

Научная статья
УДК 656.138, 368.212
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-5-760-771>
EDN: PBYTVD



МЕТОДЫ ТЕОРИИ ТРАНСПОРТНЫХ МАКРОСИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ АВТОСТРАХОВАНИЯ

И.Е. Агуреев, С.А. Бурага ✉

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

✉ ответственный автор
buraga.sergey@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Введение. В статье представлены методы теории транспортных макросистем для повышения уровня технической готовности автомобильного транспорта после ДТП. Определены проблемы, приводящие к снижению эффективности транспортных систем при нахождении в ремонте за счет страховых компаний. Приведена математическая модель, в наиболее общем случае описывающая транспортную систему, состоящую из элементов – автомобилей, занимающих одно из множества состояний в СТОА. Описаны свойства элементов, находящихся в рассматриваемом объекте исследования.

Материалы и методы. В работе применяется теория транспортных макросистем, которая вытекает из известной научной дисциплины – теории макросистем. Среди ее задач имеются постановки о распределении элементов по подмножествам состояний и задачи о равновесии системы в целом. В макроскопических системах по определению стохастическое поведение большого числа элементов преобразуется в детерминированное поведение системы в целом. Макросистема является динамическим преобразователем хаотического поведения элементов в некоторое множество параметров поведения (фазовых переменных), образующих пространство небольшой размерности. Поэтому в рамках теории макросистем используются базовые понятия максимизации энтропии при равновесных состояниях системы. При этом функция распределения макросостояний выбирается в зависимости от способа заполнения элементами некоторых состояний из соответствующих подмножеств; необходимые значения априорных вероятностей и доказательства параметрических свойств моделей макросистем с различными статистиками (Ферми-, Эйнштейн- и Больцман-распределения). Дается описание объекта исследования – транспортной системы, состоящей из автомобилей, требующих ремонта на основе выполнения обязательств со стороны страховых компаний.

Результаты. В работе представлены результаты расчетов, показывающих характер зависимостей между ёмкостями множества состояний, априорными вероятностями и количеством автомобилей, находящихся на ремонте в СТОА в рамках теории транспортных макросистем. Установлены распределения автомобилей, соответствующие равновесным состояниям при выбранных исходных данных.

Обсуждение и заключение. В рамках работы решены следующие задачи: доказана возможность исследований с применением методов теории транспортных макросистем для решения задач поиска равновесия в системах автомобильного транспорта после ДТП. Определены проблемы взаимодействия СТОА и Страховщика в области организации и согласовании стоимости восстановительного ремонта поврежденных автомобилей. Предложены подходы к организации взаимодействия СТОА и Страховщика в области проведения ремонта поврежденных автомобилей по автострахованию, основанные на возможностях математического моделирования при обосновании методик.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортная макросистема, равновесие в транспортной системе, коэффициент технической готовности, автострахование, станция технического обслуживания

БЛАГОДАРНОСТИ: коллектив авторов выражает благодарность анонимным рецензентам и благодарит редакцию журнала за обработку статьи и возможность её опубликования.

Статья поступила в редакцию 17.03.2025; одобрена после рецензирования 03.09.2025; принята к публикации 21.10.2025.

© Агуреев И.Е., Бурага С.А., 2025



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.**

Для цитирования: Агуреев И.Е., Бурара С.А. Методы теории транспортных макросистем для решения задач динамики массового обслуживания для автострахования // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22, № 5. С. 760-771. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-5-760-771>

Origin article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-5-760-771>

EDN: PBYTVD

METHODS OF THE THEORY OF TRANSPORT MACROSYSTEMS FOR MASS SERVICE DYNAMICS AND AUTO INSURANCE

Igor E. Agureev, Sergey A. Buraga ✉
Tula State University,
Tula, Russia
✉ corresponding author
buraga.sergey@yandex.ru

ABSTRACT

Introduction. The article presents methods of the theory of transport macrosystems for increasing the level of technical readiness of motor transport after an accident. The problems leading to a decrease in the efficiency of transport systems during repairs at the expense of insurance companies have been identified. A mathematical model is given to describe a transport system consisting of elements – vehicles and their numerous states at the service station. The properties of the elements under the study have been described.

Methods and materials. The theory of transport macrosystems has been used, which is based on the theory of macrosystems, a well-known scientific theory. Among its tasks there are statements about the distribution of elements into subsets of states and problems of the equilibrium of the entire system. In macroscopic systems, by definition, the stochastic behavior of a large number of elements is transformed into the deterministic behavior of the system. A macrosystem is a dynamic converter of the chaotic behavior of elements into a set of behavior parameters (phase variables) forming a small-dimensional space. Therefore, within the framework of the theory of macrosystems, the basic concepts of maximizing entropy at equilibrium states of the system are used. In this case, the macrostate distribution function is selected depending on the method of filling elements of some states from the corresponding subsets; the necessary values of a priori probabilities and evidence of parametric properties of models of macrosystems with various statistics (Fermi, Einstein and Boltzmann distributions). The description of the research object is given, which is a transport system consisting of vehicles that require repair based on the fulfillment of obligations by insurance companies.

Results. The paper presents the results of calculations which have demonstrated the nature of the dependencies between the capacities of multiple states, a priori probabilities and the number of cars under repair at the service station within the framework of the theory of transport macrosystems. The distributions of vehicles corresponding to the equilibrium states with the selected initial data are established.

Discussion and conclusion. Within the framework of this investigation, the following tasks have been solved: the possibility of research based on the methods of the transport macrosystems theory to solve the problems of finding equilibrium in road transport systems after an accident has been proved; some problems have been identified in interaction between the service station and the Insurer in approving the cost of repair for damaged vehicles. Some approaches to provide interaction between the service station and the Insurer in the field of repair of damaged vehicles for auto insurance based on the possibilities of mathematical modeling in substantiating the methods have been proposed.

KEYWORDS: transport macrosystem, equilibrium in the transport system, coefficient of technical readiness, auto insurance

ACKNOWLEDGEMENTS. The authors would like to thank the anonymous reviewers and the editorial council of The Russian Automobile and Highway Industry Journal.

© Agureev Igor E., Buraga Sergey A., 2025



Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

The article was submitted: March 17, 2025; approved after reviewing: September 03, 2025; accepted for publication: October 21, 2025.

All authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Agureev I.E., Buraga S.A. Methods of the theory of transport macrosystems for mass service dynamics and auto insurance. The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2025; 22 (5): 760-771. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-5-760-771>

ВВЕДЕНИЕ

В функционировании городских наземных транспортных систем большое значение имеют бизнес-процессы, связанные с управлением технической готовностью автомобильного транспорта, в том числе при решении этой задачи за счет взаимодействия со страховщиками. Основная цель, которая интересует в данной работе, заключается в том, чтобы исследовать влияние указанных процессов на эффективность работы непосредственно транспортной системы. Существующая проблема заключается в том, что ремонт автомобилей за счет страховых выплат сопровождается временными затратами, которые снижают коэффициент технической готовности автомобиля и в итоге коэффициент использования автомобиля. Для того чтобы цель исследования была достигнута, разработаны задачи, которые необходимо решить для этого. Среди задач выделяется краткий обзор публикаций по теме исследования, описание системы – объекта исследования, выбор теории, на базе которой строится математическая модель, выполнение расчетов и разработка предложений по совершенствованию работы транспортной системы. В данной публикации мы демонстрируем работоспособность математической модели и планируем дальнейшую работу.

Систему взаимодействия можно представить как треугольник со сторонами: Клиент, Страховщик, станция технического обслуживания автомобилей (СТОА). Функционирование данной системы направлено на организацию и проведение восстановительного ремонта автомобилей.

Функционирование всех из перечисленных подсистем даже на предварительном этапе анализа представляется крайне сложным процессом. По нашему мнению, эта сложность возникает по следующим причинам:

- 1) изменения в области страхового законодательства;
- 2) неустойчивость экономической ситуации;
- 3) рост автомобильного парка;
- 4) случайный характер возникновения страховых случаев;

5) нераскрытая взаимосвязь между характеристиками подсистем, вовлеченных в указанное выше взаимодействие.

Работа [1] имеет существенное значение для тематики нашего исследования, так как в ней приводится подход к учету работы страховой компании, по сути, в нестационарных условиях. Это очень важно и в отношении страховых компаний, работающих в сфере автострахования, так как в ней заметна конкуренция, имеются некоторые риски для превышения прогнозного уровня убыточности, связанные со случайными колебаниями количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП), непредвиденными природными катаклизмами, усложнением общей дорожно-транспортной ситуации и др. Таким образом, при моделировании выбранного объекта исследования естественно требуется учитывать динамический характер работы страховых компаний, заключающийся в том, что последняя все время может изменять число заключенных договоров и корректировать тарифную ставку. Все это нацелено на то, чтобы получать требуемый уровень доходности компании и не допускать в то же время невыполнение обязательств по урегулированию страховых случаев для владельцев автомобилей.

Отдельные работы посвящены моделированию страховой компании как системы массового обслуживания [2]. При этом входящие потоки событий – это заявки на выплату страховых сумм. Разработанные здесь модели содержат характеристики потоков событий – моментов поступления страховых премий и страховых выплат, которые в целом определяют динамику финансового состояния страховой компании. При таком подходе необходимо, конечно же, иметь хотя бы оценочные данные об интенсивностях этих потоков событий. Для наших задач важно, что рассматриваемая в целом система (макроскопическая транспортная система, имеющая на выходе некоторый поток заявок на обслуживание в страховой компании и затем – в сервисные организации по ремонту автомобилей) имеет вероятностный характер функционирования,

но, что еще более важно, она создает поток заявок на ремонт с определенными правилами заполнения свободных мест в сервисных организациях. Если рассмотреть предельный случай – равновесие в такой системе, то поиск равновесного состояния представляет собой важный с практической и теоретической стороны вопрос.

Часть работ [3, 4] касается проблем управления деятельностью станций технического обслуживания автомобилей. Нами были выбраны и рассмотрены те публикации, которые так или иначе связаны с процессами принятия решений при ремонте, снабжении запасными частями, новыми технологиями, ускоряющими деятельность таких компаний в целом. Это важно с точки зрения того, каким образом следует разрабатывать методики, сокращающие длительность пребывания заявок в ремонте. Такие методики должны ориентироваться как на стохастичность потоков заявок, так и на инновационные технологии, снижающие возникающие от этого риски. Другая часть работ [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11] посвящена вопросам проектирования и оптимизации СТОА с помощью современных информационных технологий, что приводит к росту привлекательности конкретных СТОА, например, в работе [5] рассматривается проектирование клиентской зоны, а в статье [6] используются BIM-технологии при проектировании СТОА. В целом работы авторов [5, 6] направлены на повышение эффективности использования помещений СТОА и общей привлекательности предприятия. Процессы имитационного моделирования являются важной компонентой при проектировании технического обслуживания, на что указывает и ряд зарубежных исследований [8, 9, 10, 11].

Другой частью рассматриваемой в настоящей работе системы является страховая компания, которая взаимодействует как с клиентом, так и со СТОА. Следует указать, что процессы, происходящие в страховом бизнесе, напрямую влияют на восстановление автомобилей после ДТП. Поэтому было важно рассмотреть некоторые особенности динамики страховых компаний, особенно действующих в области автострахования. В целом результаты демонстрируют [12], что работа страховщиков происходит в достаточно сложной системе, которая требует учета самых различных факторов, порой трудно формализуемых и имеющих чаще всего экспертное решение. Тем не менее основной вывод, который мы могли бы сделать уже сейчас, заключается в том, что процессы возникновения заявок на

ремонт и процессы обслуживания заявок – основные источники стохастичности, которые должны учитываться в достаточной степени, чтобы сокращать потери времени в ремонте автомобилей для транспортных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В этом разделе дается описание объекта исследования – транспортной системы, состоящей из автомобилей, требующих ремонта на основе выполнения обязательств со стороны страховых компаний. Учитывая, что в каждом регионе имеется большое число участников таких систем, взаимодействующих с целыми группами страховых компаний (Страховщиков) и станций технического обслуживания, транспортная система вместе с указанными операторами организации и выполнения восстановительного ремонта автомобилей может рассматриваться нами как макроскопическая, которая должна изучаться соответствующими методами теории макросистем [13]. Это дает возможность находить равновесия транспортной макросистемы, в которых учитывается взаимосвязанный характер процессов поступления автомобилей в ремонт. Такие процессы зависят от ряда количественных параметров, определяющих результат достижения равновесия макросистемы, например, от «емкости» обслуживаемых систем, наличия достаточного числа мест для ожидания в очереди, качества обслуживания и интенсивности выполнения операций. В теории макросистем принято использовать энтропийные методы расчета равновесий, зависящих, таким образом, от емкостей состояний, априорных вероятностей заполнения состояний элементами, а также от величины удельных расходов ресурсов в макросистеме. Ниже мы более детально опишем эти понятия.

При этом с практической точки зрения необходимо учитывать ряд существующих проблем, на устранение которых должны быть направлены теоретические исследования:

- длительные сроки ремонта автомобиля;
- низкое качество проведенных ремонтных работ (нередко под давлением Страховщика, для экономии средств последнего);
- отказ СТОА выдать отремонтированный автомобиль собственнику (законному представителю собственника) в связи с отсутствием оплаты ремонта Страховщиком;
- отказ СТОА в приемке автомобиля в ремонт по выданному Страховщиком направлению в ремонт из-за финансовых или каких-либо иных разногласий со Страховщиком.

Не редки случаи отказа в ремонте автомобиля даже после приемки последнего в связи с теми же разногласиями со Страховщиком.

Указанные и другие подобные им проблемы приводят в результате к существенному снижению эффективности транспортных систем за счет уменьшения коэффициента технической готовности. Таким образом, требуется математическая модель транспортной системы, которая должна отражать процессы поступления автомобилей на СТОА в зависимости от качества ремонтных работ в СТОА и интенсивности их выполнения. Для достижения цели настоящей статьи необходимо выявить закономерности, которые позволяют количественно оценить последствия внедрения мероприятий, направленных на уменьшение влияния перечисленных проблем.

Необходимо дать краткую характеристику основных подходов теории макросистем: множество элементов (автомобилей), множество состояний системы, их рабочих мест и ресурсов (те же автомобили, но «привязанные» к страховой компании (СК)), для того чтобы на этой основе представить математическую модель объекта исследования. Динамика системы заключается в том, что элементы заполняют имеющиеся в системе состояния из некоторого множества, при этом соблюдаются те или иные правила, которые соответствуют типу системы. Так, Ю.С. Попков¹ выделяет четыре основных типа макросистем: E-, B-, F- и P-системы. Для E-системы (Эйнштейн-система) имеется возможность нахождения неограниченного числа элементов в одном и том же состоянии. Примером может служить число автомобилей, находящихся в одном и том же перегоне дорожной магистрали, или число пассажиров, перемещающихся в одном составе метропоезда и т.п. Для B-системы считается, что в одном и том же состоянии может находиться небольшое число элементов. Так, Больцман-системой можно представить очередь к колонке автозаправки или число пассажиров, находящихся на остановке при отсутствии пиковых потоков. В случае Ферми-системы в каждом состоянии может находиться только один элемент. Таких случаев в транспортных системах много там, где для каждого элемента четко выделено его возможное положение: парковочные места, места для сидения пассажиров и т.п. Параметрическая система (P-система) отличается от по-

следней тем, что существует четкий параметр, который задает число элементов, которые могут находиться в одном состоянии. Например, на СТОА может быть несколько мест для ожидания автомобилей в очереди, несколько зон диагностики, технического обслуживания и т.п. Таким образом, нам необходимо определить, какой вариант макросистемы будет применяться в рассматриваемой системе.

Перечислим элементы, которые имеются в рассматриваемом объекте исследования:

- Автомобили, ожидающие ремонта. Это те поврежденные автомобили, по которым подано заявление Страховщику на организацию и проведение восстановительного ремонта, но направление на ремонт еще не выдано, в связи с проверкой Страховщиком предоставленных документов по страховому событию, имеющему признаки страхового случая.

- Автомобили, находящиеся в процессе ремонта. Это поврежденные автомобили, по которым Страховщик рассмотрел заявление о повреждении автомобиля, признал случай страховым, а также выдал направление на ремонт на СТОА. В этом случае СТОА может еще не приступить к ремонтным работам, но принять автомобиль по направлению от Страховщика, начать составлять смету стоимости восстановительного ремонта для направления её на согласование Страховщику. Автомобили занимают места для ожидания в очереди, для ремонта (по отдельным его операциям). Ситуация напоминает работу многофазной системы массового обслуживания (СМО), но нас в рамках теории макросистем больше интересует равновесное состояние в целом, а не отдельные характеристики СМО.

- Отремонтированные автомобили. Это отремонтированные автомобили, переданные собственнику/представителю собственника и не оплаченные Страховщиком.

Применительно к СТОА этот подход означает, что для каждой фазы (приемка, диагностика, разборка, ремонт, окраска, сборка, выдача автомобиля и др.) предусмотрено некоторое число рабочих мест, каждое из которых может занимать только один автомобиль. На практике часто бывает, что для каждой фазы предусмотрено число рабочих мест $S_i > 1$ и некоторое число мест для ожидания в очереди. Поэтому мы будем пользоваться вариантом P-системы. Величина параметра p и будет задавать это число для каждой фазы.

¹ Попков Ю.С. Теория макросистем. Равновесные модели. 2-е изд. М.: Издательство УРСС, 2013. 320 с.

Постановка задачи теории макросистем (модель). Поскольку мы не имеем возможности получить или рассчитать данные о каждом элементе системы, то динамика макросистемы – это динамика того, как изменяются числа заполнения подмножеств состояний без идентификации этих элементов, считая, что они не отличаются друг от друга. Это основное допущение модели. Применительно к транспортной макросистеме в целом, мы должны отметить, что динамика каждого отдельного элемента в макросистеме уже не определена. Ее нельзя вычислить или выделить. Остается исключительно динамика самой системы, где случайное поведение элементов преобразовано в ее детерминированное поведение. Эта динамика имеет самостоятельное значение, поскольку относится к макроскопическим параметрам. В то же время для описания этой макродинамики важна природа микроскопического поведения, так как именно на этом уровне формируется результат взаимодействия элементов транспортной системы между собой. Все случайные возмущения складываются в соответствующую динамику макроскопического уровня.

На макроуровне динамика представляется изменением чисел заполнения подмножеств состояний; эти числа являются функциями времени. Запишем теперь математическое описание приведенных здесь подходов для случая стационарного состояния, как это описано в работе [14] для Р-системы. Результатом является формулировка модели макросистемы, позволяющей рассчитывать равновесие системы, то есть число автомобилей, распределенных по отдельным подмножествам состояний.

В настоящей статье впервые приведена математическая модель, которая в наиболее общем случае описывает транспортную систему, состоящую из элементов – автомобилей, занимающих одно из множества состояний в СТОА:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{\Gamma} = \tilde{\Gamma}(t); \\ \boldsymbol{\rho} = \boldsymbol{\rho}(t); \\ \boldsymbol{q} = \boldsymbol{q}(t); \\ \tau_0 \leq t \leq \tau_0 + \Delta\tau; \Delta\tau = \sum_{k=1}^K \Delta\tau_k; \\ \boldsymbol{V}(t) = \{V_1, \dots, V_\alpha, \dots, V_p : V_\alpha = \sum_{v=1}^{v_f} n_v(t) | v \in r_\alpha\}; \\ v = 1, \dots, v_f(t); \\ \pi_v = \pi_v(t); \\ \boldsymbol{\Pi}(t) = \{\pi_1(t), \dots, \pi_\beta(t), \dots, \pi_{v_f}(t)\}; \\ \boldsymbol{G}(t) = \boldsymbol{g}_v \otimes \boldsymbol{\Pi}(t) \leq \boldsymbol{G}^*; \\ H(\boldsymbol{V}^*(\Delta\tau_k)) = - \sum_{n=1}^m V_n \ln \frac{V_n}{a_n} - (G_n + V_n) \ln(G_n + V_n) \rightarrow \max, \end{array} \right.$$

где k – индекс (номер) интервала времени $\Delta\tau_k$; K – число временных интервалов $\Delta\tau_k$; $\tilde{\Gamma}$ – граф системы, содержащий связи между всеми страховщиками и сервисными организациями; $\boldsymbol{\rho}$ – матрица связей бизнес-процессов; \boldsymbol{q} – матрица соответствующих связям пропускных способностей; t – непрерывное время; $\boldsymbol{V}(t)$ – множество, каждый из элементов которого равен числу автомобилей, находящихся в момент времени t в ремонте α ; V – индекс автомобиля (его уникальный идентификатор); $v_f = N_a$ – наибольший индекс автомобиля, соответствующий количеству автомобилей в текущий момент времени; π_v – уравнение процесса обслуживания для v -го автомобиля, определяющее долю выполненной заявки на обслуживание; $\boldsymbol{\Pi}(t)$ – множество, состоящее из отдельных уравнений процесса обслуживания β – индекс процесса; $\boldsymbol{G}(t)$ – векторная функция расходования ресурса(-ов); \boldsymbol{g}_v – вектор удельных расходов ресурса для каждого автомобиля; H – информационная энтропия транспортной системы; \boldsymbol{G}^* – вектор ограничений на расход ресурсов; a_n – априорные вероятности нахождения элемента в состоянии n ; G_n – емкость состояния n ; n – порядковый номер состояния элементов; m – общее число различных состояний.

Представленная здесь модель транспортной системы оперирует с множеством уравнений процесса обслуживания. Поскольку имеется переменная времени, но на каждом относительно малом интервале времени реализуется гипотеза о равновесии системы, то модель можно отнести к классу квазидинамических. Будем считать, что формулы образуют замкнутую систему уравнений и неравенств с учетом неуказанных здесь вспомогательных соотношений. Тогда соотношения образуют постановку задачи оптимизации процесса обслуживания, если в качестве критерия оптимальности выбрать минимум расходования ресурсов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В работе были выполнены расчеты с помощью разработанной авторами статьи программ, составленной на основе алгоритмов из книги Ю.С. Попкова [12], которая позволяет рассчитывать равновесие R-системы. Цель расчета – показать влияние величин, от которых может зависеть равновесие. Эти расчеты послужат затем обоснованием для методик, разработанных с целью повышения коэффициентов технической готовности транспортных систем. Полученные результаты показывают

характер зависимостей между ёмкостями и априорными вероятностями и количеством автомобилей, находящихся на ремонте в СТОА (результатом). Ниже используются следующие обозначения:

α – априорная вероятность. Априорная вероятность есть оценка исследователя того, что изучаемое событие произойдет (элемент займет некоторое состояние из известного подмножества), основанная на теоретической точке зрения или на основе ранее проведенных наблюдений;

R – количество одновременно находящихся автомобилей в каждой конкретной фазе (приемка, дефектовка, кузовной ремонт и т.д.).

Ёмкости СТОА показывают, какое максимальное количество автомобилей одновременно может обслуживать СТО.

Ресурсы показывают количество поступающих в ремонт автомобилей от страховых компаний.

Показатели, которые различны в разных группах СТОА: станции были ранжированы в четырех категориях в зависимости от размера СТОА, ее специализации и степени партнерских отношений со страховой компанией. Каждой группе СТОА присвоено свои значения показателей и сведены в таблицу.

Таблица
Категории СТОА
Источник: составлено авторами.

Table
STOA categories
Source: compiled by the authors.

Категория СТОА	Количество СТОА	Характеристики СТОА	Распределение потока автомобилей по СТОА	Комментарий
1	3	СТОА официального дилера	30% от общего числа. Направляются на ремонт гарантийные и негарантийные ТС	Все страховые компании работают (направляют на ремонт) в эти СТОА, взамен официальный дилер заключает договора страхования (как агент) на проданные автомобили
2	3	СТОА, не являющиеся официальным дилером и специализирующиеся на кузовном ремонте	30 % от общего числа. Направляются на ремонт как гарантийные, так и негарантийные автомобили, т.к. цены ниже, чем у официальных дилеров	Все страховые компании работают (направляют на ремонт) в эти СТОА, т.к. цены в них ниже, чем у официального дилера
3	9	СТОА, не являющиеся официальным дилером и выполняющие любые работы	30% от общего числа. В основном постгарантийные автомобили. Цены на ремонт равняются 2-й категории или ниже	Большинство страховых компаний работают с данными СТОА, т.к. цены на уровне СТОА 2-й категории или ниже (как правило, выполняют ремонт средней или легкой сложности)
4	5	СТОА, не являющиеся официальным дилером и выполняющие любые работы (небольшие СТОА)	10% от общего числа. Постгарантийные автомобили, преимущественно с ремонтом легкой сложности. Цены на ремонт равняются категории 3 или ниже	Страховые компании со СТОА данной категории работают по «остаточному принципу», цены на уровне СТОА 3-й категории или ниже. Ремонт легкой сложности

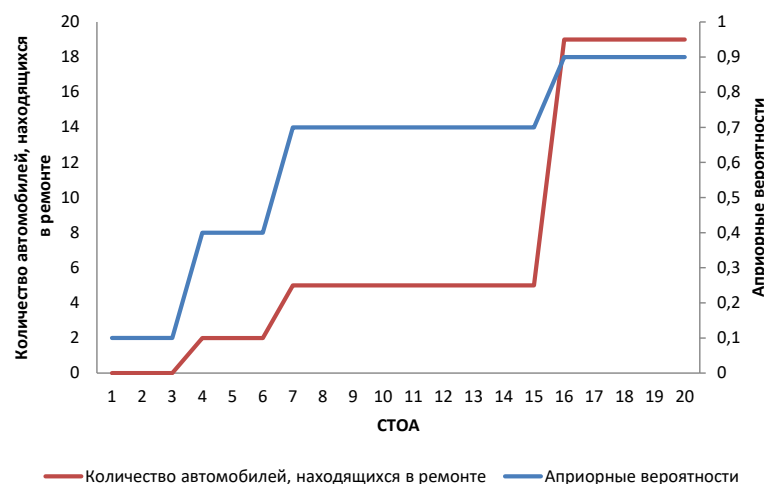


Рисунок 1 – Влияние априорной вероятности на количество автомобилей, находящихся в ремонте
Источник: составлено авторами.

Figure 1 – The effect of a priori probability on the number of cars under repair
Source: compiled by the authors.

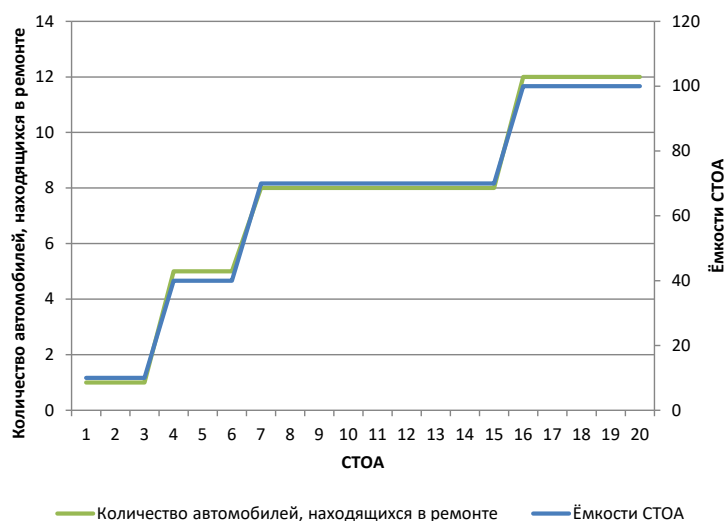


Рисунок 2 – Влияние величины ёмкости состояний на количество автомобилей, находящихся в ремонте
Источник: составлено авторами.

Figure 2 – The effect of the capacity of states on the number of cars under repair
Source: compiled by the authors.

На рисунке 1 показано, что при росте априорной вероятности (разные значения в каждой группе СТОА) растёт количество автомобилей, находящихся в ремонте на СТОА, однако не указаны показатели ёмкости, ресурсов и удельного расхода ресурсов, так как они приняты одинаковыми для всех СТОА (подмножества состояний). Значения показателей при построении графика: ёмкости – 50; априорные вероятности – 0,3, 0,3, 0,3, 0,1; ресурсы – 10; удельный расход ресурсов – 0,04.

На рисунке 2 видно, что при увеличении ёмкости СТОА растёт количество автомобилей, находящихся в ремонте. Не показаны графики для априорных вероятностей и удельных расходов ресурсов, так как эти показатели выбраны одинаковыми для всех СТОА (подмножества состояний). Значения показателей при построении графика: ёмкости – 10, 40, 70, 100; априорные вероятности – 0,4; ресурсы – 10; удельный расход ресурсов – 0,04.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предварительный анализ показал возможность исследований с применением методов теории транспортных макросистем для решения задач поиска равновесия в системах массового обслуживания. Практически полное отсутствие научных работ по рассматриваемой теме, а именно рассмотрение системы взаимодействия, которую можно представить как «треугольник» со сторонами: Клиент, Страховщик, СТОА, функционирование которой направлено на организацию и проведение восстановительного ремонта автомобилей. Чаще можно найти работы, которые посвящены отдельно тематике СТОА и страховых компаний, работающих в сфере автострахования. Так, наиболее актуальными являются вопросы, связанные с ценовой политикой автострахования [15], использования телематических технологий [16, 17], прогнозных моделей премиальных выплат [18]. Телематика как технология в автостраховании известна и среди российских исследователей [19] как инновационная форма ведения бизнес-процессов. Все перечисленное ставит вопрос по поводу применения используемых в настоящей статье результатов, так как они имеют большое значение при математическом моделировании всей системы «Клиент-Страховщик-СТОА» на макроуровне, что соответствует региональным системам. При этом существенным является именно объединенный подход, в котором процессы Страховщика становятся необходимым элементом, влияющим на работу всей совокупности СТОА. Таким образом, модели организации работ по послеаварийному ремонту автомобилей на уровне математических моделей, обеспечивающих поиск равновесных распределений клиентов по СТОА должны учитывать особенности функционирования Страховщиков.

Итак, данные результаты могут быть применены при разработке новой модели взаимодействия СТОА и Страховщика в области организации и проведения ремонта поврежденных автомобилей по автострахованию, позволяющей сократить время простоя автомобилей в ремонте.

Совокупность СТОА представляет собой множество состояний, а каждая СТОА – конкретное состояние, заполняемое некоторым числом автомобилей. Емкость каждой СТОА для заполняющих данное состояние автомобилей обозначим G_i , где i – номер СТОА. Смысл данной величины заключается в том, что оно представляет собой число одновременно об-

служиваемых автомобилей с кузовным ремонтом (а также с другими дополнительными видами ремонта, сопровождающего кузовной), направленных от страховых компаний. Таким образом, емкость G_i непосредственно влияет на скорость ремонта автомобилей.

Отдельные простейшие работы по обслуживанию автомобилей, такие как уборка, очистка кузова, кабины, мойка автомобиля и его заправка топливом и другими материалами, а также внешний технический контроль могут быть выполнены самими владельцами-водителями автомобилей. Однако ряд серьезных работ по обслуживанию автомобилей и восстановление утраченной работоспособности их агрегатов, узлов, деталей и систем, требующих использования средств технического контроля, специальных оборудований и инструментов, выполняются в специальных обслуживающих предприятиях и мастерских, силами специально подготовленных работников.

Современный автосервис во многих странах мира располагает широко разветвленной и хорошо налаженной сетью предприятий как по обслуживанию автомобилей, так и по торговле или запасными частями и материалами к ним, а также их хранению. Социально-экономическое значение автосервиса заключается в том, что он, являясь составной частью системы автомобильного транспорта независимо от формы его собственности, служит обеспечению бесперебойности, регулярности, надежности, безопасности и экономичности автомобильных перевозок. Заметим, что вопросы повышения безопасности поведения водителей становятся, как ни странно, частью бизнеса Страховщика. Так, многие зарубежные работы посвящены теме риск-менеджмента, опирающегося на данные о поведении водителя, полученные напрямую от телематических систем и исследуемые машинным интеллектом [20, 21, 22, 23, 24]. Это означает, что цепочка связей в системе «Клиент-Страховщик-СТОА» замыкается не только в направлении «Клиент-Страховщик», но и в направлении «Страховщик-Клиент», где у Страховщика появляются новые данные о поведении водителей и возможность влиять на безопасность транспортного процесса практически в режиме реального времени. В этом процессе, представляющем явный системный характер, не последнее значение имеет проблема удержания клиентов [25], а также технологий мониторинга вождения [26]. Все это указывает на то, что в исследуемой системе вопросы ее устойчивости выходят на новый

уровень, когда безопасность вождения становится управляющим параметром со стороны именно Страховщика, а не участников дорожного движения. Сокращающаяся за счет этого аварийность приводит к более стабильной работе страховых компаний, а следовательно, и к более полному покрытию убытков и к более качественному и быстрому восстановлению автомобилей. Работа СТОА теперь имеет все возможности к более точному и тонкому планированию загрузки со стороны Клиентов.

Следовательно, при «более тесном сотрудничестве» СТОА и Страховщика кардинальных изменений в целях СТОА не будет. Однако с большой долей вероятности будет смещение приоритетов к скорости ремонта (оказываемых услуг) и повышению качества ремонта.

На сегодняшний день проблемы взаимодействия СТОА и Страховщика сводятся к оперативности согласования объема и стоимости восстановительного ремонта поврежденного автомобиля. Также Страховщик не гарантирует конкретный СТОА постоянный поток в ремонт поврежденных автомобилей, а выбирает из списка СТОА – партнеров.

При «более тесном сотрудничестве» поток поврежденных автомобилей в ремонт будет выше, соответственно загрузка СТОА увеличится. Одновременно уменьшится время ремонта за счет сокращения простоя автомобилей в ремонте на время, необходимое на согласование объема и стоимости ремонтных работ и необходимых запасных частей (при их необходимости).

Более тесное взаимодействие СТОА и Страховщика. Возможны разные варианты взаимодействия: например, на основании договора или в другом варианте Страховщик организывает работы своего собственного СТОА как обособленного подразделения компании. Следовательно, возможные эффекты от применения теории и моделей выглядят как:

- сокращение простоя автомобилей в ремонте;
- повышение качества оказываемых услуг;
- уменьшение затрат Страховщика на оплату ремонта поврежденных автомобилей;
- снижение стоимости автострахования за счет сниженных затрат Страховщика на выплату страхового возмещения (оплату стоимости восстановительного ремонта).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тетин И.А. Моделирование стратегии страховой компании в условиях цикла страховой деятельности // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2017. № 38. С. 122–136.
2. Даммер Д.Д. Математическая модель страховой компании в виде системы массового обслуживания с неограниченным количеством приборов с учетом единовременных страховых выплат // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2016). 2016. С. 18–23.
3. Николайчева А.М. Тренды цифровизации и автоматизации процессов станций технического обслуживания // Управленческий учет. 2021. №. 7(2). С. 462–468.
4. Мамедов Э.Н. Теоретико-игровая оптимизация методов страхования в сфере автотранспорта // SCIENCE AND WORLD. 2013. С. 145.
5. Нестеренко И.С., Нестеренко Г.А., Бугров В.С. Проектирование клиентской зоны, позволяющей повысить спрос на услуги станций технического обслуживания автомобилей // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. №1(115). С. 55–58. DOI: 10.23670/IRJ.2022.115.1.112
6. Нестеренко Г.А., Нестеренко И.С., Залознов И.П. Использование BIM-технологий для повышения эффективности разработки и эксплуатации предприятий по обслуживанию и продажам автомобилей // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 11 (137). С.1–6. DOI: 10.23670/IRJ.2023.137.14
7. Захаров Н.С., Козин Е.С. Технологическое проектирование станций технического обслуживания автомобилей с использованием генетических алгоритмов // International Journal of Advanced Studies: Transport and Information Technologies. 2024. 14 (2). С.104–119. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-2-296
8. Phi-Hung Nguyen. Automotive Service Quality Investigation Using a Grey-DEMATEL Model // Computers, Materials & Continua. 2022. 73 (3). pp. 4779-4800. DOI: 10.32604/cm.c.2022.030745
9. Revina I.V., Trifonova E.N. Car Service Optimization Based on Simulation // Journal of Physics: Conference Series. 2021. 1791(01). 012084. DOI: 10.1088/1742-6596/1791/1/012084
10. Bugrimov V., Sarbaev V. Optimization of the system of management of stores of the car service with the help of imitation simulation // MATEC Web of Conferences 334. 2021; 01022. DOI: 10.1051/mateconf/202133401022
11. Krynke M., Mazur M. Innovative Work Order Planning with Process Optimization Using Computer Simulation in the Automotive Industry, in the Case of Repair Workshops // Periodica Polytechnica Transportation Engineering. 2024. DOI: 10.3311/pptr.23546
12. Будникова И.К., Марданова А.М. Моделирование финансовой деятельности страховой компании // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. №1. С. 24–27.
13. Попков Ю.С. Концепция энтропии в системном анализе // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции-биеннале / под общей ред. Г.Б. Клейнера, С.Е. Щепетовой. М.:

Прометей. 2018. С. 27–28. DOI: 10.33278/SAE-2018.rus.027-028

14. Агуреев И.Е., Ахромешин А.В. Математическая модель транспортного поведения на основе теории транспортных макросистем // Мир транспорта. 2021. Т. 19, № 6(97). С. 13–18. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-6-2

15. Hosein P.A. Data-Driven Pricing Strategy for Automobile Insurance Policies // 2022 5th Asia Conference on Machine Learning and Computing (ACMLC). DOI: 10.1109/ACMLC58173.2022.00009

16. Xie Sh. Analyzing the Influence of Telematics-Based Pricing Strategies on Traditional Rating Factors in Auto Insurance Rate Regulation // Mathematics. 2024. 10.3390/math12193150, 12, 19, (3150). DOI: 10.3390/math12193150

17. Henckaerts R., Antonio K. The added value of dynamically updating motor insurance prices with telematics collected driving behavior data // Insurance: Mathematics and Economics, 10.1016/j.insmatheco. 2022. 03.011, 105, (79-95). DOI: 10.1016/j.insmatheco.2022.03.011

18. Masello L., Sheehan B., Castignani G., Guillen M., Murphy F. Predictive Modeling for Driver Insurance Premium Calculation Using Advanced Driver Assistance Systems and Contextual Information // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 10.1109/TITS.2024.3518572, 26, 2, (2202-2211). 2025. DOI: 10.1109/TITS.2024.3518572

19. Кушелев И.Ю. Внедрение инновационных информационных технологий на страховом рынке в России: телематика в автостраховании // Путеводитель предпринимателя. 2023. Т. 16, № 2. С. 110–119. <https://doi.org/10.24182/2073-9885-2023-16-2-110-119>

20. Lang F., Riegel L. Acceptance of online customer channels for damage claims in Germany // Information Technology and Management. 2025; pp.101-116 10.1007/s10799-023-00404-z26:1Online publication date: 1-Mar-2025. DOI:10.1007/s10799-023-00404-z

21. McDonnell K., Murphy F., Sheehan B., Masello L., Castignani G. Deep learning in insurance // Expert Systems with Applications: An International Journal. 10.1016/j.eswa.2023.119543217:C. Online publication date: 1-May-2023. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.119543

22. Li H., Luo X., Zhang Z., Jiang W., Huang S. Driving risk prevention in usage-based insurance services based on interpretable machine learning and telematics data // Decision Support Systems. Online publication date: 1-Sep-2023. DOI: 10.1016/j.dss.2023.113985

23. Brühwiler L., Fu Ch., Huang H., Longhi L., Weibel R. Predicting individuals' car accident risk by trajectory, driving events, and geographical context // Computers, Environment and Urban Systems. 2022. 93. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2022.101760

24. Cunha L., Bravo J. M. Automobile Usage-Based-Insurance: Improving Risk Management using Telematics Data // 2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 10.23919/CISTI54924.2022.9820146, (1-6), (2022). DOI 10.23919/CISTI54924.2022.9820146

25. Ortega M., Quintanilla J., Ong E.R., Ramos M.R., Trinidad C.J. Asfalís: A Web-based System for Customer Retention Strategies Optimization of a Car Insurance Company Using Cohort and Churn Analysis // 2023 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT). DOI: 10.1109/ICICT57646.2023.10134149

26. Manko B.A. Erie Insurance: Monitoring technology in the car insurance market and the issue of data privacy // Journal of Information Technology Teaching Cases, 10.1177/20438869221117571. 2022. 13 (2): 193-198.DOI:10.1177/20438869221117571

REFERENCES

1. Tetin I.A. Modeling the strategy of an insurance company in the context of the insurance activity cycle] *Bulletin of Tomsk State University. Economics*. 2017; No. 38. (In Russ.).

2. Dammer D.D. Mathematical model of an insurance company in the form of a mass service system with an unlimited number of devices taking into account one-time insurance payments. *Information technology and mathematical modeling (ITMM-2016)*. 2016; (In Russ.).

3. Nikolaycheva A.M. Trends in digitalization and automation of service station processes. *Management accounting*. 2021; 7 (2) (In Russ.).

4. Mamedov E.N. Game-theoretic optimization of insurance methods in the field of motor transport] *SCIENCE AND WORLD*. 2013. (In Russ.).

5. Nesterenko I.S. Design of a customer zone that allows increasing demand for the services of car service stations. *International Research Journal*. 2022; 1 (115). (In Russ.). DOI: 10.23670 / IRJ.2022.115.1.112

6. Nesterenko G.A., Nesterenko I.S., Zaloznov I.P. Using BIM technologies to improve the efficiency of development and operation of enterprises for car maintenance and sales. *International Research Journal*. 2023; 11 (137). (In Russ.). DOI: 10.23670 / IRJ.2023.137.14

7. Zakharov N.S., Kozin E.S. Technological design of vehicle service stations using genetic algorithms. *International Journal of Advanced Studies : Transport and Information Technologies*.2024; 14 (2). (In Russ.). DOI 10.12731/2227-930X-2024-14-2-296

8. Phi-Hung Nguyen. Automotive Service Quality Investigation Using a Grey-DEMATEL Model. *Computers, Materials & Continua*. 2022; 73 (3). DOI: 10.32604 / cmc.2022.030745

9. Revina I.V. Trifonova E.N. Car Service Optimization Based on Simulation. *Journal of Physics: Conference Series*. 1791 (2021) 012084. DOI: 10.1088/1742-6596/1791/1/012084

10. Bugrimov V., Sarbaev V. Optimization of the system of management of stores of the car service with the help of imitation simulation. *MATEC Web of Conferences*. 334, 01022. 2021; (In Russ.). DOI: 10.1051 / mateconf/202133401022

11. Krynke M., Mazur M. Innovative Work Order Planning with Process Optimization Using Computer Simulation in the Automotive Industry, in the Case of Repair Workshops. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 2024. DOI: 10.3311/pptr.23546

12. Budnikova I.K., Mardanova A.M. Modeling of financial activities of an insurance company. *Information technologies in construction, social and economic systems*. 2020. No. 1. (In Russ.).
13. Popkov Yu.S. The concept of entropy in systems analysis. Collection of works of the V-th International scientific and practical conference-biennale. Under the general editorship of G.B. Kleiner, S.E. Shchepetova. M.: Publisher: Limited Liability Company "Prometheus Publishing House". 2018. (In Russ.). DOI: 10.33278/SAE-2018.rus.027-028
14. Agureev I.E., Akhromeshin A.V. Mathematical model of transport behavior based on the theory of transport macrosystems. *World of Transport*. 2021. 19. No. 6 (97). DOI 10.30932/1992-3252-2021-19-6-2. (In Russ.)]
15. Hosen P.A. Data-Driven Pricing Strategy for Automobile Insurance Policies. *2022 5th Asia Conference on Machine Learning and Computing (ACMLC)*. DOI: 10.1109/ACMLC58173.2022.00009
16. Xie Sh. Analyzing the Influence of Telematics-Based Pricing Strategies on Traditional Rating Factors in Auto Insurance Rate Regulation. *Mathematics*. 10.3390/math12193150, 12, 19, (3150). 2024. DOI: 10.3390/math12193150
17. Henckaerts R., Antonio K. The added value of dynamically updating motor insurance prices with telematics collected driving behavior data. *Insurance: Mathematics and Economics*, 10.1016/j.insmatheco.2022.03.011, 105, (79-95). 2022. DOI:10.1016/j.insmatheco.2022.03.011
18. Masello L., Sheehan B., Castignani G., Guillen M., Murphy F. Predictive Modeling for Driver Insurance Premium Calculation Using Advanced Driver Assistance Systems and Contextual Information. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 10.1109/TITS.2024.3518572, 26, 2, (2202-2211). 2025; DOI: 10.1109/TITS.2024.3518572
19. Kushelev I.Yu. Implementation of innovative information technologies in the insurance market in Russia: telematics in car insurance] *Entrepreneur's Guide*. 2023;16 (2). (In Russ.). <https://doi.org/10.24182/2073-9885-2023-16-2-110-119>
20. Lang F., Riegel L. Acceptance of online customer channels for damage claims in Germany. *Information Technology and Management*. 10.1007/s10799-023-00404-z26:1(101-116) Online publication date: 1-Mar-2025. DOI:10.1007/s10799-023-00404-z
21. McDonnell K., Murphy F., Sheehan B., Masello L., Castignani G. Deep learning in insurance. *Expert Systems with Applications: An International Journal*. 10.1016/j.eswa.2023.119543217:C. Online publication date: 1-May-2023. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.119543
22. Li H., Luo X., Zhang Z., Jiang W., Huang S. Driving risk prevention in usage-based insurance services based on interpretable machine learning and telematics data. *Decision Support Systems*. 10.1016/j.dss.2023.113985172:C. Online publication date: 1-Sep-2023. DOI: 10.1016/j.dss.2023.113985
23. Brühwiler L., Fu Ch., Huang H., Longhi L., Weibel R. Predicting individuals' car accident risk by trajectory, driving events, and geographical context. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2022; Volume 93. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2022.101760
24. Cunha L., Bravo J. M. Automobile Usage-Based-Insurance: Improving Risk Management using Telematics Data. *2022 17th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 10.23919/CISTI54924.2022.9820146. 2022; (1-6), DOI: 10.23919/CISTI54924.2022.9820146
25. Ortega M., Quintanilla J., Ong E.R., Ramos M.R., Trinidad C.J. Asfalís: A Web-based System for Customer Retention Strategies Optimization of a Car Insurance Company Using Cohort and Churn Analysis. *2023 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*. DOI: 10.1109/ICICT57646.2023.10134149
26. Manko B.A. Erie Insurance: Monitoring technology in the car insurance market and the issue of data privacy. *Journal of Information Technology Teaching Cases*. 2022; 10.1177/20438869221117571, 13 (2): 193-198. DOI:10.1177/20438869221117571

ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ

Агуреев И.Е. Формулировка задач исследования, научные положения.

Бурага С.А. Анализ процессов функционирования системы, разработка предложений по оптимизации функционирования системы.

COAUTHORS' CONTRIBUTION

Agureev Igor E. Formulating research objectives, setting out scientific provisions.

Buraga Sergey A. Analysis of the system functioning processes, development of solutions for optimizing the system functioning.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агуреев Игорь Евгеньевич – д-р техн. наук, доц., директор научно-образовательного центра Тульского государственного университета (300012, г. Тула, пр. Ленина, 92).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7903-139X>,

SPIN-код: 1910-6751,

e-mail: agureev-igor@yandex.ru

Бурага Сергей Александрович – аспирант Тульского государственного университета (300012, г. Тула, пр. Ленина, 92).

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9889-7578>,

e-mail: buraga.sergey@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Agureev Igor E. – Dr. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Director of the Scientific and Educational Center, Tula State University (92 Lenin Ave., Tula, 300012).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7903-139X>,

SPIN-code: 1910-6751,

e-mail: agureev-igor@yandex.ru

Buraga Sergey A. – postgraduate student, Tula State University (92 Lenin Ave., Tula, 300012)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-9889-7578>,

e-mail: buraga.sergey@yandex.ru