

УДК 656.13.02

В.Г. Максимов, канд. техн. наук, доц.,  
А.Д. Ницевич, канд. техн. наук, доц.,  
О.Е. Гончарова, канд. техн. наук, доц.,  
Одес. нац. политехн. ун-т

## ТРАЕКТОРИИ РАЗВИТИЯ МАЛОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*В.Г. Максимов, О.Д. Ницевич, О.Е. Гончарова. Траєкторії розвитку малого автотранспортного підприємства.* Представлено математичну модель малого АТП з визначенням еволюційних траєкторій його розвитку. Розглянуто еволюційні траєкторії стану малого АТП. Наведено приклади застосування приведеної методики.

*В.Г. Максимов, А.Д. Ницевич, О.Е. Гончарова. Траектории развития малого автотранспортного предприятия.* Представлена математическая модель малого АТП с определением эволюционных траекторий его развития. Рассмотрены эволюционные траектории состояния малого АТП. Приведены примеры применения данной методики.

*V.G. Maksimov, A.D. Nitsevich, O.E. Goncharova. Trajectories of development of a small motor transport enterprise.* The mathematical model of a small MTE with determination of evolutionary trajectories of its development is presented. The evolutionary trajectories of the state of a small MTE are considered. The examples of application of the presented method are adduced.

В математических построениях использовались характеристики эксплуатации и восстановления работоспособности  $i$ -го автомобиля и определенные гипотезы об организации функционирования малого автотранспортного предприятия [1, 2]. Здесь анализу подвергается собственно модель, предполагая, что состояние малого АТП регистрируется не в произвольные, а в фиксированные моменты времени или пробега. В этой связи необходимо оперировать не с исходной моделью, а дискретным аналогом, который более эффективен для изучения закономерностей эволюции малого АТП. В качестве дополнительных условий к организации технического обслуживания автомобилей в малом АТП следует учесть то, что контроль состояния подвижного состава основывается на некотором масштабе времени. Достоинством дискретной модели АТП является ее направленность на решение практических задач.

Предполагаем, что масштаб времени (пробега) выбран и эволюция состояний подвижного состава в малом автотранспортном предприятии описывается дискретной моделью [1, 2].

Пусть  $t = t_0, t_0 + 1, t_0 + 2, \dots$  — моменты времени, в которые производится контроль состояния множества  $A = \{A_k\}$  ( $k=1, \dots, n$ ).

Основные параметры  $\alpha_k$  и  $\beta_k$  являются натуральными числами, и функции  $a_k(t)$  состояний автомобилей принимают только целые значения из полуинтервала  $(-\beta_k, \alpha_k]$ .

Эволюция множества  $A$  называется векторной функцией  $a(t) = (a_1(t), \dots, a_n(t))$ , значениям которой в указанные моменты времени соответствуют точки с целочисленными координатами в  $n$ -мерном числовом пространстве. Измерение состояний  $A$  от момента  $t_0$  до  $t_0 + S$  последовательно изображаются точками  $a(t_0), a(t_0 + 1), \dots, a(t_0 + S)$ . Совокупность их образует подмножество  $G\{a(t_0)\}$ , которое принадлежит  $n$ -мерному параллелепипеду  $P_n = \{a(t) : -\beta_k < \alpha_k(t) \leq \alpha_k, k=1, \dots, n\}$  и которые при  $S \rightarrow \infty$  назовем траекторией развития малого автотранспортного предприятия, порожденной начальным состоянием  $a(t_0)$  [1].

Поскольку в дискретной модели функции  $a_k(t)$  являются периодическими с целочисленными периодами  $T_k$ , то можно использовать теоремы о состояниях малых автотранспортных предприятий [2].

Рассмотрим анализ эволюционных траекторий на примерах.

Пример 1.

Малое частное автотранспортное предприятие состоит из двух единиц подвижного состава  $A_1$  и  $A_2$ , для которых  $\alpha_1=6$ ,  $\beta_1=3$  и  $\alpha_2=4$ ,  $\beta_2=2$  ( $\alpha$ =дни,  $\beta$ =дни), где  $\alpha$  — максимально допустимый интервал времени (пробега) между техническими обслуживаниями.

В этом случае  $T_1 = \alpha_1 + \beta_1 = 9$ ,  $T_2 = \alpha_2 + \beta_2 = 6$  и  $T = \text{НОК}(9,6)=18$ .

Состояние  $a(t_0)$  малого автотранспортного предприятия в произвольный момент  $t_0$  повторяется через  $T$  единиц времени, т.е.  $a(t_0) = a(t_0 + T)$ , где  $T$  — наименьшее общее кратное НОК периодов  $T_1, \dots, T_n$ .

Общее число возможных состояний малого (частного) автотранспортного предприятия составляет  $T_1 \cdot T_2 = 54$ .

Различных траекторий развития малого автотранспортного предприятия существует

$$\mathfrak{x} = \frac{1}{T} \prod_{k=1}^n T_k \quad (1)$$

где  $T_k = \alpha_k + \beta_k$  и  $T = \text{НОК}(T_1, \dots, T_n)$ .

Из выражения (1) получаем  $\mathfrak{x}=3$ , т.е. малое АТП может развиваться по одной из трех различных траекторий.

Рекуррентная формула для координат последующих состояний АТП имеет вид

$$a_k(\tau+1) = \begin{cases} a_k(\tau) - 1 & \text{при } a(\tau) \neq -\beta_k + 1, \\ a_k & \text{при } a(\tau) = -\beta_k + 1, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\tau$  — интервал времени, в течение которого сохраняется состояние парка автомобилей А. Здесь указывается закон изменения функции  $a(t)$ , характеризующий динамику состояний единиц подвижного состава на этом интервале, и определяется переходный режим в момент  $t_0 + \tau$ .

Используя (2), выпишем координаты точек, расположенных на каждой траектории. В целях наглядности сопроводим их счетчиком времени (табл. 1).

Таблица 1

Координаты точек эволюционных траекторий

Первая траектория																			
$\tau$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$a_1(\tau)$	1	0	-1	-2	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	6	5	4	3	2	1
$a_2(\tau)$	2	1	0	-1	4	3	2	1	0	-1	4	3	2	1	0	-1	4	3	2
Вторая траектория																			
$\tau$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$a_1(\tau)$	1	0	-1	-2	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	6	5	4	3	2	1
$a_2(\tau)$	0	-1	4	3	2	1	0	-1	4	3	2	1	0	-1	4	3	2	1	0
Третья траектория																			
$\tau$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$a_1(\tau)$	0	-1	-2	6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	6	5	4	3	2	1	0
$a_2(\tau)$	0	-1	4	3	2	1	0	-1	4	3	2	1	0	-1	4	3	2	1	0

Эти траектории изображены соответственно на рисунках 1, 2, 3.

Стрелками указываются направления переходов малого (частного) автотранспортного предприятия из одного состояния в другое.

#### Пример 2.

Пусть  $\alpha_1=2$ ,  $\beta_1=1$ ,  $\alpha_2=3$ ,  $\beta_2=2$ .

Тогда  $T_1 = 3$ ,  $T_2 = 5$  и  $T = 15$ , и потому согласно (1) получаем  $\mathfrak{x}=1$ .

Единственная траектория содержит точки, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Координаты точек траектории эволюции

$\tau$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$a_1(\tau)$	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2
$a_2(\tau)$	3	2	1	0	-1	3	2	1	0	-1	3	2	1	0	-1	3

Данной траектории принадлежат все целочисленные точки прямоугольника  $P_2 = \{a_1, a_2\} : -1 < a_1 \leq 2, -2 < a_2 \leq 3\}$ .

### Пример 3.

Предположим, что малое автотранспортное предприятие имеет списочный состав в количестве семи автомобилей и характеризуется данными, приведенными в табл. 3, где  $\alpha_k$  — максимально допустимый промежуток времени пребывания в эксплуатации  $k$ -й единицы подвижного состава.

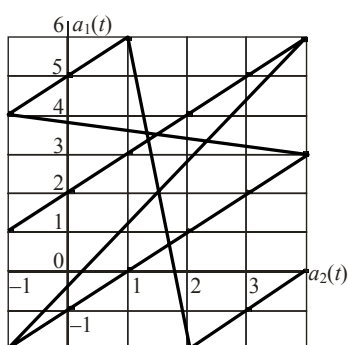


Рис. 1. Первая траектория эволюции

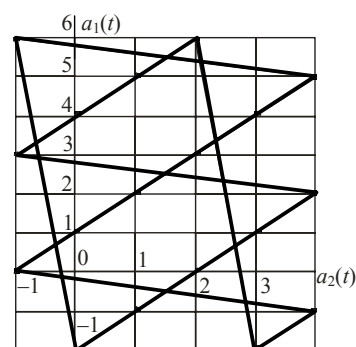


Рис. 2. Вторая траектория эволюции

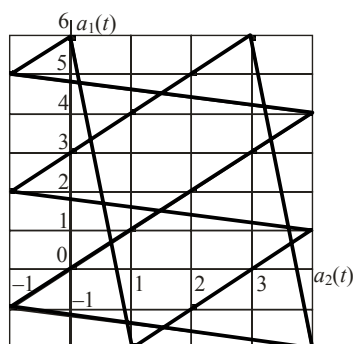


Рис. 3. Третья траектория эволюции

Таблица 3

Параметры состояния малого АТП

$A_k$	$\alpha_k$ , дни	$\beta_k$ , дни	$T_k = \alpha_k + \beta_k$ , дни
$A_1$	1848	42	1890
$A_2$	1099	49	448
$A_3$	1827	35	1862
$A_4$	1897	35	1932
$A_5$	1463	49	1512
$A_6$	1470	35	1505
$A_7$	1855	35	1890

Представленные в таблице конкретные значения  $\alpha_k$  и  $\beta_k$ , взятые из допустимых для них пределов, могут быть положены в основу организации действующей системы контроля. Здесь вычисления показывают, что малое предприятие имеет период  $T=40771208520$  и  $\omega=823354761600$  различных эволюционных траекторий.

Таким образом, опираясь на дискретную теорию эволюции малых АТП, можно прогнозировать различные пути их развития, что весьма важно в условиях становления малого бизнеса в Украине.

**Литература**

1. Максимов В.Г. Управління траєкторією еволюції технічного стану автомобілів / В.Г. Максимов, С.О. Балан, О.В. Поляруш // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2002. — Вип. 1(22). — С. 23 — 25.
2. Максимов В.Г. Дискретная модель построения малого автотранспортного предприятия / В.Г. Максимов, А.Д. Ницевич, О.Е. Гончарова // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2008. — Вип. 2(30). — С. 30 — 35.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. унта Оробей В.Ф.

Поступила в редакцию 17 ноября 2008 г.