УДК 656.022

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-174-179

© В. Д. Егоров, исполнительный директор
(ООО «БЭДФОРДГРУППСПБ»,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: egorovvd81@yandex.ru

© V. D. Egorov, executive director
(LLC «BEDFORD GRUPP SPB»,
St. Petersburg, Russia)
E-mail: egorovvd81@yandex.ru

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ДЛЯ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСНЫХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ

METHOD OF CALCULATING THE PRODUCTION PROGRAM OF FREIGHT ROAD TRANSPORTATION FOR DIGITAL SERVICE MANAGEMENT MODELS

Представлена сервисно ориентированная методика определения показателей грузовых автомобильных перевозок, обеспечивающая возможности регулярного обновления данных на основе онлайн-мониторинга о состоянии процесса перевозок, автоматизированной аналитической обработки и оперативного изменения маршрутных заданий с автоматическим пересчетом технико-эксплуатационных показателей в процессе движения автомобилей на маршруте. Данная методика позволяет формировать результативные показатели эксплуатации автомобилей в виде баз данных для анализа выполнения транспортной работы в цифровых форматах и оперативного корректирования оцениваемой эффективности процессов эксплуатации автомобилей.

Ключевые слова: производственная программа, дорожно-транспортная система, алгоритм оптимизации, многокритериальная задача, программное обеспечение.

The paper presents a service-oriented methodology for determining the parameters of road freight transportation, providing opportunities for regular data updates based on online monitoring of the transportation process condition, automated analytical processing and operational changes to route assignments with automatic recalculation of technical and operational indicators in the process of vehicles' movement on the route. This technique allows generating effective indicators of vehicle operation in the form of databases for analyzing the transportation work performance in digital formats and operational adjustment of the estimated effectiveness of vehicle operation processes.

Keywords: production program, road transport system, optimization algorithm, multi-criterion task, software.

Методика расчета производственной программы грузовых автомобильных перевозок для цифровых сервисных моделей управления предназначена для автотранспортных предприятий (АТП), активно внедряющих цифровые сервисы (ЦС)¹ [1] в виде системных сервисных моделей (ССМ). ССМ — модель, в которой основополагающим является принцип оптимального формирования ЦС из совокупности цифровых ресурсов: оборудования, информационных систем, технологий,

персонала и услуг^{2,3} [2]. Внедрение сервисного подхода означает кардинальный разворот в выборе критериев оценки эффективности использования цифровых ресурсов «от показателей уровня цифровизации к показателям, определяющим эффективность»⁴. Данный подход ведет к трансформации структуры от функциональной к ма-

¹ Что важнее: реальная или цифровая экономика? 12 сентября 2017 г. URL: <http://inance.ru/2017/09/cifrovaya-ekonomika/> (дата обращения: 11.05.2019).

² Глобальный отчет по информационным технологиям (The Global Information Technology Report). URL: <http://gtmarket.ru/ratings/networked-readiness-index/networked-readiness-index-info> (дата обращения: 19.12.2018).

³ Индекс цифровизации экономики и общества DESI (Digital Economy and Society Index). URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi> (дата обращения: 10.05.2018).

⁴ «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», утв. Указом Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 2032. URL: <http://government.ru/docs/all/112831/> (дата обращения: 11.05.2019).

тричной многофункциональной⁵ [3–5], а следовательно, многокритериальной системе, а также к появлению новых организационных функций в транспортной индустрии [6, 7]. Схема взаимодействия ССМ с внутренней и внешней информационной средой АТП представлена на рисунке [8, 9].

Внедрение ССМ в деятельность АТП требует адаптации существующих методик расчетов производственной программы по эксплуатации автомобилей при осуществлении грузовых перевозок.

Покажем решение данной задачи. Система показателей x_j ($j = \overline{1, m}$) представима в виде m -мерного пространства, а значения ограничений — как выделение в этом пространстве некоторой области, которая является областью определения показателей x_j :

$$\begin{cases} x_1^* \leq x_{1l} \leq x_1^{**} \\ \dots \\ x_j^* \leq x_{ij} \leq x_j^{**} \\ \dots \\ x_m^* \leq x_{nm} \leq x_m^{**} \end{cases}, \quad (1)$$

где n — номер варианта решения.

⁵ ITIL Service Strategy. URL: <https://www.smlogic.ru/g-it-s/itil/s-strat/> (дата обращения: 25.12.2020).

Если принять, что влияние показателя на качество и эффективность решения обратно пропорционально величине его колебаний в области (1), то коэффициенты значимости его могут быть найдены из соотношения

$$\psi_j^{(1)} = \alpha \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*}, \quad (2)$$

где α — коэффициент пропорциональности.

Полагая, что

$$\sum_{j=1}^m \bar{\psi}_j = 1, \quad (3)$$

получим

$$\alpha = \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^m \frac{x_j^{**}}{x_j^{**} - x_j^*} \right)}. \quad (4)$$

Если значения искоемых коэффициентов связаны с некоторыми номинальными значениями или предельно допустимыми, например, ограничение скорости движения автомобиля, грузоподъемность автомобиля и т. д., тогда для тех показателей, которые соответствуют повышению эффективности процесса, следует применять выражение

$$\psi_j^{(2)} = \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^m \frac{1}{x_j^0 - x_j^*} \right)}. \quad (5)$$

Схема взаимодействия ССМ с внутренней и внешней информационной средой АТП

Тогда для тех показателей, которые соответствуют понижению эффективности процесса, следует применять выражение

$$\psi_j^{(3)} = \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^m \frac{1}{x_j^{**} - x_j^0} \right)}, \quad (6)$$

где x_j^0 — номинальное значение показателя.

Тогда выражение (2) будет выглядеть следующим образом:

$$\psi_j^{(1)} = \frac{1}{\left(\sum_{j=1}^m \frac{1}{x_j^{**} - x_j^0} \right)} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{x_j^{**}}{x_j^0} \right)}. \quad (7)$$

Сравнивая выражения (2) и (7), можно увидеть, что основная разница в подходе к определению коэффициента веса состоит в том, что во втором случае значения коэффициентов обратно пропорциональны разностям соответствующих номинальных и предельно допустимых значений показателей, а в первом случае их значения обратно пропорциональны величине колебаний показателя в области определения и не зависят от текущего значения показателя.

Представленный подход позволяет трансформировать традиционный состав показателей, определяющих производительность работы автотранспортных средств (АТС):

$$P = f(T_n; t_{ге}; \beta; q; \gamma; t_d; t_{пв}; t_{тп}; t_{оп}; L_{общ}). \quad (8)$$

При этом исключается субъективный показатель «среднетехническая скорость движения» [10, 11], но определяется фактическая средняя скорость движения АТС на каждом отдельном маршруте ($V_{ф}$). Далее формируются массивы данных по каждому показателю для каждого отдельного маршрута, исходя из значений фактических ограничений. Приведем пример формирования базы данных ограничений, учитывающей все виды простоев АТС на маршруте $t_{пij}$ ($j = \overline{1, m}$):

$$\begin{cases} t_{пil}^{\min} \leq t_{пil} \leq t_{пil}^{\max} \\ \dots \\ t_{пij}^{\min} \leq t_{пij} \leq t_{пij}^{\max} \\ \dots \\ t_{пim}^{\min} \leq t_{пim} \leq t_{пim}^{\max} \end{cases}. \quad (9)$$

Далее по формулам (2)–(7) определяются коэффициенты вкладов (α_{ij}), или весовые коэффициенты, для каждого из показателей (ВКП), из которых формируется матрица эффективности ВКП для всех планируемых маршрутов в соответствии с существующими заявками на перевозки грузов (табл. 1). По данным табл. 1 формируется матрица распределений пропорций влияния ВКП на себестоимость перевозок грузовых автомобильных перевозок (ГАП) (табл. 2).

На основании полученных данных определяется эффективность каждого маршрута в количественных оценках и проводится аналитическая оценка влияния каждого показателя на общую эффективность системы [12, 13]. Полученное решение в виде матрицы коэффициентов распределения управляемых ресурсов будет искомым решением поставленной задачи оптимизации:

$$c_{ij} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & & & \dots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Если необходимо оценить эффективность работы АТС не по одному, а по ряду показателей, с учетом действующих ограничений улично-дорожной сети (УДС), тогда исходя из условий перевозки определяются фактические базы ограничений по величине фактической скорости движения (для каждого маршрута) и номинальной грузоподъемности автомобиля (для каждого автомобиля) по формулам (2)–(7). Далее формируются таблицы весовых коэффициентов распределения вкладов в эффективность

Таблица 1

Матрица эффективности весовых коэффициентов показателей (ВКП)

№ маршрута	Показатель			
	t_d	$t_{пв}$	...	$t_{пн}$
1	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
2	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
...	...	...	...	...
k	α_{ij}	α_{ij}	...	α_{ij}
Целеполагание в системе	max	min	min	opt

Таблица 2

Матрица распределений пропорций влияния ВКП на себестоимость ГАП

№ маршрута	Показатель			
	t_d	$t_{пв}$	...	$t_{пн}$
1	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
2	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
...	...	...	...	...
k	s_{ij}	s_{ij}	...	s_{ij}
Целеполагание в системе	max	min	...	opt

системы для каждого показателя (табл. 3–5). В этих таблицах α_{ij} — ВКП, учитывающие временные параметры; β_{ij} — ВКП, учитывающие возможные ограничения скорости движения; γ_{ij} — ВКП, учитывающие ограничения грузоподъемности автомобиля.

Далее по известным методикам и с учетом фактических данных о времени оборота рассчитываются показатели использования подвижного состава по каждому маршруту и результирующие показатели ГАП. По сформированным таблицам ВКП — распределения вкладов отдельных показателей — определяется эффективность каждого маршрута в заданной системе ограничений и целеполагания. Таким образом формализуется первый иерархический уровень в системе оценки влияния фактических показателей работы АТС на эффективность ГАП.

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathfrak{A}_i^\alpha = \begin{pmatrix} \mathfrak{a}_1^\alpha \\ \mathfrak{a}_{\dots}^\alpha \\ \mathfrak{a}_m^\alpha \end{pmatrix} \\ \mathfrak{A}_i^\beta = \begin{pmatrix} \mathfrak{b}_1^\beta \\ \mathfrak{b}_{\dots}^\beta \\ \mathfrak{b}_m^\beta \end{pmatrix} \\ \mathfrak{A}_i^\gamma = \begin{pmatrix} \mathfrak{g}_1^\gamma \\ \mathfrak{g}_{\dots}^\gamma \\ \mathfrak{g}_m^\gamma \end{pmatrix} \end{array} \right. \quad (11)$$

Решение первой задачи позволяет формализовать второй уровень иерархической системы определения эффективности ГАП. При этом задача определения оценки влияния фактических

Таблица 3

ВКП, учитывающие временные параметры

№ маршрута	Показатель			
	t_d	$t_{пв}$	...	$t_{пн}$
1	α_{11}	α_{12}	...	α_{1n}
2	α_{21}	α_{22}	...	α_{2n}
...	...	...	...	...
k	α_{m1}	α_{m2}	...	α_{nm}
Целеполагание в системе	max	min	min	opt

Таблица 4

ВКП, учитывающие возможные ограничения скорости движения по различным видам УДС в связи с существующими постоянными и временными ограничениями

№ маршрута	Показатель			
	$\bar{v}_\Phi < 30 \text{ км/ч}$	$\bar{v}_\Phi < 50 \text{ км/ч}$	...	$\bar{v}_\Phi < 120 \text{ км/ч}$
1	β_{11}	β_{12}	...	β_{1n}
2	β_{21}	β_{22}	...	β_{2n}
...	...	...	...	...
k	β_{m1}	β_{m2}	...	β_{nm}
Целеполагание в системе	max	max	max	max

Таблица 5

ВКП, учитывающие возможные ограничения грузоподъемности АТС по конструктивным характеристикам или в связи с существующими постоянными и временными ограничениями УДС

№ маршрута	Показатель			
	γ_{m11}	γ_{m12}	...	γ_{m1n}
1	γ_{m11}	γ_{m12}	...	γ_{m1n}
2	γ_{m21}	γ_{m22}	...	γ_{m2n}
...	...	...	...	...
k	γ_{mm1}	γ_{mm2}	...	γ_{mmm}
Тип АТС	$\gamma_m < 3t$	$\gamma_m < 6t$	...	$\gamma_m < 20t$
Целеполагание в системе	max	max	max	max

показателей использования АТС может решаться не только по трем видам ограничений, накладываемых внешней средой, но и учитывать их достаточно большое количество:

$$\Xi_i^{\alpha, \beta, \dots, \gamma} = \begin{pmatrix} \varepsilon_1^\alpha & \varepsilon_1^\beta & \dots & \varepsilon_1^\gamma \\ \varepsilon_2^\alpha & \varepsilon_2^\beta & \dots & \varepsilon_2^\gamma \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varepsilon_m^\alpha & \varepsilon_m^\beta & \dots & \varepsilon_m^\gamma \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Аналитические решения многокритериальных задач первого и второго уровня выполняются аналогично с применением методов векторной оптимизации. Принципиальным отличием между уровнями решения является следующее: на первом уровне определяются дифференцированные оценки по отдельным измерителям (время, скорость, грузоподъемность АТС и т. д.), а на втором проводится комплексная оценка эффективности организации процесса перевозок по совокупности исследуемых параметров. Решение оформляется в виде матрицы коэффициентов распределения управляемых ресурсов, которые оценивают величину негативного и/или позитивного влияния исследуемого показателя:

$$c_{ij}^{\Pi} = \begin{pmatrix} c_{11}^{\Pi} & c_{12}^{\Pi} & \dots & c_{1n}^{\Pi} \\ c_{21}^{\Pi} & c_{22}^{\Pi} & \dots & c_{2n}^{\Pi} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{m1}^{\Pi} & c_{m2}^{\Pi} & \dots & c_{mn}^{\Pi} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Разработанный научно-методический подход к исследованию показателей ГАП усовершенствует существующие методики расчета производственной программы по эксплуатации АТС и позволит реализовать важнейшее средство достижения эффективности сервисно ориентированной модели управления — объективную оценку организации ГАП и управление ресурсами системы для повышения ее эффективности.

Библиографический список

1. Козырев А. Н. Цифровая экономика и цифровизация в исторической ретроспективе. 11 ноября 2017. URL: <https://medium.com/cemi-ras/цифровая-экономика-и-цифровизация-в-исторической-ретроспективе-1ad034c16373> (дата обращения: 10.05.2019).
2. Халин В. Г., Чернова Г. В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски // Власть и экономика: управление и риски. 2018. № 10. С. 46–63.
3. Chu Z., Wang Q., Lado A. Customer orientation, relationship quality, and performance: The third-party logistics provider's perspective // The International

Journal of Logistics Management. 2016. Issue 27 (sn3). Pp. 738–754.

4. Carmichael S. G. The Flash Report: The Global Digital Economy. 29.04.2016. URL: <https://hbr.org/2016/04/the-flash-report-the-global-digital-economy> (дата обращения: 22.08.2019).

5. Heinonen K. Reconceptualizing customer value: The value of time and place // Managing Service Quality. 2004. Issue 14 (sn2–3). Pp. 205–215.

6. Зараменских Е. П. Цифровые сервисы: их атрибуты и взаимосвязь с архитектурой предприятия // Стратегии и инновации. Вестник Финансового университета при Правительстве РФ. 2018. № 10. С. 36–42.

7. Schrage M. Rethinking the Value of Customers in a Digital Economy. April 11, 2016. URL: <https://sloanreview.mit.edu/article/rethinking-the-value-of-customers-in-a-digital-economy/> (дата обращения: 15.12.2020).

8. Engelsman W., Jacob M. E., Franken H. M. Architecture-driven requirements engineering // Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing (SAC '09). Honolulu, Hawaii, 2009. Pp. 285–286.

9. Скэнтлбери С., Росс Д., Бауридель В. Проектирование цифровых организаций. URL: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/design-of-digital-organizations> (дата обращения: 24.11.2019).

10. Айтбагина Э. Р., Витвицкий Е. Е. О влиянии средней технической скорости движения на производственную себестоимость в совокупности микроавтотранспортных систем перевозок грузов // Crede Experto: Транспорт, общество, образование, язык. 2017. № 4. С. 32–45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vliyanii-sredney-tehnicheskoy-skorosti-dvizheniya-na-proizvodstvennyuyu-sebestoimost-v-sovokupnosti-mikro-avtotransportnyh-sistem/viewer> (дата обращения: 10.09.2020).

11. Шайхутдинов И. Ф., Ахтямов Б. Ф. Исследование влияния технико-эксплуатационных показателей на себестоимость грузовых автомобильных перевозок // Сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. «Приоритетные направления развития науки и образования». Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2018. С. 57–60.

12. Терентьев А. В., Прудовский Б. Д. Векторная оптимизация // Материалы 2-й междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении». СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. С. 64–66.

13. Терентьев А. В., Прудовский Б. Д. Методы принятия решений в условиях неопределённого состояния «внешней среды» // Транспортное планирование и моделирование: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (26–27 мая 2016 г.). СПб.: СПбГАСУ, 2016. С. 145–149.

References

1. Kozyrev A. N. *Tsifrovaya ekonomika i tsifrovizatsiya v istoricheskoy retrospektive* [Digital economy and digitalization in historical retrospect]. November 11, 2017. Available at: <https://medium.com/cemi-ras/%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F-%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0-%D0%B8-%D1%86%D0%B8%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%B2-%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9-%D1%80%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B5-1ad034c16373> (accessed: 10.05.2019).
2. Khalin V. G., Chernova G. V. *Tsifrovizatsiya i ee vliyanie na rossiyskuyu ekonomiku i obshchestvo: preimushchestva, vyzovy, ugrozy i riski* [Digitalization and its impact on Russian economy and society: advantages, challenges, threats and risks]. *Vlast' i ekonomika: upravlenie i riski – Power and economy: management and risks*, 2018, no. 10, pp. 46–63.
3. Chu Z., Wang Q., Lado A. Customer orientation, relationship quality, and performance: The third-party logistics provider's perspective. *The International Journal of Logistics Management*, 2016, iss. 27 (sn3), pp. 738–754.
4. Carmichael S. G. *The Flash Report: The Global Digital Economy*. 29.04.2016. Available at: <https://hbr.org/2016/04/the-flash-report-the-global-digital-economy> (accessed: 22.08.2019).
5. Heinonen K. Reconceptualizing customer value: The value of time and place. *Managing Service Quality*, 2004, iss. 14 (sn2–3), pp. 205–215.
6. Zaramenskikh E. P. *Tsifrovye servisy: ikh atributy i vzaimosvyaz' s arkhitekturoy predpriyatiya. Strategii i innovatsii* [Digital services: their attributes and the relationship with the architecture of the enterprise. Strategies and innovations]. *Vestnik Finansovogo universiteta pri Pravitel'stve RF Bulletin of the Financial University under the Government of the Russian Federation*, 2018, no. 10, pp. 36–42.
7. Schrage M. *Rethinking the value of customers in a digital economy*. April 11, 2016. Available at: <https://sloanreview.mit.edu/article/rethinking-the-value-of-customers-in-a-digital-economy/> (accessed: 15.12.2020).
8. Engelsman W., Iacob M. E., Franken H. M. *Architecture-driven requirements engineering*. Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing (SAC '09). Honolulu, Hawaii, 2009, pp. 285–286.
9. Skentlberi S., Ross D., Bauridel' V. *Proektirovanie tsifrovyykh organizatsiy* [Designing digital organizations]. Available at: <https://www.bcg.com/ru-ru/about/bcg-review/design-of-digital-organizations> (accessed: 24.11.2019).
10. Aytbagina E. R., Vitvitskiy E. E. *O vliyaniy sredney tekhnicheskoy skorosti dvizheniya na proizvodstvennyuyu sebestoimost' v sovokupnosti mikro avtotransportnykh sistem perevozok грузов* [On the effect of average technical speed on production cost in a set of micro road transport systems of freight transportation]. *CredeExperto: Transport, obshchestvo, obrazovanie, yazyk Crede – Experto: Transport, society, education, language*, 2017, no. 4, pp. 32–45. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vliyaniy-sredney-tehnicheskoy-skorosti-dvizheniya-na-proizvodstvennyuyu-sebestoimost-v-sovokupnosti-mikro-avtotransportnykh-sistem/viewer> (accessed: 10.09.2020).
11. Shaykhutdinov I. F., Akhtyamov B. F. *Issledovanie vliyaniya tekhniko-ekspluatatsionnykh pokazateley na sebestoimost' gruzovykh avtomobil'nykh perevozok* [Investigation of the impact of technical and operational indicators on the cost of freight road transportation]. *Trudy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya»* [Proceedings of the II International scientific-practical conference “priority directions of science and education development”]. Penza, MTsNS «Nauka i prosveshchenie» Publ., 2018, pp. 57–60.
12. Terent'ev A. V., Prudovskiy B. D. *Vektornaya optimizatsiya* [Vector optimization]. *Trudy 2-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Innovatsionnye sistemy planirovaniya i upravleniya na transporte i v mashinostroenii»* [Proceedings of the 2-nd International sci. - pract. conf. “Innovative systems of planning and management on transport and in mechanical engineering”]. St. Petersburg, Natsional'niy mineral'no-syr'evoy universitet «Gorniy» Publ., 2014, pp. 64–66.
13. Terent'ev A. V., Prudovskiy B. D. *Metody prinyatiya resheniy v usloviyakh neopredelyonnogo sostoyaniya «vneshney sredy»* [Decision-making methods in conditions of the uncertain state of “external environment”]. *Trudy Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (26–27 maya 2016 g. «Transportnoe planirovanie i modelirovanie»)* [Proceedings of the International sci. – pract. conference May 26 – 27, 2016 “Transport planning and modeling”]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2016, pp. 145–149.