

УДК 656.02

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Султанов Н.З., – д.т.н, профессор

Любимов И.И., – ассистент

Оренбургский государственный университет

В статье рассмотрена проблема эффективного использования автомобилей в условиях автотранспортного предприятия. Авторами данной статьи найдены пути рационального использования подвижного состава автотранспортного предприятия. Рассмотренный в статье метод оптимизации функционирования автотранспортного предприятия основан на принципах системного анализа, а именно теории чувствительности и метода главных компонент.

In clause the problem of an effective utilization of cars in conditions of the motor transportation enterprise is considered. Authors of given clause find ways of rational use of a rolling stock of the motor transportation enterprise. The method of optimization of functioning of the motor transportation enterprise considered in clause is based on principles of the system analysis, namely the theory of sensitivity and a method of the main things a component.

Программно - целевое планирование – это один из видов планирования, в основе которого лежит ориентация деятельности на достижение поставленных целей. По сути, любой метод планирования направлен на достижение каких-либо конкретных целей. Но в данном случае в основе самого процесса планирования лежит определение и постановка целей и лишь, затем подбираются пути их достижения [1, 2].

Проблема совершенствования эффективности функционирования сложных технических систем, в том числе автотранспортных предприятий, в настоящее время становится достаточно острой. Причиной этого является то, что внешние по отношению к АТП условия становятся более неустойчивыми и быстро изменяющимися, а требования, предъявляемые к качеству функционирования систем, растут [3]. Здесь уместно вспомнить о программно – целевых методах. По мнению Петрова А.А., Поспелова И.Г. «В настоящее время возникла потребность в организациях такого типа, которые позволили бы быстро приспособливаться к изменяющимся

условиям. Необходимо искать такие структуры, с помощью которых люди могут организовываться для новаторской непрограммируемой деятельности» [4].

Проблема совершенствования систем для эффективного функционирования в обобщённом виде достаточно полно изложена в работе Виттиха В.А. [5] и поэтому приведённый подход будет нами использован для формулировки исходных предпосылок настоящей работы.

Необходимым и неотъемлемым этапом в повышении эффективности функционирования автотранспортного предприятия является разработка теоретической методики выбора рациональной структуры подвижного состава автотранспортного предприятия. Формирование математической модели эффективности предприятия базируется на принципах системного анализа. При этом систему – автотранспортное предприятие, можно представить в виде схемы представленной на рисунке 1.

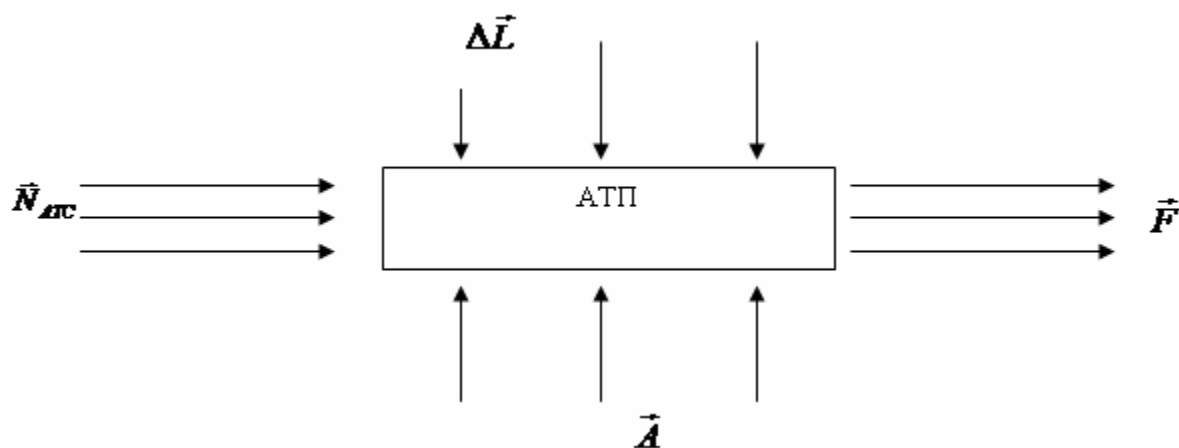


Рисунок 1. Схема взаимосвязи показателей эффективности АТП со структурой подвижного состава

Совокупность целевых функций, образующих вектор полезного эффекта можно представить в виде:

$$\vec{F} = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}, \quad (1)$$

где f_i - стоимость транспортной операции i -й группы транспортных средств, $i=1\dots n$.

Вектор варьируемых параметров системы составляет транспортные средства.

$$\dot{N}_{A\dot{O}N} = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}, \quad (2)$$

где N_i - количество транспортных средств i -й группы транспортных средств:

Вектор внешних возмущений характеризует транспортную работу, выполняемую АТС АТП

$$\dot{\Delta L} = \{\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_n\}, \quad (3)$$

где ΔL_i - изменение транспортной работы i -й группы транспортных средств.

Вектор фиксированных внутренних параметров составляют затраты на содержание ПС

$$\dot{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}, \quad (4)$$

где a_i - затраты на содержание i -й группы транспортных средств.

Показателем, характеризующим эффективность функционирования АТП, является стоимость единицы транспортной операции, которую можно представить в виде:

$$F = \frac{C_{i\dot{a}\dot{u}}}{L_{i\dot{a}\dot{u}}} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_n}{L_{i\dot{a}\dot{u}}}, \quad (5)$$

где $Z_{общ}$ – общепарковые затраты;

$L_{общ}$ – транспортная работа, выполняемая АТП;

Z_i – затраты на эксплуатацию i -й группы транспортных средств.

Доля затрат i -й группы подвижного состава в общих затратах

$$f_i = \frac{C_i}{L_{i\dot{a}\dot{u}}} \quad (6)$$

Затраты на эксплуатацию i -й группы подвижного состава

$$\begin{aligned} C_i = & N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot k_{\dot{a}} \cdot \tilde{N}_{1_i}^{i\dot{o}} \cdot \dot{O}_{i\dot{o}} + N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot k_{\dot{a}} \cdot \tilde{N}_{1\dot{e}i_i}^{\dot{o}} \cdot L_{\dot{o}_i} + N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot k_{\dot{a}} \cdot \tilde{N}_{1\dot{o}e\dot{e}i_i} \cdot Q_i \cdot L_{\dot{a}_i} + \\ & + N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot 0,01 H_{s_i} \cdot L_{x_i} \cdot (1 + 0,01D) + C_{\tilde{m}i_i}^{L_{\dot{o}}} + C_{\tilde{m}i_i}^{L_{\dot{a}}} + N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot 0,01 \cdot (H_{s_i} \cdot L_{\dot{a}_i} + H_{w_i} \cdot Q_i \cdot L_{\dot{a}_i}) \cdot \\ & \cdot (1 + 0,01D) + N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot n_{\sigma_i} \cdot H_{\delta\dot{a}\tilde{n}\delta\sigma_i} \cdot (L_{x_i} + L_{\dot{a}_i}) + N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot C_{\dot{O}i,\dot{O}E}^{\dot{o}\dot{a}} \cdot (L_{x_i} + L_{\dot{a}_i}) + H_{a_i} \cdot N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot \\ & \cdot S_i = N_{\dot{A}\dot{O}\dot{N}_i} \cdot a_i, \end{aligned} \quad (7)$$

где N_{ATCi} – количество автомобилей i -й группы; a_i – фиксированный внутренний параметр i -й группы; k_{ϵ} – коэффициент отношения водителей на один автомобиль; $C_{1_i}^{np}$ – часовая тарифная ставка водителя при простое i -го автомобиля; Φ_{np} – годовой фонд времени простоя автомобиля; $C_{1км_i}^x$ – стоимость одного километра при холостом пробеге i -го автомобиля; L_{x_i} – холостой пробег i -го автомобиля; Q_i – грузоподъёмность i -го автомобиля; $L_{\dot{a}_i}$ – гружёный пробег i -го автомобиля, S_i – стоимость i -го автомобиля; $C_{1ткм_i}^x$ – часовая тарифная ставка водителя при перевозке груза i -го автомобиля; H_{s_i} – базовая норма расхода топлива i -го автомобиля; D –

надбавка к расходу топлива учитывающая условия эксплуатации; H_{w_i} - расход топлива i -го автомобиля при выполнении транспортной работы; $\Pi_{см_i}$ - норма расхода смазочных материалов i -го автомобиля; $n_{ш_i}$ - количество шин i -го автомобиля; $H_{расши}$ - норма расхода шин i -го автомобиля; H_{a_i} - норма амортизации i -го автомобиля.

С учётом выражений (5-7) целевая функция оптимизации структуры подвижного состава АТП будет иметь вид:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n N_{\dot{A}\dot{N}_i} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^n L_i} \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$N_{\dot{A}\dot{N}_i} \geq 0; a_i = const; \sum_{i=1}^n L_i \rightarrow \max; i = 1 \dots n.$$

где L_i – транспортная работа, выполняемая i -й группой подвижного состава.

Важным этапом решения задачи исследования является оптимизация целевой функции. Прямое решение этой задачи в связи со сложностью объекта исследования затруднительно, поэтому произведён анализ существующих подходов к решению задач оптимизации.

Так как в настоящее время показатели эффективности работы АТП, как правило, далеки от оптимума, целесообразно использовать метод оптимизации по чувствительности.

Реализация метода оптимизации по чувствительности предполагает определение функции чувствительности АТП и процедуру оптимизации.

Рассмотрим выражение оптимизации размерности и структуры парка автотранспортного предприятия. Для этого произведём разложение

целевой функции в ряд Тейлора в окрестностях некоторой «базовой» точки F_0 :

$$F_0 = \{f_{1_0}, f_{2_0}, \dots, f_{n_0}\} \quad (9)$$

$$F = F_0 + \Delta f_1 + \Delta f_2 + \dots + \Delta f_n, \quad (10)$$

где F_0 - базовая стоимость единицы транспортной операции, Δf_i - изменение доли затрат i -й группы подвижного состава в общих затратах.

Найдя относительное приращение стоимости транспортной операции и разделив его на F_0 , получим:

$$\dot{Y} = \frac{\Delta F}{F_0} = \frac{F - F_0}{F_0} = \frac{\Delta f_1}{F_0} + \frac{\Delta f_2}{F_0} + \dots + \frac{\Delta f_n}{F_0} \quad (11)$$

После преобразования выражения (12), получено выражение для оптимизации по чувствительности:

$$\dot{Y} = \frac{\Delta f_1}{f_{1_0}} \cdot \frac{f_{1_0}}{F_0} + \frac{\Delta f_2}{f_{2_0}} \cdot \frac{f_{2_0}}{F_0} + \dots + \frac{\Delta f_n}{f_{n_0}} \cdot \frac{f_{n_0}}{F_0} = a_1 \cdot j_1 + a_2 \cdot j_2 + \dots + a_n \cdot j_n, \quad (12)$$

f_{i0} – базовая доля затрат i -й группы подвижного состава в общих затратах;

a_i – коэффициент, учитывающий влияние изменения i -го показателя на эффективность;

j_i – относительное изменение варьируемого параметра.

Функция чувствительности позволяет формировать структуру ПС АТП путем определения весовости компонент уравнения регрессии.

Затем необходимо сформировать методику проведения экспериментального исследования.

Сбор и обработка исходной информации произведены по стандартной методике обработки статистических данных [6, 7, 8, 9]. В таблице 1 представлена форма сбора исходных данных.

Таблица 1 – Матрица исходных данных (фрагмент)

Значения факторов		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_{11}
Факторы	X_1											
	X_2											
	...											
	X_n											

Y_1 – стоимость единицы транспортной операции

$Y_2... Y_{11}$ – группы транспортных средств

$X_1... X_n$ – период (годы)

Для формирования модели взаимосвязи эффективности функционирования АТП со структурой ПС необходимо подвергнуть исходные данные сжатию для сокращения размерности пространства признаков, описывающих предприятие. Сжатие сводится к преобразованию исходного пространства X в другое пространство Y , в котором можно выбрать подмножество, как правило, ненаблюдаемых

(латентных) переменных меньшей размерности $L < P$, не вызывающих существенной потери информации. Для этого в работе использован метод главных компонент, при котором матрица наблюдений случайной векторной переменной $X = (X_1 \dots X_p)$ размерностью $(p \times n)$ с вектором средних $M_x = (M_1, \dots, M_p)'$ и ковариационной матрицей K_x , определяющей структуру зависимости между переменными $X_j, j=1, \dots, p$ преобразуются ортогональной матрицей вида

$$\hat{O} = [j_{1j} \dots j_{pj}], \quad (13)$$

где $j_j = [j_{1j} \dots j_{pj}]$, $(j=1, \dots, p)$ – система p -мерных ортонормированных векторов, т.е. для скалярного произведения $(*, *)$ справедливо

$$(j_i j_j) = \begin{cases} 1, & \text{if } i = j \\ 0, & \text{if } i \neq j \end{cases} \quad (14)$$

Результатом установления главных компонент является установление коэффициентов регрессии и построение уравнения регрессии на главных компонентах. В работе показано, что преобразованные таким образом модели позволяют проводить оптимизацию структуры ПС АТП с большей размерностью.

Для оценки значимости коэффициентов регрессии в работе обосновано использование метода Парето-Лоренца (рисунок 2).

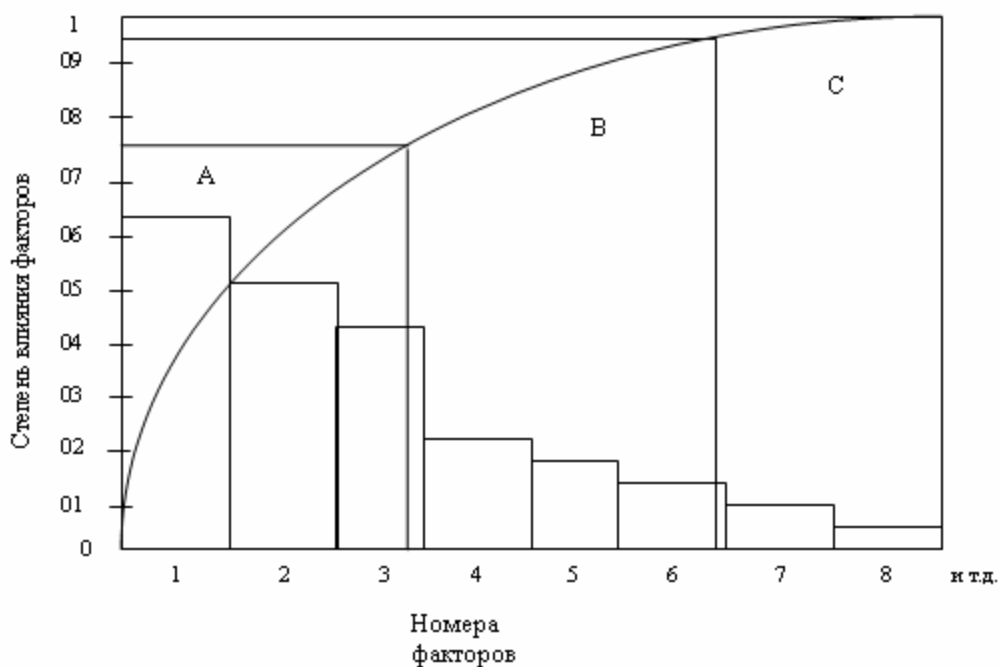


Рисунок 2. Метод Парето-Лоренца

Реализация данного метода предполагает ранжирование коэффициентов относительного влияния факторов по убыванию коэффициентов. При этом выделяется факторная группа А, оказывающая 75 % влияния на итоговый показатель, и группа В, где факторы оказывают 25 % влияния. Метод Парето-Лоренца входит в число стандартов ISO-9000.

На рисунке 3 представлен разработанный алгоритм формирования оптимальной размерности и структуры АТП, представляет собой порядок проведения эксперимента и обработки экспериментальных данных.

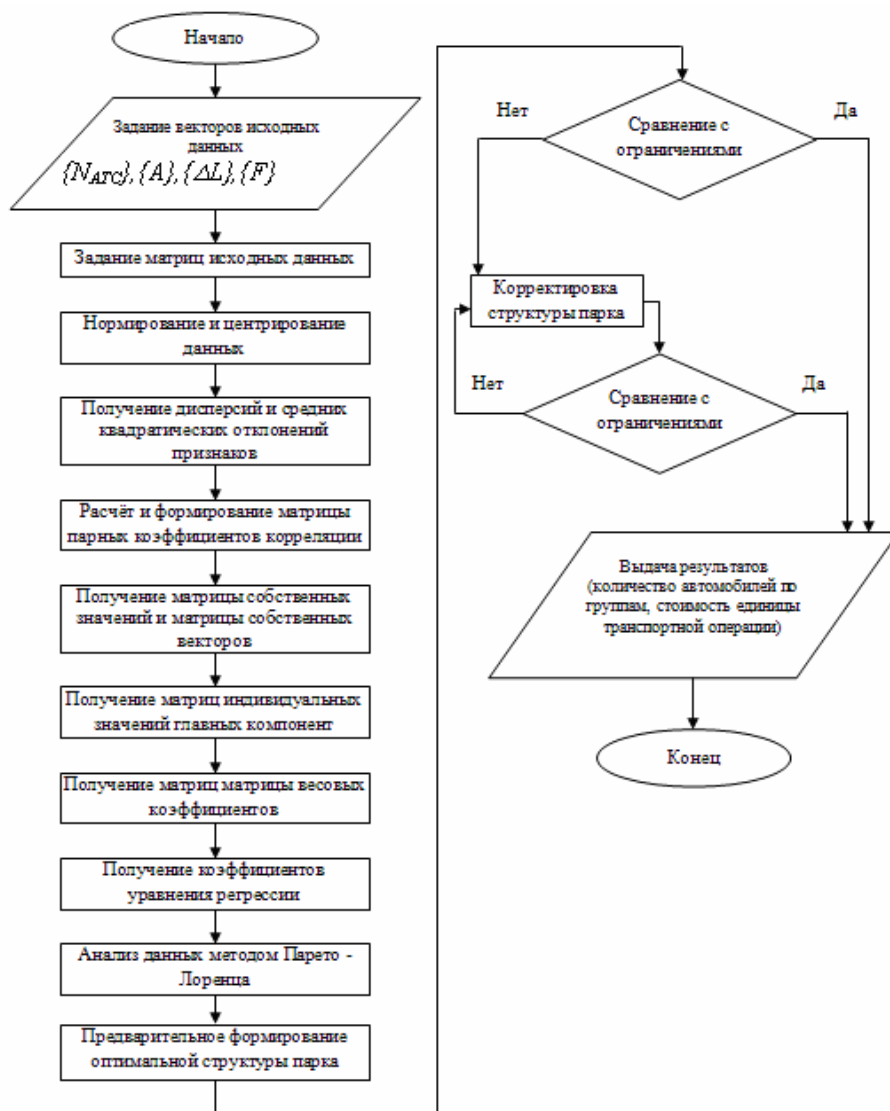


Рисунок 3. Алгоритм оптимизации структуры ПС АТП

В работе также показана связь между градиентными методами оптимизации, методом использования теории чувствительности и методом Парето-Лоренца.

Экспериментальные исследования проводились на базе Транспортной службы Государственного образовательного учреждения «Оренбургский государственный университет» (ТС ГОУ ОГУ) в соответствии с разработанным алгоритмом и программе проведения экспериментального исследования.

Автотранспортное предприятие «Транспортной службы»

Государственного образовательного учреждения «Оренбургский государственный университет» обладает следующими особенностями:

- разномарочный подвижной состав;
- деятельность, направленная на удовлетворение потребностей головного предприятия в перевозках;
- разнообразие видов и объёмов перевозок.

В связи с вышеизложенным, в качестве параметра оптимизации произведён выбор стоимости единицы транспортной операции – затраты на километр общего пробега. На рисунках 4 – 6 представлены показатели функционирования ТС ГОУ ОГУ за 1999 – 2005 годы.

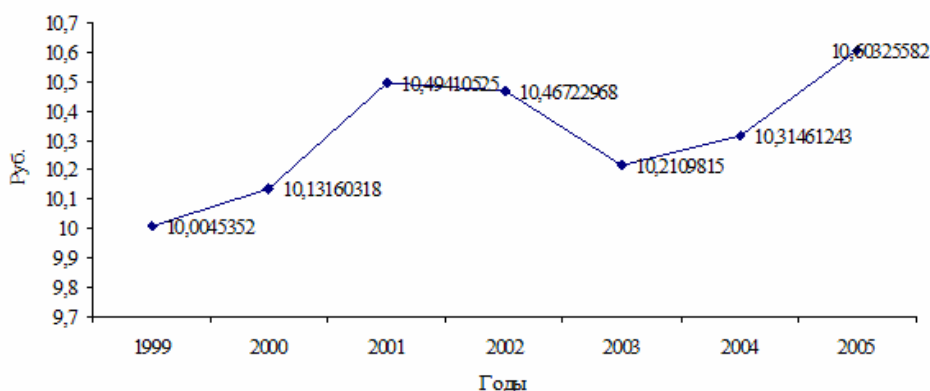


Рисунок 4. Стоимость единицы транспортной операции ТС ГОУ ОГУ

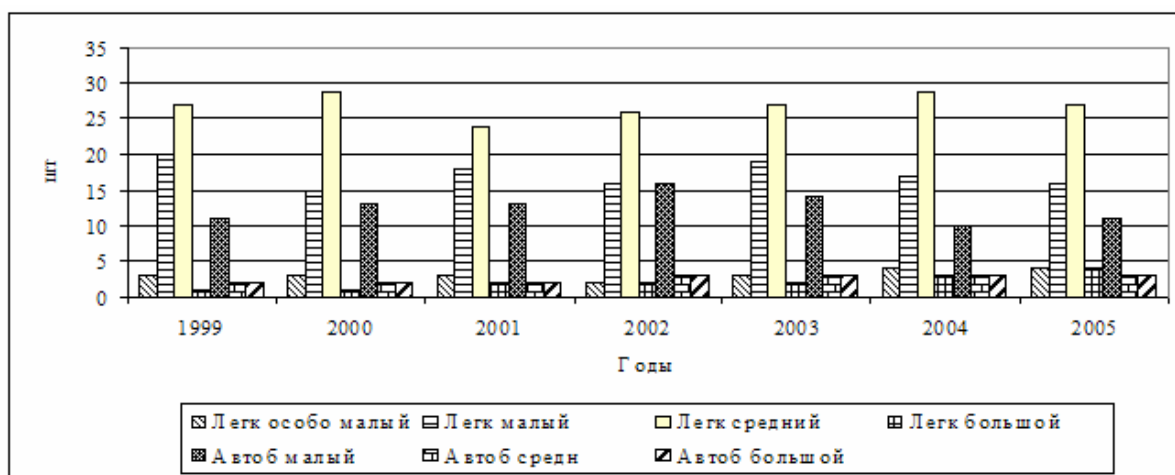


Рисунок 5. Распределение структуры пассажирского ПС ТС ГОУ ОГУ

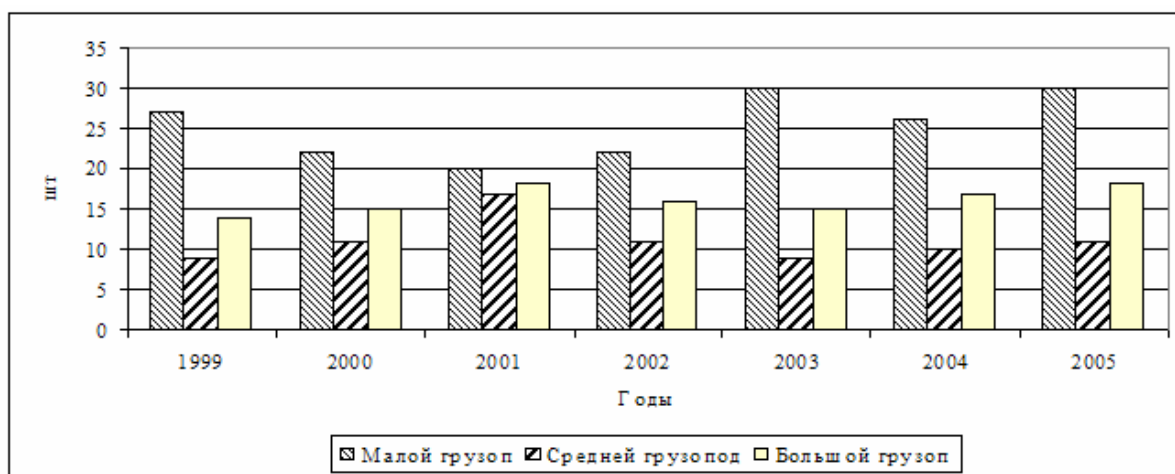


Рисунок 6. Распределение структуры грузового ПС ТС ГОУ ОГУ

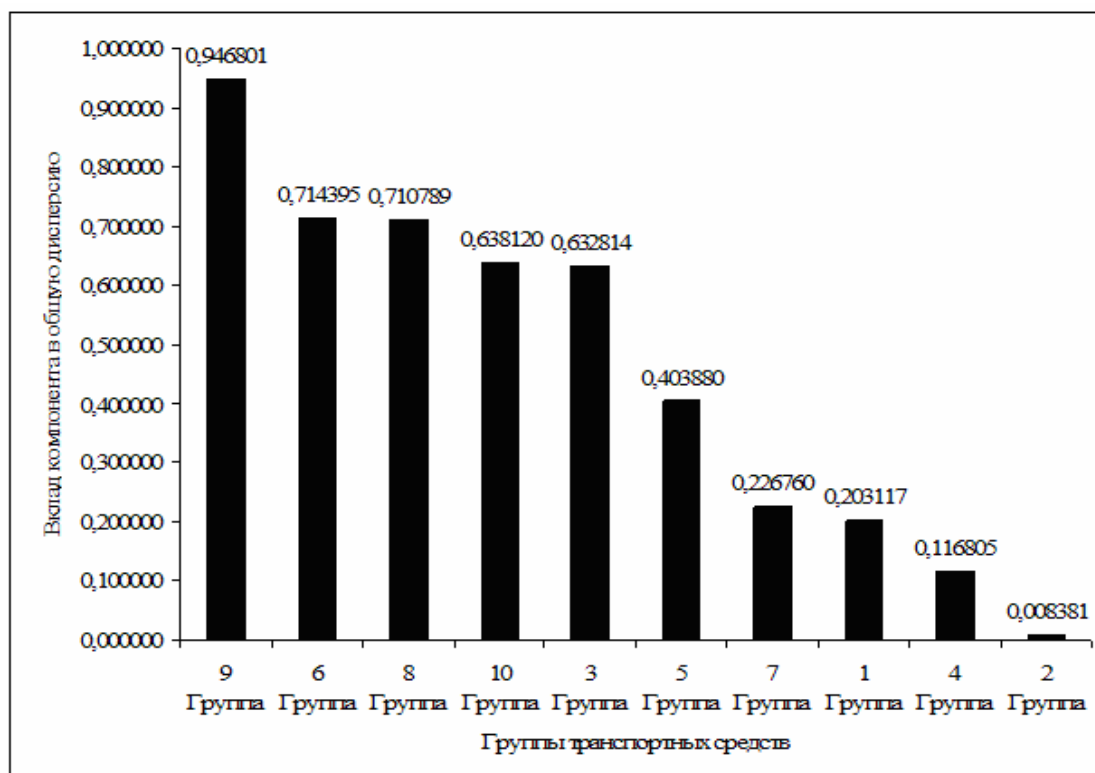
Для статистической обработки исходных данных подвижной состав АТП был разбит на подгруппы, в которые входят однотипные автотранспортные средства. Установление взаимосвязи стоимости единицы транспортной операции со структурой ПС ТС ГОУ ОГУ произведена регрессионным способом в первом случае уравнение регрессии первого порядка на всех компонентах:

$$F_{i\dot{a}\dot{u}} = 10,26379 - 0,04392 \cdot N_1 - 0,0297 \cdot N_2 - 0,02971 \cdot N_3 + 0,03907 \cdot N_4 + 0,00037 \cdot N_5 + 0,02190 \cdot N_6 + 0,03838 \cdot N_7 - 0,00006 \cdot N_8 + 0,03813 \cdot N_9 + 0,05289 \cdot N_{10} \quad (15)$$

где $N_1 \dots N_{10}$ – количество автомобилей в i – группе.

Относительная погрешность модели составила 28%

При реализации метода главных компонент получены группы транспортных средств, оказывающие наибольшее влияние на стоимость единицы транспортной операции (группы 9, 6, 8 на рисунке 7).



Группа 1 – легковые автомобили особо малого класса; Группа 2 – легковые автомобили малого класса; Группа 3 – легковые автомобили среднего класса; Группа 4 – легковые автомобили большого класса; Группа 5 – автобусы малого класса; Группа 6 – автобусы среднего класса; Группа 7 – автобусы большого класса; Группа 8 – грузовые автомобили малой грузоподъемности; Группа 9 – грузовые автомобили средней грузоподъемности; Группа 10 – грузовые автомобили большой грузоподъемности.

Рисунок 7. Распределение значений дисперсий при анализе методом главных компонент

Произведённый регрессионный анализ на главных компонентах позволил установить зависимость стоимости транспортной операции от количества и структуры ПС, вносящего наибольший вклад в изменение стоимости единицы транспортной операции:

$$F_{\text{авт}} = 8,609076 + 0,074725 \cdot N_9 + 0,016135 \cdot N_6 + 0,065148 \cdot N_8 \quad (16)$$

Относительная погрешность модели составила 3%.

На основании полученных уравнений произведен более глубокий анализ весомости коэффициентов регрессии методом Парето-Лоренца. На рисунке 8 представлена диаграмма значимости главных компонент.

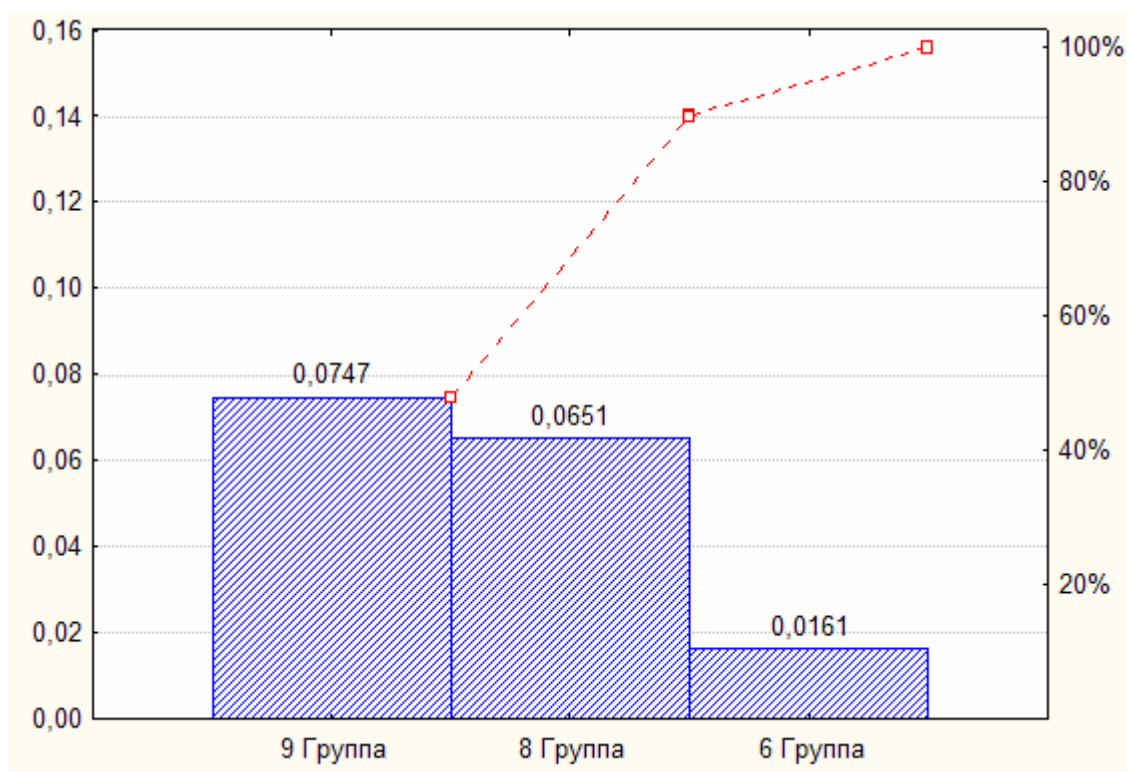


Рисунок 8. Значения весов компонентов уравнений регрессии для главных компонент

Формирование рациональной структуры ПС ТС ГОУ ОГУ произведено методом направленного перебора количества ПС с соблюдением ограничений целевой функции.

За счёт формирования рациональной структуры ПС ТС ГОУ ОГУ была уменьшена стоимость единицы транспортной операции, как относительно базовой точки (2005г.), так и относительно предыдущего периода (рисунок 9).

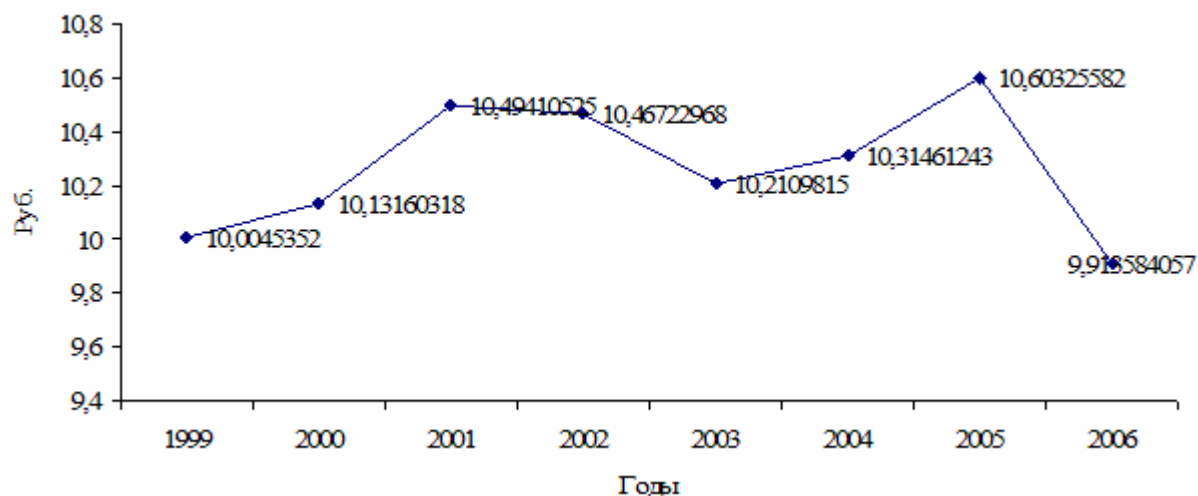


Рисунок 9. Динамика стоимости единицы транспортной операции ТС ГОУ ОГУ.

Сформированная структура ПС ТС ГОУ ОГУ, позволила выполнить большой объем транспортной работы с меньшими затратами. На рисунке 10 представлена динамика изменения структуры ТС ГОУ ОГУ.

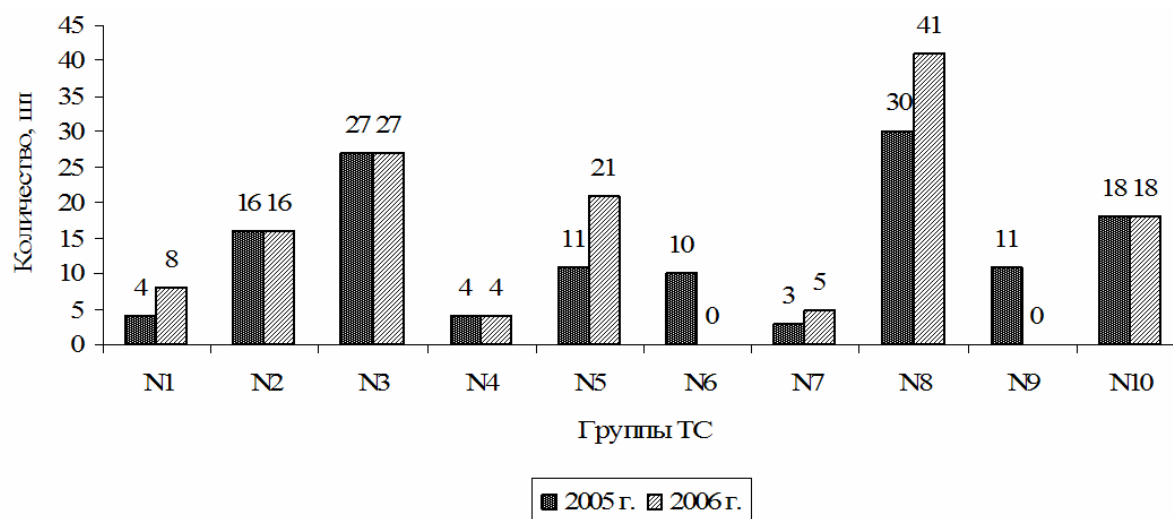


Рисунок 10. Динамика структуры ТС ГОУ ОГУ

На рисунке 11 представлена динамика изменения транспортной работы ТС ГОУ ОГУ

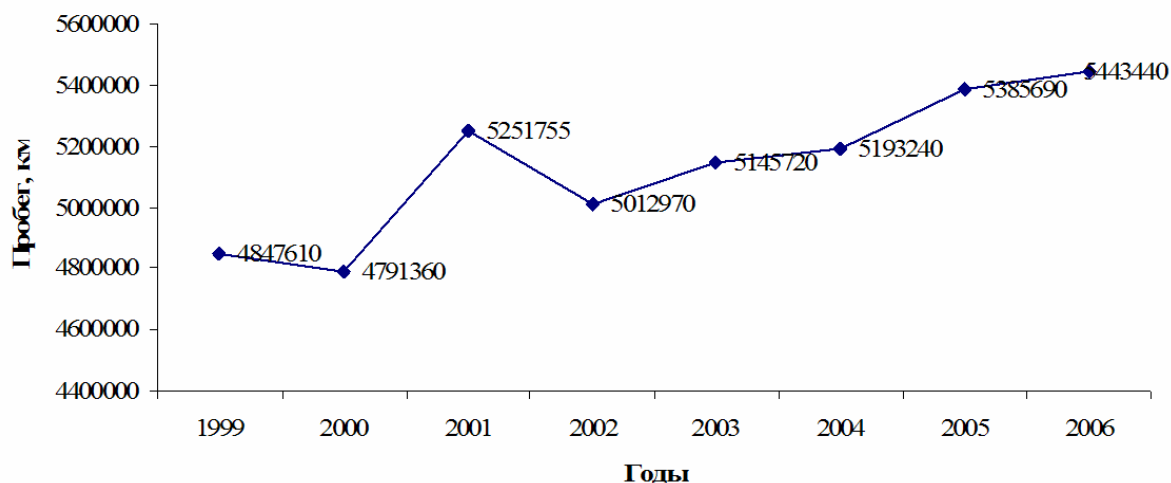


Рисунок 11. Динамика транспортной работы ТС ГОУ ОГУ

Внедрение результатов, полученных при проведении научного исследования, в производственно-хозяйственную деятельность ТС ГОУ ОГУ позволило снизить стоимость транспортной операции на 7%, что обеспечило снижение затрат на эксплуатацию подвижного состава на 3754187 руб. в год для АТП «ТС» ГОУ «ОГУ».

Литература

1. Адамов, В.Е. Экономика и статистика фирм / В.Е. Адамов. – М.: Финансы и статистика, 1998.
2. Константинова, Л.М. Экономическая эффективность общественного производства / Л.М. Константинова, З.В. Соколуцкий. – М.: Статистика, 1974. – 160 с.
3. Любимов, И.И. К вопросу повышения эффективности функционирования автотранспортного предприятия с использованием программно целевого планирования и выбора рациональной структуры парка / Н.З. Султанов, Г.К. Ныров, И.И. Любимов // Вестник Оренбургского государственного университета: – 2006, - №10, Часть 2 . – С. 422 – 428.
4. Петров, А.А. Системный анализ развивающейся экономики [Текст] / А.А. Петров, И.Г. Поспелов // Изв. АН СССР. Технологическая кибернетика. – 1979. – № 2. С.18 – 27.; № 3. С.28 – 36.; № 4. С.11 – 23.; № 5. С. 13 – 24.
5. Витгих, В.А. Управление открытыми системами на основе интеграции знаний: Автометрия [Текст]: // Методы и средства искусственного интеллекта. – 1998 - №. 3.
6. Петрова, Е.В. Практикум по статистике транспорта: учебное пособие / Е.В. Петрова, О.И. Ганченко, И.М. Алексева. –М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
7. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. -Т. 1. /

- Айвазян С.А., Мхитарян В.С. –М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 656 с.
8. Чернявский, О.В. Эффективность экономических решений / О.В. Чернявский. – М.: Экономика, 1965.
 9. Шеремет, А.Д. Анализ экономики промышленного производства / А.Д. Шеремет, В.А. Протопов. – М.: Высш. шк., 1984.