

УДК 519.813.7

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.47.4.001](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.47.4.001)

Математическое моделирование отношений агентов организационной системы

Л.В. Россихина¹, А.В. Бецков¹, В.Ф. Макаров¹, В.Д. Кондратьев²

¹Академия управления МВД России, Москва, Российская Федерация

²Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет,
Москва, Российская Федерация

Резюме. В статье рассмотрены основные типы отношений (конфликт, содействие и независимость) активных агентов, проявление которых возможно при их взаимодействии в организационной системе. Под активностью агента понимается возможность самостоятельного целеполагания, в соответствии с которым им осуществляется выбор действий и его недобросовестное поведение. Для характеристики активных агентов введено понятие функция полезности, которая определяет выбор агентом действий, позволяющих его полезность сделать максимальной. Как правило, это прибыль. Приведена математическая формализация отношений активных агентов для варианта достижения общей цели организационной системы, а также с учетом достижения локальных целей активными агентами. Для описания взаимодействия активных агентов в процессе достижения общей цели предложена матрица состояния организационной системы, позволяющая выявить существующие ядра конфликта, независимости и содействия между активными агентами. Элементами матрицы являются количественные оценки множества отношений агентов. Для определения количественных оценок множества отношений агентов разработан алгоритм, основанный на вычислении относительной невязки функций полезности, позволяющий определить характер и степень отношений агентов. Предложена авторская классификация отношений агентов по степени их проявления. Приведен пример, иллюстрирующий практическую реализацию алгоритма.

Ключевые слова: агент, множество отношений, конфликт, содействие, независимость, функция полезности, количественная оценка отношений, матрица состояния организационной системы.

Для цитирования: Россихина Л.В., Бецков А.В., Макаров В.Ф., Кондратьев В.Д. Математическое моделирование отношений агентов организационной системы. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(4). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=1661> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.001

Mathematical modeling of relations between agents of an organizational system

L.V. Rossikhina¹, A.V. Betskov¹, V.F. Makarov¹, V.D. Kondratiev²

¹Academy of Management of the MIA of Russia, Moscow, the Russian Federation

²Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University, Moscow,
the Russian Federation

Abstract: The article discusses the main types of relationships (conflict, assistance and independence) active agents, the manifestation of which is possible when they interact in the organizational system. The agent's activity is understood as the possibility of independent goal-setting, according to which he chooses actions and his unscrupulous behavior. To characterize active agents, the concept of a utility function is introduced, which determines the agent's choice of actions that allow its usefulness to be maximized, as a rule, this is profit. The mathematical formalization of the relations of active agents is given for the option of achieving the common goal of the organizational system, as well as taking into account the achievement of local goals by active agents. To describe the interaction of active agents in

the process of achieving a common goal, a matrix of the state of the organizational system is proposed, which allows to identify the existing cores of conflict, independence and assistance between active agents. The elements of the matrix are quantitative estimates of the set of agent relationships. To determine quantitative estimates of the set of agent relationships, an algorithm based on the calculation of the relative discrepancy of utility functions has been developed, which allows determining the nature and degree of agent relationships. The author's classification of agent relations according to the degree of their manifestation is proposed. An example illustrating the practical implementation of the algorithm is given.

Keywords: agent, multiple relationships, conflict, assistance, independence, utility function, quantitative assessment of relationships, matrix of the state of the organizational system.

For citation: Rossikhina L.V., Betskov A.V., Makarov V.F., Kondratiev V.D. Mathematical modeling of relations between agents of an organizational system. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2024;12(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1661> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.001 (In Russ.).

Введение

Понятие организационной системы включает активных агентов (хозяйствующих субъектов, сотрудников), объединенных совместным достижением общей цели, действующих на основе определенных правил и процедур, взаимодействующих между собой.

Основными типами отношений, возникающих в процессе взаимодействия, являются содействие, независимость и конфликт.

В изучении типов отношений можно выделить два направления: гуманитарное и естественнонаучное.

Первое направление основано на эмпирических наблюдениях, логических обобщениях, анализе целей, мотивов поведения агентов, а также на построении и использовании вербальных моделей.

Второе направление опирается на системно-аналитические подходы изучения отношений, возникающих в ходе взаимодействия, и на методы математического моделирования [1–8].

Говоря о математическом моделировании отношений агентов в организационной системе, необходимо учитывать их активность.

Согласно теории активных систем, проявлением активности агента является возможность самостоятельного целеполагания, в соответствии с которым осуществляется выбор действий, недобросовестное поведение [9, 10].

Целью исследования является поддержка принятия управленческих решений в рамках организационной системы с учетом отношений активных агентов, складывающихся в ходе их взаимодействия при достижении общей цели.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- предложить математическую формализацию отношений активных агентов при достижении общей цели организационной системы;
- разработать алгоритм определения типа отношений активных агентов организационной системы и степени их проявления.

Материалы и методы

Пусть некоторая организационная система S ($S = \{S_i\}, i = \overline{1, n}$) включает активных агентов S_i , которые в процессе достижения общей цели W взаимодействуют с учетом своих локальных целей $W_i, i = \overline{1, n}$. Будем считать, что $W, W_i, i = \overline{1, n}$ измеримы на множестве S .

Введем понятие функции полезности q . Согласно теории полезности [11], агент выбирает такие действия, которые максимизируют его полезность, как правило, его прибыль.

Будем считать, что если любые два агента $S_j, S_k \in S$ и $S_j \succ^W S_k$, то $q(S_j) > q(S_k)$. Символ \succ^W обозначает «лучше в смысле W ».

Аналогично, $S_j \succ^{W_j} S_k$, если $q_j(S_j) > q_j(S_k)$ и $S_j \succ^{W_k} S_k$, если $q_k(S_j) > q_k(S_k)$.

Можно выделить три вида взаимодействия активных агентов в процессе достижения цели организационной системы: конфликт, сотрудничество, независимость.

Агент S_k конфликтует ($> I$) с агентом S_j в смысле достижения цели W ($S_k > I S_j$), если выполняется неравенство (1):

$$q(S_j, S_k) < q(S_j, \overline{S_k}). \quad (1)$$

В формуле (1) S_k предполагает наличие действия активного агента на агента S_j , а $\overline{S_k}$ – отсутствие такого действия.

То есть присутствие агента S_k в организационной системе S снижает общую полезность достижения цели W в смысле критерия q .

Агент S_k сотрудничает ($\overline{> I_C}$) с агентом S_j в смысле достижения цели W ($S_k \overline{> I_C} S_j$), если выполняется неравенство (2):

$$q(S_j, S_k) > q(S_j, \overline{S_k}). \quad (2)$$

То есть присутствие агента S_k в организационной системе S повышает ожидаемую полезность в смысле W .

Если агент S_k не влияет на общую полезность (3):

$$q(S_j, S_k) = q(S_j, \overline{S_k}), \quad (3)$$

то агенты S_k и S_j независимы ($S_k \overline{> I_H} S_j$).

Аналогично, рассматривая взаимодействия активных агентов в достижении локальных целей, можно считать, что агент S_k конфликтует с агентом S_j в смысле достижения цели W_j ($S_k > I S_j$), если выполняется неравенство (4):

$$q_j(S_j, S_k) < q_j(S_j, \overline{S_k}). \quad (4)$$

Агент S_j конфликтует с агентом S_k в смысле достижения цели W_k ($S_j > I S_k$), если выполняется неравенство (5):

$$q_k(S_j, S_k) < q_k(S_j, \overline{S_k}). \quad (5)$$

Агент S_k сотрудничает с агентом S_j при достижении цели W_j ($S_k \overline{> I_C} S_j$), если выполняется неравенство (6):

$$q_j(S_j, S_k) > q_j(S_j, \overline{S_k}). \quad (6)$$

И соответственно, агент S_j сотрудничает с агентом S_k при достижении цели W_k ($S_j \overline{> I_C} S_k$), если выполняется неравенство (7):

$$q_k(S_j, S_k) > q_k(S_j, \overline{S_k}). \quad (7)$$

Агенты S_j и S_k независимы при достижении локальных целей W_j и W_k , если выполняются неравенства (8), (9):

$$q_j(S_j, S_k) = q_j(S_j, \overline{S_k}), \quad (8)$$

$$q_k(S_j, S_k) = q_k(S_j, \overline{S_k}). \quad (9)$$

Таким образом, локальные цели W_j, W_k нейтральны ($W_k \overline{> I_H} W_j$), если $S_j \overline{> I_H} S_k$. Если $S_j \overline{> I_C} S_k$, то цели кооперирующие ($W_k \overline{> I_C} W_j$). Если $S_j > I S_k$, то цели конкурирующие ($W_k > I W_j$).

Взаимодействия активных агентов в процессе достижения общей цели можно представить матрицей состояния организационной системы (10)

$$\Omega = \begin{pmatrix} w_{11}(\overline{> I}) & w_{12}(\overline{> I}) \dots w_{1n}(\overline{> I}) \\ w_{21}(\overline{> I}) & w_{22}(\overline{> I}) \dots w_{2n}(\overline{> I}) \\ \dots & \dots & \dots \\ w_{n1}(\overline{> I}) & w_{n2}(\overline{> I}) \dots w_{nn}(\overline{> I}) \end{pmatrix}, \quad (10)$$

где $w_{jk}(\overline{> I}), j \neq k$ – множества отношений агентов S_j и S_k ; $w_{jk}(\overline{> I}) = \emptyset, j = k$ – элементы главной диагонали; $(\overline{> I}) = \{> I, \overline{> I_C}, \overline{> I_H}\}$.

Для анализа состояния организационной системы необходимо определить количественную оценку множества отношений $w_{jk}(\overline{> I})$.

В монографии [12] предложен подход оценки множества отношений через абсолютную невязку функций полезности (11), (12):

$$\mu_{jk}(q) = q(S_j, S_k) - q(S_j, \overline{S_k}), \quad (11)$$

$$\mu_{kj}(q) = q(S_j, S_k) - q(\overline{S_j}, S_k). \quad (12)$$

Если $\mu_{jk}(q) = \mu_{kj}(q)$, то $S_j \overline{> I_H} S_k$ и $S_k \overline{> I_H} S_j$ – отношения между агентами независимые.

Если $\mu_{jk}(q) < 0$, то $S_j > I S_k$ – отношения между агентами конфликтные. Чем больше значение $|\mu_{jk}|$, тем сильнее конфликт.

Если $\mu_{kj}(q) > 0$, то $S_k \overline{> I_C} S_j$ – агенты сотрудничают. Чем больше значение $|\mu_{jk}|$, тем сильнее сотрудничество.

Данный подход приемлем для систем, количество агентов в которых не больше двух. При $n > 2$ метод определяет степень отношений множества $w_{jk}(\overline{> I})$, но не обеспечивает информативности их значимости.

Поэтому для анализа взаимодействия активных агентов в процессе достижения общей цели предложен алгоритм, основанный на вычислении оценки множества отношений как относительной невязки функций полезности.

Описание алгоритма.

Шаг 1. Вычислить оценку множества отношений активных агентов по формулам (13), (14):

$$v_{jk}(q) = \frac{\mu_{jk}}{\overline{x_{jk}}}, \quad (13)$$

$$v_{kj}(q) = \frac{\mu_{kj}}{\overline{x_{kj}}}, \quad (14)$$

где μ_{jk}, μ_{kj} – значения абсолютной невязки функций полезности, рассчитанные по формулам (11), (12), соответственно; $\overline{x_{jk}}, \overline{x_{kj}}$ – средние значения набора функций полезности, рассчитанные по формулам (15), (16), соответственно:

$$\bar{x}_j = \frac{|q(S_j, S_k) + q(S_j, \bar{S}_k)|}{2}, \quad (15)$$

$$\bar{x}_k = \frac{|q(S_j, S_k) + q(\bar{S}_j, S_k)|}{2}. \quad (16)$$

Шаг 2. Определить характер отношений активных агентов.

Если $v_{jk}(q) < 0$, то $S_k > I_{S_j}$.

Если $v_{jk}(q) = 0$, то $S_k \bar{>} I_H S_j$.

Если $v_{jk}(q) > 0$, то $S_k \bar{>} I_C S_j$.

Степени отношений определяются неравенствами (17)–(19):

$$0 < |v_{jk}(q)| \leq 0,1, \quad (17)$$

$$0,1 < |v_{jk}(q)| \leq 1, \quad (18)$$

$$|v_{jk}(q)| > 1. \quad (19)$$

Неравенство (17) означает слабовыраженный конфликт ($> I^*$), незначительное содействие ($\bar{>} I_C^*$), незначительную независимость ($\bar{>} I_H^*$).

Неравенство (18) соответствует острому конфликту ($> I^{**}$), сильному содействию ($\bar{>} I_C^{**}$), большой независимости ($\bar{>} I_H^{**}$).

Неравенство (19) характеризует бурный конфликт ($> I^{***}$), всемерное содействие ($\bar{>} I_C^{***}$), высокую независимость ($\bar{>} I_H^{***}$).

Шаг 3. Построить матрицу состояния организационной системы (10) и провести анализ с определением ядер конфликтов, независимости и сотрудничества между ее активными агентами.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим организационную систему, в составе которой находятся четыре активных агента, значения функций полезности которых приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные
Table 1 – Initial data

	S_1	S_2	S_3	S_4
S_1	2,1	3,2	0,5	4,1
S_2	3,2	1,5	2,2	3,8
S_3	0,5	2,2	0,8	1,4
S_4	4,1	3,8	1,4	1,5

Шаг 1. Значения абсолютной невязки функций полезности рассчитаем по формулам (11), (12).

$$\begin{aligned} \mu_{12} &= 3,2 - 2,1 = 1,1; \mu_{21} = 3,2 - 1,5 = 1,7; \mu_{13} = 0,5 - 2,1 = -1,6; \mu_{31} = 0,5 - \\ &0,8 = -0,3; \mu_{14} = 4,1 - 2,1 = 2; \mu_{41} = 4,1 - 1,5 = 2,6; \mu_{23} = 2,2 - 1,5 = 0,7; \mu_{32} = \\ &2,2 - 0,8 = 1,4; \mu_{24} = 3,8 - 1,5 = 2,3; \mu_{42} = 3,8 - 1,5 = 2,3; \mu_{34} = 1,4 - 0,8 = 0,6; \\ &\mu_{43} = 1,4 - 1,5 = -0,1. \end{aligned}$$

Средние значения набора функций полезности рассчитаем по формулам (15), (16).

$$\begin{aligned} \bar{x}_{12} &= \frac{|3,2+2,1|}{2} = 2,65; \bar{x}_{21} = \frac{|3,2+1,5|}{2} = 2,35; \bar{x}_{13} = \frac{|0,5+2,1|}{2} = 1,3; \bar{x}_{31} = \frac{|0,5+0,8|}{2} = 0,65; \\ \bar{x}_{14} &= \frac{|4,1+2,1|}{2} = 3,1; \bar{x}_{41} = \frac{|4,1+1,5|}{2} = 2,8; \bar{x}_{23} = \frac{|2,2+1,5|}{2} = 1,85; \bar{x}_{32} = \frac{|2,2+0,8|}{2} = 1,5; \\ \bar{x}_{24} &= \frac{|3,8+1,5|}{2} = 2,65; \bar{x}_{42} = \frac{|3,8+1,5|}{2} = 2,65; \bar{x}_{34} = \frac{|1,4+0,8|}{2} = 1,1; \bar{x}_{43} = \frac{|1,4+1,5|}{2} = 1,45. \end{aligned}$$

Оценку множества отношений активных агентов рассчитаем по формулам (13), (14).

$$\begin{aligned} v_{12} &= 0,4; v_{21} = 0,7; v_{13} = -1,2; v_{31} = -0,5; v_{14} = 0,6; v_{41} = 0,9; v_{23} = 0,4; \\ v_{32} &= 0,9; v_{24} = 0,9; v_{42} = 0,9; v_{34} = 0,5; v_{43} = -0,07. \end{aligned}$$

Шаг 2. Определим характер и степень отношений активных агентов.

$$\begin{aligned} v_{12} > 0, \text{ следовательно, } S_1 \bar{>} I_C \ S_2 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{21} > 0, \text{ следовательно, } S_2 \bar{>} I_C \ S_1 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{13} < 0, \text{ следовательно, } S_1 > I \ S_3 \text{ и } (> I^{***}); \\ v_{31} < 0, \text{ следовательно, } S_3 > I \ S_1 \text{ и } (> I^{**}); \\ v_{14} > 0, \text{ следовательно, } S_1 \bar{>} I_C \ S_4 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{41} > 0, \text{ следовательно, } S_4 \bar{>} I_C \ S_1 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{23} > 0, \text{ следовательно, } S_2 \bar{>} I_C \ S_3 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{32} > 0, \text{ следовательно, } S_3 \bar{>} I_C \ S_2 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{24} > 0, \text{ следовательно, } S_2 \bar{>} I_C \ S_4 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{42} > 0, \text{ следовательно, } S_4 \bar{>} I_C \ S_2 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{34} > 0, \text{ следовательно, } S_3 \bar{>} I_C \ S_4 \text{ и } (\bar{>} I_C^{**}); \\ v_{43} < 0, \text{ следовательно, } S_4 > I \ S_3 \text{ и } (> I^*). \end{aligned}$$

Шаг 3. Построим матрицу состояний.

$$\Omega = \begin{vmatrix} & \bar{>} I_C^{**} & > I^{***} & \bar{>} I_C^{**} \\ \bar{>} I_C^{**} & & \bar{>} I_C^{**} & \bar{>} I_C^{**} \\ > I^{**} & \bar{>} I_C^{**} & & \bar{>} I_C^{**} \\ \bar{>} I_C^{**} & \bar{>} I_C^{**} & > I^* & \end{vmatrix}$$

Анализ матрицы взаимоотношений показал, что между агентами организационной системы существует сильное содействие. Исключением является взаимодействие первого агента с третьим, которое представляет бурный конфликт. Взаимоотношение третьего агента с первым находится в стадии острого конфликта. Также слабовыраженный конфликт проявляется со стороны четвертого агента по отношению к третьему.

Заключение

В статье рассмотрены типы отношений агентов организационной системы: конфликт, содействие, независимость. Приведено математическое описание условий их проявления.

Предложен алгоритм анализа взаимодействия активных агентов в процессе достижения общей цели организационной системы, основанный на вычислении количественной оценки множества отношений, с учетом их классификации по степени проявления: слабовыраженный, острый, бурный конфликт; незначительное, сильное,

всемерное содействие; незначительная, большая, высокая независимость.

Практическое применение полученных результатов позволит повысить эффективность процессов принятия управленческих решений в рамках организационной системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Wiewiorka M. Social conflict. *Current Sociology*. 2013;61(5-6):696–713. <https://doi.org/10.1177/0011392113499487>
2. Liu J., Yu C., Li C., Han J. Cooperation or Conflict in Doctor-Patient Relationship? An Analysis From the Perspective of Evolutionary Game. *IEEE Access*. 2020;8:42898–42908. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2977385>
3. Basile C., Cappadonia A., Liroy A. Algebraic Models to Detect and Solve Policy Conflicts. In: *Computer Network Security: Fourth International Conference on Mathematical Methods, Models and Architectures for Computer Network Security, MMM-ACNS 2007: Proceedings, 13–15 September 2007, Saint Petersburg, Russia*. Heidelberg: Springer Berlin; 2007. pp. 242–247. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73986-9_20
4. Deja R. Conflict Analysis. In: *Rough Set Methods and Applications: New Developments in Knowledge Discovery in Information Systems*. Heidelberg: Physica; 2000. pp. 491–519. https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1840-6_9
5. Ismaili S., Fidanova S. Application of Intuitionistic Fuzzy Sets for Conflict Resolution Modeling and Agent Based Simulation. *International Journal BIOautomation*. 2019;23(2):175–184. <https://doi.org/10.7546/ijba.2019.23.2.000544>
6. Skowron A., Ramanna S., Peters J.F. Conflict Analysis and Information Systems: A Rough Set Approach. In: *Rough Sets and Knowledge Technology: First International Conference, RSKT 2006: Proceedings, 24–26 July 2006, Chongqing, China*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006. pp. 233–240. https://doi.org/10.1007/11795131_34
7. Сысоев Д.В. Методы анализа канонических корреляционных плеяд в отношениях конфликта в социальных группах. *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2020;(4):9–14.
Sysoev D.V. Methods for analyzing canonical correlation pleiades in conflict relationships in social groups. *Information technologies in construction, social and economic systems*. 2020;(4):9–14. (In Russ.).
8. Хвостов А.А., Журавлев А.А., Журавлев Е.А., Сысоев Д.В. Математическая модель динамики конфликта на основе Марковской цепи. *Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах*. 2019;(3-4):30–35.
Khvostov A.A., Zhuravlev A.A., Zhuravlev E.A., Sysoev D.V. Mathematical model of conflict dynamics based on Markov chain. *Information technologies in construction, social and economic systems*. 2019;(3-4):30–35. (In Russ.).
9. Burkov V.N., Enaleev A.K., Korgin N.A. Incentive Compatibility and Strategy-Proofness of Mechanisms of Organizational Behavior Control: Retrospective, State of the Art, and Prospects of Theoretical Research. *Automation and Remote Control*. 2021;82(7):1119–1143. <https://doi.org/10.1134/S0005117921070018>
10. Бурков В.Н., Буркова И.В., Даулбаева З.М., Ходунов А.М. Механизмы стимулирования при разных типах поведения агентов. В сборнике: *Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019: Материалы двенадцатой международной конференции, 01–03 октября 2019 года, Москва, Россия*. Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук;

2019. С. 1184. <https://doi.org/10.25728/mlsd.2019.1.1184>
11. Баркалов С.А., Курочка П.Н., Маилян Л.Д., Серебрякова Е.А. *Оптимизационные модели – инструмент системного моделирования*. Москва: ООО «Кредо»; 2023. 522 с.
 12. Сысоев В.В. *Конфликт. Сотрудничество. Независимость: Системное взаимодействие в структурно-параметрическом представлении*. Москва: Московская академия экономики и права; 1999. 151 с.
Sysoyev V.V. *Conflict. Cooperation. Independence. Moscow: Moscow Academy of Economics and Law; 1999. 151 p. (In Russ.)*.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Россихина Лариса Витальевна, доктор технических наук, профессор Академии управления МВД России, Москва, Российская Федерация.

e-mail: rossihina_lv@mail.ru
ORCID: [0000-0002-4822-8819](https://orcid.org/0000-0002-4822-8819)

Larisa V. Rossikhina, Doctor of Technical Sciences, Professor at the Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, the Russian Federation.

Бецов Александр Викторович, доктор технических наук, начальник кафедры Академии управления МВД России, Москва, Российская Федерация.

e-mail: aumvd10@mail.ru

Alexander V. Betskov, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of the Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, the Russian Federation.

Макаров Валерий Федорович, доктор технических наук, профессор, Академия управления МВД России, Москва, Российская Федерация.

e-mail: ovorta@mail.ru

Valery F. Makarov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, the Russian Federation.

Кондратьев Виктор Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Российская Федерация.

e-mail: k-051310@mail.ru

Viktor D. Kondratiev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University, Moscow, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 13.09.2024; одобрена после рецензирования 27.09.2024; принята к публикации 08.10.2024.

The article was submitted 13.09.2024; approved after reviewing 27.09.2024; accepted for publication 08.10.2024.