

УДК 656.022

© А. А. Носков, канд. экон. наук, ген. директор
(Группа компаний «Миларин»,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: noskov.anton@melarin.ru

© А. В. Терентьев, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

E-mail: aleksej.terentev.67@bk.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-2-116-120

© А. А. Noskov, PhD in Sci. Ec., General Director
(«Milarin» Group of Companies,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: noskov.anton@melarin.ru

© А. V. Terentyev, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: aleksej.terentev.67@bk.ru

ГЕНЕЗИС СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

GENESIS OF THE DIGITAL TRANSFORMATION SYSTEM OF CONTAINER FREIGHT ROAD TRANSPORTATION

Результаты исследования открывают новое теоретическое направление в изучении проблем эффективного управления сложными транспортными системами, функционирующими в условиях неопределённости. В статье предложена модель аналитического описания полного информационного состояния грузовых автомобильных контейнерных перевозок на основе методов системного анализа, позволяющая формировать антиэнтропийные инструменты цифрового управления.

Ключевые слова: контейнерные автомобильные перевозки, сложная система, алгоритм оптимизации, многокритериальная задача, энтропия.

The results of the implemented research open up a new theoretical direction in the study of the problems of effective management of complex transport systems operating in conditions of uncertainty. The article proposes a model for the analytical description of the complete information state of container freight road transportation based on applying the methods of system analysis, which allows the formation of anti-entropy digital management tools.

Keywords: container freight road transportation, complex system, optimization algorithm, multi-criteria problem, entropy.

Введение

Система автомобильных контейнерных перевозок имеет сложную многоуровневую структуру с огромным количеством внешних и внутренних связей, находящихся под активным влиянием факторов внешней и внутренней среды, что определяет информационное состояние как стохастически неопределенное. В данных условиях информационное описание системы грузовых автомобильных контейнерных перевозок должно содержать аналитические модели, учитывающие все параметрические характеристики-системы, их функциональные свойства и закономерности (генезис) их образо-

вания. Анализ деятельности системы автомобильного транспорта (АТ) в РФ позволяет сформулировать ряд положений:

1. АТ играет основную роль в товарообороте РФ, так как его доля в общем объеме перевозок достигает 70 %, но на протяжении последних десятилетий отсутствует положительная динамика в развитии количественных показателей роста в отрасли^{1,2,3}.

¹ Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. № 207-р.

² Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2023 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»

³ Ведомственная целевая программа «Цифровая платформа транспортного комплекса Российской Федерации», утвержденная

2. В сегменте грузовых автомобильных перевозок (ГАП) транспортной отрасли РФ существует тенденция объективного систематического роста и расширения структуры, но при этом наблюдается экстенсивный характер изменения результативных показателей эффективности, что в немалой степени зависит от географического расположения хозяйствующих субъектов^{4,5,6}.

Одним из основных внутренних ресурсов достижения положительного транспортно-экономического баланса в транспортной отрасли является повышение эффективности контейнерных автомобильных перевозок.

Контейнерные перевозки — это единственный сегмент в системе АТ, имеющий значительный ресурс для повышения эффективности эксплуатации АТ и неотрывно связанный со структурой товарного производства. Уровень контейнеризации транспортных систем определяет зрелость современной логистики, а контейнеризация перевозок является основным методом, позволяющим значительно сократить стоимость перевозки, одновременно увеличивая количественные рыночные показатели, расширяя географию перевозок и границы управляемости транспортных систем [1–4].

Методы исследования

Система грузовых автомобильных контейнерных перевозок является подсистемой в отрасли ГАП РФ и имеет сложную структуру, состоящую из внешних и внутренних связей, на которые влияют факторы внешней и внутренней среды, определяющие информационное состояние исследования. Цифровая трансформация АТ предполагает

полное информационное описание системы грузовых контейнерных перевозок.

Информационное описание должно содержать сведения о требованиях к параметрическим характеристикам системы, а также об их функциональных свойствах и о наличии погрешностей и закономерностях их образования. Эти данные должны быть формализованы в ходе исследования системы на основе методов системного анализа. Результаты функционирования системы определяются как отражение ее параметрических характеристик и описываются простым математическим выражением:

$$R = F(Y_i), \quad (1)$$

где R — выход системы или результаты функционирования; Y_i — множество переменных входов в систему; F — аналитический оператор преобразования информации в системе.

В общем виде описание информационного состояния системы можно представить выражением

$$S_u = \{J_x; J_s; J_c; J_e\}, \quad (2)$$

где J_x — множество ограничений параметрических характеристик системы; J_s — множество ограничений характеристик элементов системы; J_c — множество ограничений связей элементов системы; J_e — множество ограничений результатов действий в системе.

Множество элементов системы \mathcal{E} можно описать следующим образом:

$$\mathcal{E} \rightarrow \left\{ \left(\mathcal{E}_1; IT_{\mathcal{E}_1}; \omega_{\mathcal{E}_1} \right) \dots \left(\mathcal{E}_n; IT_{\mathcal{E}_n}; \omega_{\mathcal{E}_n} \right) \right\}. \quad (3)$$

Опишем также множество связей \mathcal{C} в системе:

$$\mathcal{C} \rightarrow \left\{ \left(\mathcal{C}_1; IT_{\mathcal{C}_1}; \omega_{\mathcal{C}_1} \right) \dots \left(\mathcal{C}_n; IT_{\mathcal{C}_n}; \omega_{\mathcal{C}_n} \right) \right\}. \quad (4)$$

Если описать множество ограничений \mathcal{X} системы выражением

$$\mathcal{X} \rightarrow \left\{ \left(\mathcal{X}_1; IT_{\mathcal{X}_1}; \omega_{\mathcal{X}_1} \right) \dots \left(\mathcal{X}_n; IT_{\mathcal{X}_n}; \omega_{\mathcal{X}_n} \right) \right\}, \quad (5)$$

то результирующие параметры \mathcal{E} функционирования исследуемой или проектируемой системы определяются как

$$\mathcal{E} \rightarrow \left\{ \left(\mathcal{E}_1; IT_{\mathcal{E}_1}; \omega_{\mathcal{E}_1} \right) \dots \left(\mathcal{E}_m; IT_{\mathcal{E}_m}; \omega_{\mathcal{E}_m} \right) \right\}, \quad (6)$$

Министерством транспорта Российской Федерации 28 декабря 2020 г.

⁴ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. №3363-р.

⁵ Описание рынка автомобильных грузоперевозок в России. GAZ campus – образовательный проект для бизнеса. Электронный ресурс. URL: <https://azgaz.ru/campus/> (дата обращения: 14.04.22).

⁶ Описание рынка автомобильных грузоперевозок в России. GAZ campus – образовательный проект для бизнеса. Электронный ресурс. URL: <https://azgaz.ru/campus/> (дата обращения: 14.04.22).

где множество рассматриваемых признаков или критериев системы с учетом целеполагания определяется выражением

$$M = \{m_1; \dots; m_i; \dots; m_j\}. \quad (7)$$

Результаты исследования

Информационное описание состояния системы наглядно иллюстрирует важную черту «множественности» в каждом конкретном проявлении содержания понятия «система». Противоречивые требования указывают на необходимость создания математической модели системы контейнерных ГАП, способной сравнивать десятки или сотни вариантов, генерируя достаточно большое количество показателей. Причём задача состоит не только в формировании множества вариантов, но и в выделении из этого множества самого эффективного варианта. Основные проблемы, связанные с решением этой задачи, заключаются в следующем:

1) в объективном выборе и обосновании номенклатуры исследуемых показателей качества;

2) в определении математической модели расчёта «весовых» коэффициентов показателей качества в зависимости от вида исходной информации;

3) в сравнении вариантов перевозок по совокупности показателей качества, то есть нахождении методов обработки информационной ситуации, позволяющих объективно производить процедуры оценки и определять (распределять) ресурсы системы в целях эффективного развития исследуемого процесса или объектов [5].

Контейнерные автомобильные перевозки — это сложная, зависящая от внешней среды вероятностная открытая система. Классическая наука трактует данную систему как функционирующую в условиях неопределённости, обладающую значительной энтропией. Общеизвестна формула определения энтропии N в физических системах:

$$N = s \ln P, \quad (8)$$

где s — постоянная Больцмана; P — статистический вес элементов, определяющих информационное состояние системы.

Статический смысл выражения (8) заключается в том, что энтропия системы пропорциональна логарифму числа микросостояний, которыми может быть реализовано данное состояние. Для изменяющейся во времени динамической системы каждому стационарному состоянию системы соответствует определенный уровень порядка в системе (значение энтропии).

Для отдельных стационарных состояний системы при $X = \{X_1, X_i, \dots, X_m\}$, при воздействии внешней среды $Y = \{y_1, y_i, \dots, y_n\}$ с функцией распределения случайных величин $f(x)$ энтропия нескольких переменных имеет следующие свойства:

$$\left. \begin{aligned} (x, y) &= S\left(\frac{x}{y}\right) + S(y) = S\left(\frac{y}{x}\right) + S(x), \\ S(x) &> S\left(\frac{x}{y}\right) > S\left(\frac{x}{y_1 y_2}\right) > \dots > S\left(\frac{x}{y_{n-1} y_n}\right) \end{aligned} \right\}. \quad (9)$$

В информационных системах количественная оценка энтропии для системы (x) определяется следующим образом:

$$S(a_i) = -\sum_{i=1}^n P(a_i) \log_2 P(x_i), \quad i=1, \dots, n, \quad (10)$$

где a_i — элементы, обладающие информационной оценкой; $P(x_i)$ — вероятности проявления элементов a_i (доступных состояний системы).

При этом основание логарифма может быть различным, но больше, чем единица. Основание логарифма определяет единицу измерения энтропии для специфических условий транспортных систем [6–8], а тождество (10) преобразуется в решение оптимизационной задачи:

$$S(a_i) = -\sum_{i=1}^n P(a_i) \log_2 P(x_i) \rightarrow \min. \quad (11)$$

Таким образом, формируется энтропийный критерий, определяющий выбор решения из множества допустимых сочетаний, как инструмент эффективного управления

контейнерными грузовыми автомобильными перевозками. Данный подход необходим для оценки качественных изменений в информационном состоянии исследуемой системы при переходе на цифровые технологии управления.

Выводы

Методология системного подхода, модель поэтапного структурирования рассматриваемой сложной проблемы обуславливают потенциальную возможность и необходимость использования в качестве методологической основы теории исследования и проектирования многоуровневых многокритериальных сложных систем оценки эффективности при организации системы автомобильных контейнерных перевозок. Таким путем раскрывается сущность процесса наполнения общей модели объекта исследования системы автомобильных контейнерных перевозок конкретным содержанием, отвечающим поставленным условиям, экономической целесообразности и эффективности. При описании сущности принципа системности отметим необходимость рассмотрения двойственности его проявления:

1. С одной стороны, при необходимости прогнозирования состояния любой объект или процесс должен рассматриваться как некоторая определенным образом организованная, диалектически развивающаяся система.

2. С другой стороны, для изучения ее строения, свойств, внутреннего и внешнего взаимодействия с окружающей средой применяется многоаспектное системное исследование, обеспечивающее комплексность и должный уровень познания и описания текущего состояния системы, без чего невозможно решение поставленной проблемы [9–12].

Данная двойственность не недостаток, а достоинство системного подхода, которое подчеркивает актуальность его использования в практической деятельности при опре-

делении мероприятий инновационной направленности. При этом необходимо сформировать объективные принципы управления в системе, основой которых является разработка антиэнтропийных инструментов, реализуемых на практике в цифровых технологиях.

Библиографический список

1. Николаев Р. С. Современные тенденции развития грузоперевозок автомобильным транспортом в России: структурные и логистические аспекты // Вестник ПНИПУ. Социально-экономические науки. 2019. № 4. С. 290–306.
2. Верещака Ю. А. Роль контейнерных перевозок в условиях новой экономики // Экономика транспортного комплекса, вып. 20. 2012. С. 150–158.
3. Gott David Transport and the economy: full report (SACTRA) London: Great Minster House, 2009. 298 p.
4. Rong Chaohe. Recent progress in the theory of transport development // China Railway Science. 2001. Volume 22, Issue 3, vol. 6. Pp. 1–8.
5. Мирзаев Р. Р., Карелина М. Ю., Терентьев А. В., Сидоров Б. Б. Структура иерархической многокритериальной системы оценки качества транспортных машин, эксплуатируемых в агропромышленном комплексе // Международный технико-экономический журнал. 2022. № 2. С. 43–55.
6. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 395 с.
7. Венцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Высшая школа, 2001. 208 с.
8. Венцель Е. С. Теория вероятностей. 6-е изд., стер. М.: Высшая школа, 1999. 576 с.
9. Диязитдинова А. Р. Кордонская И. Б. Общая теория систем и системный анализ. Самара: ПГУТИ, 2017. 125 с.
10. Дрогобыцкий И. Н. Системный анализ в экономике. М.: Финансы и статистика, 2009. 512 с.
11. Баринов В. А. и др. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: справочник / под ред. В. Н. Волковой, А. А. Емельянова. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2009. 848 с.
12. Якушев А. А. Принятие управленческих решений на основе системного подхода и математического моделирования // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7936> (дата обращения: 10.02.23).

References

1. Nikolaev R. S. *Sovremennye tendentsii razvitiya gruzoperevozok avtomobil'nyim transportom v Rossii: strukturnye i logisticheskie aspekty* [Modern trends in the development of road freight transport in Russia: structural and logistic aspects]. *Vestnik PNIPU. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki – Bulletin of PNRPU. Socio-economic sciences*, 2019, no. 4, pp. 290–306.
2. Vereshchaka Yu. A. *Rol' konteynernykh perezovozok v usloviyakh novoy ekonomiki* [The role of container transportations in the conditions of the new economy]. *Ekonomika transportnogo kompleksa – Economics of the transport complex*, iss. 20, 2012, pp. 150–158.
3. Gott David. *Transport and the economy: full report (SACTRA)*. London, Great Minster House Publ., 2009, 298 p.
4. Rong Chaohe. Recent progress in the theory of transport development. *China Railway Science*, 2001, vol. 22, iss. 3, vol. 6, pp. 1–8.
5. Mirzaev R. R., Karelina M. Yu., Terent'ev A. V., Sidorov B. B. *Struktura ierarkhicheskoy mnogokriterial'noy sistemy otsenki kachestva transportakh mashin, ekspluatiruemykh v agropromyshlennom komplekse* [Structure of a hierarchical multi-criteria system for assessing the quality of transport vehicles operated in the agro-industrial complex]. *Mezhdunarodniy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal – International technical and economic journal*, 2022, no. 2, pp. 43–55.
6. Buslenko N. P. *Modelirovanie slozhnykh sistem* [Modeling of complex systems]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 395 p.
7. Venttsel' E. S. *Issledovanie operatsiy. Zadachi, printsipy, metodologiya* [Research of operations. Tasks, principles, methodology]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2001, 208 p.
8. Venttsel' E. S. *Teoriya veroyatnostey* [Probability theory]. 6-th. ed., revised. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1999, 576 p.
9. Diyazitdinova A. R., Kordonskaya I. B. *Obshchaya teoriya sistem i sistemniy analiz* [General systems' theory and systems analysis]. Samara, PGUTI Publ., 2017, 125 p.
10. Drogobytskiy I. N. *Sistemniy analiz v ekonomike* [System analysis in economics]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2009, 512 p.
11. Barinov V. A., et al. *Teoriya sistem i sistemniy analiz v upravlenii organizatsiyami* [Theory of systems and system analysis in management of organizations]. Reference Book. Ed. by Volkova V. N., Emelyanov A. A. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2009, 848 p.
12. Yakushev A. A. *Prinyatie upravlencheskikh resheniy na osnove sistemnogo podkhoda i matematicheskogo modelirovaniya* [Coming to managerial decisions based of the system approach and mathematical modeling]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern problems of science and education*, 2012, no. 6. Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7936> (accessed: 10.02.23).