specialized information resources comprising data on cargoes presented to transportation. In the developed conditions gets a urgency a problem of a choice from set of the presented loadings such cargo which transportation will give the greatest effect. The mathematical model of investigated system is developed for the decision of a task in view in given clause article. Carried out researches are based on a combination of theoretical researches, statistical modelling, gathering and processing of the statistical information.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2006. № 1-2(12-13)

УДК 656.13

С. В. СКИРКОВСКИЙ, ассистент; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ АВТОБУСАМИ

В настоящее время экономическое состояние пассажирских автотранспортных предприятий нельзя назвать удовлетворительным. Изношенность подвижного состава, ремонтной базы, несоответствие структуры парка подвижного состава сложившемуся спросу на перевозки и нерациональная организация перевозочного процесса являются характерными признаками условий работы пассажирских предприятий автомобильного транспорта. Качественное удовлетворение спроса на городские пассажирские перевозки является одной из составляющих успешного экономического развития города или региона. Повышение качественных показателей транспортного обслуживания приводит к росту себестоимости перевозок и снижению эффективности пассажирского транспорта в целом, особенно в периоды спада пассажиропотоков. Повысить эффективность работы пассажирской транспортной системы в межпиковый период можно путем перехода от интервальной работы в часы "пик" на работу по расписанию в моменты спада пассажиропотока. Работа транспортных средств по расписанию при низкой частоте их движения дает сокращение времени пассажиров в ожидании посадки, увеличение коэффициента наполняемости. При этом обеспечивается соответствие провозных возможностей пассажирского транспорта сформировавшемуся спросу.

Автомобильный транспорт представляет собой отрасль народного хозяйства со сложной и многообразной техникой и технологией, а также специфической организацией и системой управления. Городские перевозки пассажиров автобусами дотируются из бюджета. Поэтому необходимо повысить самоокупаемость и соответственно сократить размеры дотаций на городские перевозки пассажиров. Перед предприятиями, осуществляющими городские пассажирские перевозки, всегда стоит задача оптимизации перевозочной деятельности, достижения ситуации, когда спрос на перевозки совпадал бы с предложением, при минимальных транспортных издержках. С другой стороны, требуется повышение качества обслуживания пассажиров. Повышения качества обслуживания пассажиров и вместе с тем снижения затрат на организацию перевозок можно достичь путем оперативного регулирования метода организации работы подвижного состава на маршрутах.

Основной задачей организации движения городского транспорта является обеспечение наиболее высокого качества пассажироперевозок при минимальной себестоимости. Качество пассажироперевозок оценивают регулярностью движения автобусов, величиной маршрутного интервала, наполнением автобусов, затратами времени населения в поездках, скоростью сообщения и комфортабельностью транспортного обслуживания [1]. Повышение качественных показателей транспортного обслуживания приводит к росту себестоимости пассажироперевозок. Таким образом, требование максимизации качественных показателей пассажироперевозок и минимизации их себестоимости противоречат друг другу. Если к тому же учесть нерегулируемые случайные колебания пассажиропотоков во времени и по длине транспортной сети, неизбежные задержки движения маршрутного пассажирского транспорта при работе в общем потоке дорожного движения, то станет очевидным, что составление оптимального плана