

Научная статья
УДК 656
doi: 10.46684/2687-1033.2025.2.176-181
EDN TYNGCO

Модель информационного критерия для оценки эффективности производства на различных видах транспорта

Н.В. Соловьев^{1✉}, М.Ю. Карелина^{1,2}

¹ Государственный университет управления (ГУУ); г. Москва, Россия;

² Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); г. Москва, Россия

¹ Solovyv.N@yandex.ru✉; <https://orcid.org/0009-0001-0249-437X>

² karelinamu@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0335-7550>

АННОТАЦИЯ

Разрабатывается модель прогнозирования состояния сложной транспортной системы, основанная на использовании информационного критерия для оценки эффективности действий по ее реструктуризации. В качестве параметра информационного критерия взята мера количества информации, вводимой в логистическую транспортную сложную систему для устранения неопределенности поведения как самой системы, так и отдельных событий. При этом разработанная модель обеспечивает единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, так как основана на методах прогнозирования значения влияния факторного пространства на исследуемый процесс в целях повышения эффективности системы в целом.

Ключевые слова: векторная оптимизация; информационный критерий; неопределенное информационное состояние; сложная система; логистическая транспортная система

Для цитирования: Соловьев Н.В., Карелина М.Ю. Модель информационного критерия для оценки эффективности производства на различных видах транспорта // Техник транспорта: образование и практика. 2025. Т. 6. Вып. 2. С. 176–181. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2025.2.176-181>. EDN TYNGCO.

Original article

Information criterion model for assessing production efficiency in various modes of transport

Nikolay V. Solovyov^{1✉}, Maria Yu. Karelina^{1,2}

¹ State University of Management; Moscow, Russian Federation;

² Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI); Moscow, Russian Federation;

¹ Solovyv.N@yandex.ru✉; <https://orcid.org/0009-0001-0249-437X>

² karelinamu@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0335-7550>

ABSTRACT

A model for forecasting the state of a complex transport system is being developed, based on the use of an information criterion for assessing the effectiveness of actions to restructure it. The measure of the amount of information introduced into a complex logistics transport system to eliminate the uncertainty of behavior, both of the system itself and of individual events, is taken as a parameter of the information criterion. At the same time, the developed model ensures the unity of efficiency measures in logistics transport systems, since it is based on methods for forecasting the value of the influence of factor space on the process under study in order to improve the efficiency of the system as a whole.

Keywords: vector optimization; information criterion; uncertain information state; complex system; logistics transport system

For citation: Solovyov N.V., Karelina M.Yu. Information criterion model for assessing production efficiency in various modes of transport. *Transport technician: education and practice*. 2025;6(2).176-181. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2025.2.176-181>. EDN TYNGCO.

© Н.В. Соловьев, М.Ю. Карелина, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование, как метод исследования, сводится к трем основным процедурам: определение модели объекта, экспериментирование с моделью и перенесение выводов, полученных при эксперименте с моделью, на объект (в силу симметричности отношений между объектом и его моделью). Наиболее многочисленную группу составляют статистико-вероятностные и экономико-математические модели. Статистические методы прогнозирования основываются главным образом на предположении о существовании корреляционной связи между объектами производства. То есть, когда при наличии корреляционной связи между многими событийными величинами по данным одного события хотят предсказать другое событие обычно применяют уравнения регрессии. Если есть необходимость исследовать корреляционную связь между многими событиями или величинами, то пользуются уравнениями множественной регрессии [1–10]. Применимость регрессионных уравнений в системах прогнозирования не имеет достаточного теоретического обоснования. Практика показывает, что использование регрессионных моделей допустимо лишь в тех случаях, когда существует возможность аппроксимации с приемлемой точностью ряда опытных данных и соблюдается постоянство процентного изменения рассматриваемого параметра. Трудности в определении параметров экстраполяции данных в сложных логистических транспортных системах, интегрирующих несколько видов транспорта и функционирующих в динамически неустойчивой внешней среде, вызывают необходимость применения методов прогнозирования на основе моделей эволюции или энтропийном подходе [11–15].

Как известно, любой измеритель эффективности в логистической транспортной системе в общем виде определяется двумя составляющими: численным показателем исследуемого процесса (транспортная составляющая) и значением его влияния на эффективность транспортного процесса (логистическая составляющая). Объективно повлиять на первую составляющую в текущем состоянии системы невозможно без ее реструктуризации и (или) изменения входов в систему. Вторая составляющая измерителя транспортного процесса определяется совокупностью влияния внешнего и внутреннего факторного пространства и является величиной переменной в зависимости от условий применения, в том числе и от вида транспорта. Поэтому разрабатываемый метод, обеспечивающий единство измерителей эффективности в логистических транспортных системах, должен базироваться на управлении, основанном на про-

гнозировании значения влияния факторного пространства на исследуемый процесс в целях повышения эффективности системы в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В данном исследовании отдается предпочтение моделям прогнозирования, основанным на использовании информационных критериев для оценки эффективности действий в сложных системах. В качестве одного из таких критериев может быть взята мера количества информации $I(t)$, вводимой в логистическую сложную систему для устранения неопределенности поведения как самой системы, так и для устранения неопределенности отдельных событий

$$I(t) = H_{\text{экс}}(t) - H_k(t), \quad (1)$$

где $H_{\text{экс}}(t)$ — энтропия эталонной системы, вероятность эффективной работы которой описывается экспоненциальным законом; $H_k(t)$ — энтропия исследуемой системы с определяющим параметром k , который показывает степень концентрации распределений вероятностей эффективного состояния элементов или подсистем в системе.

Характерной особенностью модели (1) служит то, что $H_{\text{экс}}(t)$ энтропия эталонной системы определения вероятности эффективной работы описывается экспоненциальным законом. Математическая запись модели имеет вид

$$H_{\text{экс}}(t) = H_{j_0} \exp(bt). \quad (2)$$

Достоверность прогноза в этом случае обусловлена тем, насколько близка к экспоненте тенденция рассматриваемого параметра [16, 17]. Этот подход применяется в упрощенном виде для прогнозирования по «асимптотической экспоненциальной модели», графическим представлением которой является так называемая «логистическая кривая», исходя из того, что модель будет иметь следующее аналитическое выражение

$$Z = \frac{a}{1 + be^{-ct}}, \quad (3)$$

где a, b, c — коэффициенты, причем $c > 0$, а значение a определяет асимптоту, к которой стремится логистическая кривая.

Логистическая модель как более гибкая по сравнению с экспоненциальной все же неточная количественная характеристика данных о развитии исследуемого параметра, а лишь отображает общие наблюдаемые тенденции в развитии этого параметра. Именно это — основной недостаток прогнозирования с применением «логистической кривой». При исследовании множества параметров, агрегатированных по нескольким видам

транспорта, применение «асимптотической экспоненциальной модели» практически невозможно. Кроме того, большая инерционность модели не позволяет быстро оценивать самые последние изменения исследуемого процесса [18]. Поэтому возникает необходимость разработки методов, направленных на получение общей закономерности развития модели.

Теоретические исследования

В этом случае в качестве параметра, отражающего степень упорядоченности системы, является информационный критерий. Информационный критерий характеризует степень приспособленности системы к определенной задаче и совпадает с понятием эффективности в системе и может характеризовать количественно один или несколько параметров, изменения которых представляют случайные процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, т.е. функционирующих в условиях неопределенности. Для применения информационного критерия в сложной логистической транспортной системе, интегрирующей несколько видов транспорта, необходимо сформировать структуру функционала, где x_{ij} — один из параметров j -го свойства, а $f_i(x_{ij})$ — функция распределения этого параметра, будем иметь выражение для оценки нескольких видов транспорта по нескольким критериям эффективности

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= A_{11} [f_{11}(x_{11})] \wedge A_{21} [f_{21}(x_{21})] \wedge \dots \\ &\quad \dots \wedge A_{m1} [f_{m1}(x_{m1})] \\ F_2 &= A_{12} [f_{12}(x_{12})] \wedge A_{22} [f_{22}(x_{22})] \wedge \dots \\ &\quad \dots \wedge A_{m2} [f_{m2}(x_{m2})] \\ &\quad \dots \\ F_n &= A_{nm} [f_{nm}(x_{nm})] \wedge A_{nm} [f_{nm}(x_{nm})] \wedge \dots \\ &\quad \dots \wedge A_{nm} [f_{nm}(x_{nm})] \\ j &= 1 \dots n, \quad i = 1 \dots m \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где m — число параметров j -го свойства, соответствующее количеству исследуемых видов транспорта; j — количество исследуемых свойств; F_n — функционал j -го свойства; A_{nm} — функционал i -го параметра для j -го свойства.

Тогда эффективность Φ_i для i -го состояния или вида транспорта логистической транспортной системы определяется по j -й совокупности свойств, общих для всех видов транспорта.

В этом случае с учетом выражения (4) получим

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^n \Phi_{ij} P(w_j), \quad (5)$$

где Φ_i — условная эффективность системы для отдельного состояния системы или вида транспорта, характеризующая набором j -й совокупности

свойств; $P(w_j)$ — вероятность проявления исследуемых свойств.

Тогда для каждого вида транспорта, исходя из формулы (5)

$$\sum_{j=1}^n P(w_j) = 1, \quad (6)$$

интеграцию нескольких видов транспорта в единую систему можно представить следующим образом

$$\left\| \begin{matrix} X_{ij} \\ P_{ij} \end{matrix} \right\| = \left\| \begin{matrix} X_{1j}, X_{2j}, X_{3j}, \dots, X_{mj} \\ P_{1j}(w_j), P_{2j}(w_j), P_{3j}(w_j), \dots, P_{mj}(w_j) \end{matrix} \right\|, \quad (7)$$

где X_{mn} — события для каждого вида транспорта, определяемые совокупностью свойств; P_{mn} — вероятности их проявления.

При этом при независимости событий неопределенность системы как источника информации может быть охарактеризована его энтропией

$$H_i(X_{mn}) = - \sum_{i=1}^m P_{ij}(w_j) \log P(w_j). \quad (8)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Математическая модель поиска максимально возможной эффективности логистической транспортной системы для отдельных участков маршрута по совокупности присущих всем видам транспорта свойств (критериев качества), основанная на аналитическом определении информационного критерия, может быть записана в следующем виде

$$\left\{ \begin{aligned} \Phi_i &= \sum_{j=1}^n X_{ij} P_j \rightarrow \max, \\ \sum_{j=1}^n P_j &= 1, \quad 0 \leq P_j \leq 1, \quad c_j \geq P_{j+1}, \quad j = \overline{1, n-1} \\ B_{ij} &= \begin{cases} \frac{A_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq m} A_{ij}}; & B_{kj} = \max_j B_{ij} \\ \frac{A_{ij}}{\min_{1 \leq i \leq m} A_{ij}} \end{cases} \\ K_{ij} &= \begin{cases} \frac{1}{c_{ij}}, & \text{если } j \leq c_{ij}, \\ 0, & \text{если } j > c_{ij}, \\ j = 1 \dots n \end{cases} \\ \Phi_i &= \sum_{j=1}^n K_{ij} B_j; \\ \Phi_{ij} &= \max_{1 \leq i \leq m} \Phi_i \end{aligned} \right. , \quad (9)$$

где X_{ij} — переменное значение параметра, принимающее текущее значение A_{ij} для исследуемого участка маршрута; B_{ij} — нормированное значение

показателя A_{ij} качественных измерителей отдельных свойств системы или критериев целеполагания; B_{kj} — максимальное значение нормированного показателя A_{ij} для отдельного вида транспорта на всей совокупности исследуемых свойств, $j = 1 \dots n$; c_{ij} — принимаемое значение индекса j , соответствующее условию: $B_{kj} = \max_j B_{ij}$; K_{ij} — значение информационного критерия, соответствующего $P(w_j)$, вероятность проявления исследуемых свойств, при котором будет реализован максимум потенциала системы; Φ_i — максимальная эффективность отдельного вида транспорта в текущем состоянии системы; Φ_{ij} — максимальная эффективность системы на отдельном участке маршрута на основании выбора максимально эффективного вида транспорта.

Обсуждение результатов

Результаты расчетов, произведенных с помощью вычислительного эксперимента, представлены в табл. 1 и сведены в таблицу EXCEL (табл. 2), на основании которых были построены графики изменения информационного состояния исследуемой системы (рисунок).

Полученные результаты расчета, продемонстрированные на графике (рисунок), однозначно подтверждают, что количественная оценка эффективности логистической системы на отдель-

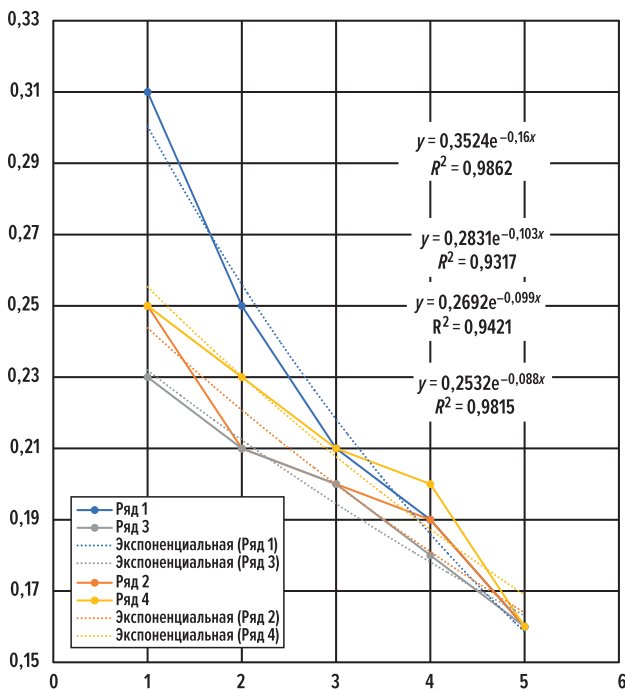


Рис. Графики изменения информационного состояния в исследуемой системе на отдельном участке в порядке убывания энтропии (снятия неопределенности) (разработаны автором)

Таблица 1

Полный спектр данных результатов расчета в виде набора предпочтений по критериям целеполагания

Номер предпочтения	Вид предпочтения	Результаты расчета эффективности
1	P1>P2>P3>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.25; D4=0.21; 3
2	P1>P2>P4>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.25; D4=0.21; 3
3	P1>P3>P2>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.18; D4=0.21; 3
4	P1>P3>P4>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.31; D3=0.18; D4=0.21; 3
5	P1>P4>P3>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.31; D3=0.21; D4=0.21; 3
6	P1>P4>P2>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.31; D3=0.21; D4=0.21; 3
7	P2>P1>P3>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4
8	P2>P1>P4>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4
9	P2>P3>P1>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.23; D4=0.20; 4
10	P2>P3>P4>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.23; D4=0.20; 4
11	P2>P4>P3>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4
12	P2>P4>P1>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.20; 4
13	P3>P2>P1>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.16; D3=0.23; D4=0.18; 4
14	P3>P2>P4>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.16; D3=0.23; D4=0.18; 4
15	P3>P1>P2>P4	D0=0.19; D1=0.16; D2=0.16; D3=0.18; D4=0.18; 1
16	P3>P1>P4>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.16; D3=0.18; D4=0.18; 1
17	P3>P4>P1>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.16; D3=0.18; D4=0.18; 1
18	P3>P4>P2>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.16; D3=0.18; D4=0.18; 1
19	P4>P2>P3>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.16; 4
20	P4>P2>P1>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.25; D4=0.16; 4
21	P4>P3>P2>P1	D0=0.21; D1=0.20; D2=0.21; D3=0.18; D4=0.16; 1
22	P4>P3>P1>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.21; D3=0.18; D4=0.16; 1
23	P4>P1>P3>P2	D0=0.23; D1=0.18; D2=0.21; D3=0.21; D4=0.16; 1
24	P4>P1>P2>P3	D0=0.17; D1=0.16; D2=0.21; D3=0.21; D4=0.16; 3

Таблица 2

Выборка результатов расчетов для отельных предпочтений соответствующих информационных ситуаций

Ряд предпочтений	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5
P1>P2>P3>P4	0,31	0,25	0,21	0,19	0,16
P2>P1>P3>P4	0,25	0,21	0,2	0,19	0,16
P3>P2>P4>P1	0,23	0,21	0,2	0,18	0,16
P4>P2>P3>P1	0,25	0,23	0,21	0,2	0,16

ном участке при использовании разработанной модели информационного критерия подчиняется убывающей экспоненциальной зависимости с высокой степенью детерминации (коэффициент детерминации во всех случаях выше 0,9). Характер полученных экспоненциальных зависимостей

подчиняется постулату снятия неопределенности, сформулированному условием постановки задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный информационный критерий дает возможность оперировать несколькими параметрами, изменения которых представляют случайные процессы, неподчиняющиеся классическим законам распределения случайных величин, т.е. функционирующих в условиях неопределенности. Математическая модель на основе информационного критерия позволяет находить максимально возможные состояния эффективности логистической транспортной системы для отдельных участков маршрута по совокупности критериев качества любых видов транспорта свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грешилов А.А., Стакун В.А., Стакун Л.А. Математические методы построения прогнозов. М.: Радио и связь, 1997. 112 с.
2. Луман Н. Введение в системную теорию. М.: Логос, 2007. 359 с.
3. Кудж С.А. Многоаспектность рассмотрения сложных систем // Перспективы науки и образования. 2014. № 1 (7). С. 38–43. EDN RVOJ TJ.
4. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. М.: Дело, 2000. 440 с.
5. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Физматлит, 2000.
6. Городецкий С.Ю., Гришагин В.А. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация. Н. Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета, 2007. 489 с. EDN SOTTUQ.
7. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. 4-е изд. М.: Вильямс, 2007. EDN QMQTDD.
8. Ногин В.Д., Протодяконов И.О., Евлампиев И.И. Основы теории оптимизации. М.: Высшая школа, 1986. 383 с.
9. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 798 с. EDN QJXRYF.
10. Антонова А.С., Аксенов К.А. Многокритериальное принятие решений в условиях риска на основе интеграции мультиагентного, имитационного, эволюционного моделирования и численных методов // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4–2 (23). С. 99. EDN PVJDHJ.
11. Мушик Э., Мюллер П. Методы принятия технических решений. М.: Мир, 1990. 204 с.
12. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. С. 9–64.
13. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.
14. Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. Моделирование систем. Объектно-ориентированный подход: учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2006. 192 с. EDN NXJBDQ.
15. Хоменюк В.В. Элементы теории многокритериальной оптимизации. М.: Наука, 1983. С. 8–25.
16. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
17. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978. С. 3–9.
18. Петровский А.Б. Теория принятия решений. М.: Академия, 2009. 398 с.

REFERENCES

1. Greshilov A.A., Stakun V.A., Stakun L.A. *Mathematical methods of constructing forecasts*. Moscow, Radio and Communications, 1997;112. (In Russ.).
2. Luhmann N. *Introduction to systems theory*. Moscow, Logos, 2007;359. (In Russ.).
3. Kudzh S.A. Multidimensionality consideration of complex systems. *Perspectives of Science and Education*. 2014;1(7):38-43. EDN RVOJ TJ. (In Russ.).
4. Shikin E.V., Chkhartishvili A.G. *Mathematical methods and models in management*. Moscow, Delo, 2000;440. (In Russ.).

5. Karmanov V.G. *Mathematical programming*. Moscow, Fizmatlit, 2000. (In Russ.).
6. Gorodetsky S.Yu., Grishagin V.A. *Nonlinear programming and multi-extreme optimization*. Nizhny Novgorod, Publishing House of Nizhny Novgorod State University, 2007;489. EDN SOTTUQ. (In Russ.).
7. Giarratano D. *Expert Systems: Design Principles and Programming. 4th ed.* Moscow, Williams, 2007. EDN QMQTDD. (In Russ.).
8. Nogin V.D., Protodyakonov I.O., Evlampiev I.I. *Fundamentals of Optimization Theory*. Moscow, Higher School, 1986;383. (In Russ.).
9. Pegat A. *Fuzzy modeling and control*. Moscow, BINOM. Laboratory of knowledge, 2009;798. EDN QJXRYF. (In Russ.).
10. Antonova A.S., Aksyonov K.A. Multicriteria decision making under risk based on the integration of multi-agent, evolutionary modeling and numerical methods. *Engineering journal of Don*. 2012;4-2(23):99. EDN PVJDHJ. (In Russ.).
11. Musik E., Müller P. *Methods of making technical decisions*. Moscow, Mir, 1990;204. (In Russ.).
12. Podinovskiy V.V., Nogin V.D. *Pareto-optimal solutions of multicriterial problems*. Moscow, Nauka, 1982;9-64. (In Russ.).
13. Saati T.L. *Decision making with dependencies and feedbacks: analytical networks*. Moscow, LKI Publishing House, 2008;360. (In Russ.).
14. Kolesov Yu.B., Senichenkov Yu.B. *Modeling of systems. Object-oriented approach: tutorial*. St. Petersburg, BHV-Petersburg, 2006;192. EDN NXJBDQ. (In Russ.).
15. Khomenyuk V.V. *Elements of the theory of multicriterial optimization*. Moscow, Nauka, 1983;8-25. (In Russ.).
16. Chernorutsky I.G. *Methods of decision-making*. St. Petersburg, BHV-Petersburg, 2005;416. (In Russ.).
17. Fishburne P. *Utility Theory for Decision Making*. Moscow, Nauka, 1978;3-9. (In Russ.).
18. Petrovsky A.B. *Theory of decision-making*. Moscow, Academy, 2009;398. (In Russ.).

Об авторах

Николай Владимирович Соловьев — научный сотрудник управления координации научных исследований; **Государственный университет управления (ГУУ)**; 109542, г. Москва, Рязанский пр-т, д. 99; РИНЦ ID: 1233643, ORCID: 0009-0001-0249-437X; Solovyv.N@yandex.ru;

Мария Юрьевна Карелина — доктор технических наук, доктор педагогических наук, профессор; **Государственный университет управления (ГУУ)**; 109542, г. Москва, Рязанский пр-т, д. 99; проректор, заведующий кафедрой «Детали машин и теория механизмов»; **Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)**; 125319, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 64; РИНЦ ID: 338320, Scopus: 56513943600, ResearcherID: E-1309-2019, ORCID: 0000-0003-0335-7550; karelinamu@mail.ru.

Bionotes

Nikolay V. Solovyov — researcher at the Department of Research Coordination; **State University of Management**; 99 Ryazansky prospect, Moscow, 109542, Russian Federation; ID RSCI: 1233643, ORCID: 0009-0001-0249-437X; Solovyv.N@yandex.ru;

Maria Yu. Karelina — Dr. Sci. (Eng.), Dr. Sci. (Ped.), Professor; **State University of Management**; 99 Ryazansky prospect, Moscow, 109542, Russian Federation; Vice-Rector, Head of the Department of “Machine Parts and Theory of Mechanisms”; **Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)**; 64 Leningradsky ave., Moscow, 125319, Russian Federation; ID RSCI: 338320, Scopus: 56513943600, ResearcherID: E-1309-2019, ORCID: 0000-0003-0335-7550; karelinamu@mail.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Николай Владимирович Соловьев, Solovyv.N@yandex.ru.

Corresponding author: Nikolay V. Solovyov, Solovyv.N@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 29.11.2024; одобрена после рецензирования 10.02.2025; принята к публикации 28.05.2025.

The article was submitted 29.11.2024; approved after reviewing 10.02.2025; accepted for publication 28.05.2025.