

порта. Предложен ряд показателей, описывающих привлекательность направлений с точки зрения тарифа и количества заявок на перевозку.

Таблица 2 – Коэффициенты привлекательности направления по цене и заявкам для направления Одесса – Харьков

Дата	$K_{зв}$	$K_{тр}$	Дата	$K_{зв}$	$K_{тр}$
15.01 пн	1,40	7,25	19.01 пт	1,46	10,00
16.01 вт	1,44	12,20	20.01 сб	1,45	11,00
17.01 ср	1,43	11,50	21.01 вс	1,46	1,00
18.01 чт	1,41	10,36			

В дальнейших исследованиях следует продолжить рассмотрение факторов формирования тарифа, в частности выделить закономерности свойственные каждому транспортному коридору, как эти закономерности влияют на формирование цены за перевозку в данном коридоре. Также следует расширить выборку для получения более точных результатов исследования.

1. Дзедко И. Экономисту о логистике. – Харьков: Центр «Консульт», 2006. – 152 с.
2. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б., Куликов А.В. Грузовые автомобильные перевозки. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006 – 560 с.
3. Миротин Л.Б., Ташбаев Ы.Э., Порошина О.Г. Эффективная логистика. – М.: Экзамен, 2003. – 160с.
4. Эффективность логистического управления / Под общ. ред. д.т.н., проф. Л.Б.Миротина. – М.: Экзамен, 2004. – 448 с.
5. Горяинов А.Н., Алпеева А.Н. Подходы к определению материального потока // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.69. – К.: Техніка, 2006. – С.150-156.
6. Сайт Авто-грузоперевозок // [www.lardi-trans.com.ua](http://www.lardi-trans.com.ua).

*Получено 16.05.2007*

УДК 656.135.073

И.Э.ЛИННИК, канд. техн. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ДОРОЖНОЙ СРЕДЫ В СИСТЕМЕ «ЧЕЛОВЕК – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОЖНАЯ СРЕДА»**

Анализируется эволюция части системы «человек – автомобиль – дорожная среда» с привлечением теории динамических систем и теории подобия. Построены фазовые траектории и интегральные кривые движения компонентов системы.

Под «эволюцией» понимается историческое развитие окружающего нас мира: живой и неживой природы, общества, систем любой природы. Качественный анализ эволюции системы или ее частей мо-

жет быть выполнен с привлечением качественной теории динамических систем и теории подобию [1-3].

Для иллюстрации динамики частей системы можно ограничиться кинематическим анализом процесса организации любой части системы, например, дорожной среды.

Динамическая характеристика дорожной среды описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{d^2 V_{дс}}{dt^2} + \left[ \frac{\Phi_{дс}}{C_{дс}} + \frac{\Phi_a}{C_a} \right] \frac{dV_{дс}}{dt} + \left[ \frac{1}{C_{дс} C_a} \cdot \frac{\partial Q_{дсн}}{\partial P_a} \cdot \frac{\partial Q_{ан}}{\partial P_{дс}} + \frac{\Phi_{дс} \Phi_a}{C_{дс} C_a} \right] V_{дс} = 0, \quad (1)$$

где  $V_{дс}$  – скорость изменения заданного состояния дорожной среды;  $P_{дс}, P_a$  – вероятности принятия заданного состояния дорожной средой и автомобилем соответственно;  $Q_{дсн}, Q_{ан}$  – норма абсолютных организаций дорожной среды и автомобиля соответственно;  $\Phi_{дс}, \Phi_a$  – факторы устойчивости дорожной среды и автомобиля соответственно;  $C_{дс}, C_a$  – организационная емкость дорожной среды и автомобиля соответственно;  $t$  – время.

При начальных условиях

$$\begin{aligned} V_{дс}(\xi) &= V_{дс0}, \\ \dot{V}_{дс}(\xi) &= \dot{V}_{дс0} \end{aligned} \quad (2)$$

его частное решение представляется в виде:

$$V_{дс} = e^{-\alpha(t-\xi)} \left[ V_{дс0} \cos \beta(t-\xi) + \frac{\dot{V}_{дс0} + \alpha V_{дс0}}{\beta} \sin \beta(t-\xi) \right]. \quad (3)$$

Функция (3) описывает реальное прямолинейное движение части системы [4].

Принимая  $\frac{dV_{дс}}{dt}$  за новую искомую функцию и вводя обозначения

$$\begin{aligned} V_{дс} &= Z_1, \\ \dot{V}_{дс} &= Z_2, \end{aligned} \quad (4)$$

преобразуем уравнение (1) в систему уравнений первого порядка

$$\begin{aligned} \dot{Z}_1 &= Z_2, \\ \dot{Z}_2 &= -\omega^2 Z_1 - 2\alpha Z_2. \end{aligned} \quad (5)$$

При этом начальные условия принимают вид:

$$\begin{aligned} Z_1(\xi) &= V_{\text{дс}0}, \\ Z_2(\xi) &= \dot{V}_{\text{дс}0}. \end{aligned} \quad (6)$$

Тогда частное решение системы (5) получается из функции (3) и ее производной

$$\begin{aligned} Z_1 &= e^{-\alpha(t-\xi)} \left[ V_{\text{дс}0} \cos \beta(t-\xi) + \frac{\dot{V}_{\text{дс}0} + \alpha V_{\text{дс}0}}{\beta} \sin \beta(t-\xi) \right], \\ Z_2 &= -\alpha e^{-\alpha(t-\xi)} \left[ V_{\text{дс}0} \cos \beta(t-\xi) + \frac{\dot{V}_{\text{дс}0} + \alpha V_{\text{дс}0}}{\beta} \sin \beta(t-\xi) \right] + \\ &+ e^{-\alpha(t-\xi)} \left[ -V_{\text{дс}0} \beta \sin \beta(t-\xi) + (\dot{V}_{\text{дс}0} + \alpha V_{\text{дс}0}) \cos \beta(t-\xi) \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

Преобразуем систему (7) так: заменим через  $Z_1$  его выражение в первом члене выражения  $Z_2$  и затем разделим на  $\beta$ , после чего можно записать:

$$\frac{Z_2 + \alpha Z_1}{\beta} = e^{-\alpha(t-\xi)} \left[ -V_{\text{дс}0} \sin \beta(t-\xi) + \frac{\dot{V}_{\text{дс}0} + \alpha V_{\text{дс}0}}{\beta} \cos \beta(t-\xi) \right]. \quad (8)$$

Далее возведем в квадрат уравнение, выражающее  $Z_1$ , и последнее уравнение, а затем сложим результаты:

$$Z_1^2 + \frac{(Z_2 + \alpha Z_1)^2}{\beta^2} = e^{-2\alpha(t-\xi)} \left[ V_{\text{дс}0}^2 + \frac{(\dot{V}_{\text{дс}0} + \alpha V_{\text{дс}0})^2}{\beta^2} \right] = \rho_k^2 e^{-2\alpha(t-\xi)}, \quad (9)$$

откуда

$$\frac{Z_1^2}{[\rho_k e^{-\alpha(t-\xi)}]^2} + \frac{(Z_2 + \alpha Z_1)^2}{[\beta \rho_k e^{-\alpha(t-\xi)}]^2} = 1. \quad (10)$$

Здесь

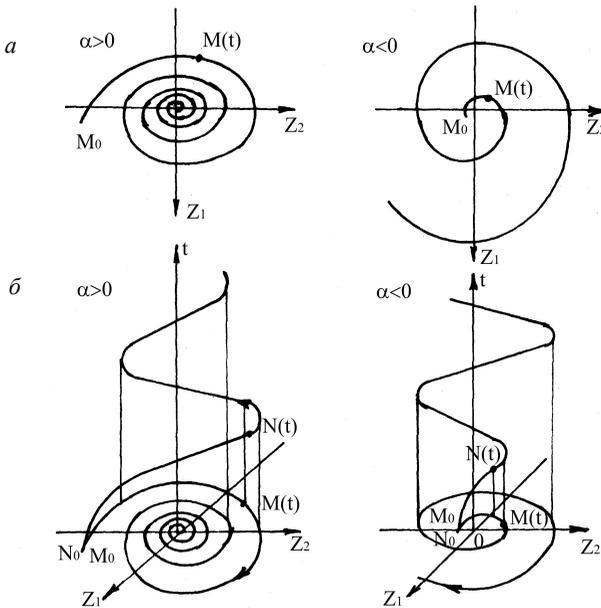
$$\rho_k = \sqrt{V_{\text{дс}0}^2 + \frac{(\dot{V}_{\text{дс}0} + \alpha V_{\text{дс}0})^2}{\beta^2}} > 0, \quad (11)$$

так как  $V_{\text{дс}0}$  и  $\dot{V}_{\text{дс}0}$  не равны нулю совместно.

Перейдем к кинематическому толкованию системы уравнений (7).

Для первого толкования возьмем систему координат  $Z_1, Z_2$  на

плоскости, направив ось  $Z_1$  вниз, а ось  $Z_2$  вправо (рисунок). Тогда уравнения (7) можно считать параметрическими уравнениями некоторой кривой на плоскости  $Z_1, Z_2$ , в которых параметром служит время  $t$ . Уравнение (10), которое здесь рассматривается только как следствие уравнений (7), помогает выяснить вид этой кривой. В самом деле, уравнение (10) напоминает уравнение эллипса, но «полуоси» этого «эллипса»  $\rho_k e^{-\alpha(t-\xi)}$  и  $\beta \rho_k e^{-\alpha(t-\xi)}$  не постоянны, а зависят от  $t$ : с возрастанием  $t$  при  $\alpha > 0$  они неограниченно убывают, а при  $\alpha < 0$  неограниченно возрастают. Поэтому в действительности уравнения (7), (10) определяют на плоскости  $Z_1, Z_2$  не эллипс или окружность, а логарифмическую спираль (точнее эллиптико-логарифмическую спираль).



Фазовые траектории (а) и интегральные кривые (б) движения компонентов системы

Таким образом, уравнения (7) выражают зависимость от времени текущих координат точки  $M(t)$ , которая начинает свое движение в момент  $t = \xi$  от точки  $M_0(V_{дс0}, \dot{V}_{дс0})$  и движется по спирали. В силу

уравнения  $\dot{Z}_1 = Z_2$  из системы (5) обнаруживается, что точка  $M(t)$  движется по спирали по направлению часовой стрелки.

На рисунке, *a* в интервалах  $\delta_1$  и  $\Delta_1$  рассматриваемая спираль при возрастании  $t$  свертывается к началу координат при  $\alpha > 0$ . В интервалах  $\delta_2$  и  $\Delta_2$   $\alpha < 0$ , поэтому логарифмическая спираль (вернее полуспираль) неограниченно разворачивается.

Рассматриваемые полуспирали являются фазовыми траекториями системы уравнений (5), соответствующими начальным условиям (6) или начальной точке  $M_0(V_{dc0}, \dot{V}_{dc0})$ .

Для второго толкования системы (7) возьмем правую декартову систему координат в трехмерном пространстве  $t, Z_1, Z_2$ . В этом пространстве первое из уравнений (7) представляет собой экспоненциально-синусоидальный цилиндр с образующими, параллельными оси  $Z_2$ ; второе уравнение системы (7) изображает другой такой же цилиндр с образующими, параллельными оси  $Z_1$ .

Уравнение спирали без участия  $t$  можно получить, выразив  $e^{-\alpha(t-\xi)}$  и  $t$  из уравнения (10) и подставив их в любое из уравнений (7). Получаемое при этом уравнение представляет цилиндр с образующими, параллельными оси  $t$ , причем это спиральный цилиндр, так как его направляющей служит полуспиральная фазовая траектория в плоскости  $Z_1, Z_2$ .

В пространстве  $t, Z_1, Z_2$  система уравнений (7) изображает линию пересечения двух цилиндров, которая одновременно лежит и на указанном спиральном цилиндре. Переменная точка  $N(t)$  этой линии пересечения начинает свое движение в момент  $t = \xi$  от точки  $N_0(\xi, V_{dc0}, \dot{V}_{dc0})$  и с возрастанием  $t$  поднимается по этой линии так, что в каждый момент  $t$  ее координаты  $Z_1, Z_2$ , очевидно, совпадают с соответствующими координатами точки  $M(t)$  на фазовой траектории. Так как точка  $M(t)$  движется по направлению часовой стрелки, то траектория точки  $N(t)$  представляет собой левую винтовую линию на спиральном цилиндре, выходящую из точки  $N_0$ . При  $\alpha > 0$  данная линия с возрастанием приближается к оси  $t$ , а при  $\alpha < 0$  неограниченно удаляется от оси  $t$  (рисунок, *b*).

Подобными рассуждениями доказывается асимптотическая ус-

тойчивость движения всех частей системы и системы в целом, поскольку уравнения, описывающие это движение, изоморфны.

1. Андронов А.А. Собрание трудов. – М.: Изд. АН СССР, 1956. – 540 с.
2. Андронов А.А., Леонтович Е.Д. и др. Качественная теория динамических систем второго порядка. – М.: Наука, 1966. – 420 с.
3. Арнольд В.И., Яспольский А.Р. Дифференциальные уравнения. – М.: Высш. шк., 1978. – 304 с.
4. Гутер Р.С., Яспольский А.Р. Дифференциальные уравнения. – М.: Высш. шк., 1976. – 304 с.

Получено 29.10.2007

УДК 656

В.Д.ЧИЖОНОК, канд. техн. наук  
Белорусский национальный технический университет, г.Минск

## **ПРОБЛЕМЫ ОБОСНОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ**

Приводятся основные показатели, которые характеризуют транспортно-технологические схемы доставки грузов, в также определяются условия, при которых образуются логистические цепи доставки грузов и международные транспортные коридоры. Определяется роль информации в процессе выбора логистических цепей доставки грузов, а также анализируются варианты логистических структур, предназначенных для принятия решений в области логистики. Представленные рекомендации по формированию транспортно-логистических систем могут быть полезны при решении прикладных задач повышения эффективности перевозочного процесса на транспорте.

Грузы можно перевозить с использованием различных транспортно-технологических схем, которые характеризуются комплексом технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей. Логистическая цепь доставки грузов – это наиболее рациональная транспортно-технологическая схема их перемещения от грузоотправителя к грузополучателю с использованием одного или нескольких видов транспорта. При этом в логистической цепи необходимо обеспечить прохождение не только товарно-материальных потоков, но и информационных и финансовых потоков. Логистическая цепь должна быть сформирована таким образом, чтобы обеспечить перевозку грузов от "двери" отправителя к "двери" получателя и "точно в срок", а также экстремальное (наименьшее или наибольшее) значение критерия оптимальности. В качестве критерия оптимальности может быть использован один из технико-эксплуатационных или технико-экономических показателей. Целевую функцию нахождения критерия оптимальности можно записать следующим образом:

$$Ц = f(t_1, t_2, \dots, t_n), \quad (1)$$