

ЭНТРОПИЯ СИСТЕМНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ: МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А. И. Петров

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия
e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Аннотация. Вопросы безопасности эксплуатации автомобильного транспорта являются актуальными уже более 125 лет. За это время в мировом научном сообществе несколько раз поменялись видение сути и представления о принципах и методах обеспечения безопасности дорожного движения (парадигмы БДД). Целью данной статьи является представление научной общественности нового, развивающегося энтропийного подхода к оценке качества системного управления БДД. Необходимость использования энтропийных подходов диктуется осознанием двух главных обстоятельств: чрезвычайным многообразием форм, состава и, в конечном итоге, сложностью транспортных систем, а также малой результативностью использования традиционных методов моделирования в оценке качества больших и сложных систем, к числу которых относятся и системы обеспечения БДД.

Использование энтропийного подхода в сфере управления БДД является для России весьма инновационным. Уже достаточно традиционные для других сфер человеческого бытия методы энтропийной оценки системной организованности малознакомы специалистам транспорта. В этой связи надо отметить, что энтропийный подход позволяет решать те задачи в сфере обеспечения БДД, которые недоступны привычным инструментам. Примером таких задач может быть количественная оценка и сравнение качества управления региональными системами обеспечения БДД. Особенно это важно для повышения качества федерального управления БДД, в частности для совершенствования целеполагания и последующего финансирования соответствующих региональных Программ по БДД. В этом заключается практическая значимость идей автора.

В данной статье представлена методика количественной оценки Относительной энтропии H_n региональных систем обеспечения БДД; проведено сравнение и объяснение различных уровней организованности систем обеспечения БДД Оренбургской области и Республики Тыва; представлена энтропийная классификация региональных систем обеспечения БДД в России по уровням системной организованности (2021); сделана попытка философского осмысления полученных результатов.

Представленные в статье результаты являются промежуточными. Идеология использования энтропийной оценки системной организованности может использоваться не только применительно к такому важному аспекту функционирования транспортных систем, как БДД, но и к идентификации других системных свойств, например эффективности и качества.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, управление, качество, системная (процессная) энтропия, энтропийный подход.

Благодарности. Автор благодарит за многолетнее творческое сотрудничество В. И. Колесова (Тюмень, Тюменский индустриальный университет) и С. А. Евтюкова (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет), а также рецензентов данной статьи, проявивших интерес к работе автора и нашедших время для изучения и оценки данной статьи.

Для цитирования: Петров А. И. Энтропия системного управления безопасностью дорожного движения: методика и практика использования // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2023. – № 4. – С. 72–82, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-72>.

Original state

ENTROPY OF SYSTEM MANAGEMENT OF ROAD SAFETY: METHODOLOGY AND PRACTICE OF USING

A. I. Petrov

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Abstract. *The safety issues of road transport operation have been relevant for more than 125 years. During this time, the vision of the essence and ideas about the principles and methods of ensuring road safety (traffic safety paradigms) have changed several times in the world scientific community. The purpose of this article is to present to the scientific community a new, developing entropy approach to assessing the quality of traffic safety system management. The need to use entropy approaches is dictated by the awareness of two main circumstances: the extreme variety of forms, composition and, ultimately, the complexity of transport systems, as well as the low effectiveness of using traditional modeling methods in assessing the quality of large and complex systems, which include traffic safety systems.*

The use of the entropy approach in the field of traffic safety management is very innovative for Russia. Already quite traditional for other spheres of human existence, the methods of entropy assessment of systemic organization are unfamiliar to transport specialists. In this regard, it should be noted that the entropy approach allows solving those tasks in the field of traffic safety that are inaccessible to conventional tools. An example of such tasks can be a quantitative assessment and comparison of the quality of management of regional traffic safety systems. This is especially important for improving the quality of federal traffic safety management, in particular, for improving goal-setting and subsequent financing of the relevant regional traffic safety programs. This is the practical significance of the author's ideas.

This article presents a method for quantifying the Relative entropy H_n of regional traffic safety systems; comparison and explanation of different levels of organization of traffic safety systems in the Orenburg region and the Republic of Tyva; an entropy classification of regional traffic safety systems in Russia by levels of system organization is presented (2021); an attempt was made to philosophically comprehend the results obtained.

The results presented in the article are intermediate. The ideology of using the entropy assessment of system organization can be used not only in relation to such an important aspect of the functioning of transport systems as traffic safety, but also to the identification of other system properties, such as efficiency and quality.

Key words: road safety, management, quality, system (process) entropy, entropy approach.

Acknowledgements. The author thanks V. I. Kolesov (Tyumen, Tyumen Industrial University) and S. A. Evtukov (St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering) for many years of creative cooperation, as well as the reviewers of this article, who showed interest in the work of the author and found time to study and evaluate this article.

Cite as: Petrov, A. I. (2023) [Entropy of system management of road safety: methodology and practice of using]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 72–82, <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2023-4-72>.

Введение

Идея о самоорганизации материи не нова. Еще в классической работе А. Смита [15] достаточно четко прослеживаются идеи о спонтанном образовании порядка из хаотичных, часто противоположных стремлений отдельных людей. Автор выводит из этого наблюдения тезис о неизбежном формировании системного равновесия, в частности, между рыночным спросом и предложением. Позже подобные идеи нашли свою реализацию в физике (Второй закон термодинамики [2]) и биологии (дарвиновская теория эволюционного развития от простого к сложному, более упорядоченному – через наследственность, изменчивость и естественный отбор) [4]. В течение последующих полутора веков философия

самоорганизации нашла воплощение в самых различных областях знаний. Сегодня самоорганизация воспринимается как антитеза хаосу, неупорядоченности [3], яркий пример противодействия человека неизбежному росту энтропии. Противодействию энтропии и процессу ее постоянного роста предназначена и управленческая деятельность [14], основная суть которой в структуризации материальных, информационных, финансовых и любых других ресурсных потоков [11]. Структуризация способствует созданию из неоднородных массивов более-менее однородных (структурированных по тому или иному признаку). Таким образом, цель управленческой деятельности – повышение коэффициента полезного действия системы за счет перевода системы из нест-

руктурированного состояния в относительно более-менее структурированное [18].

Транспортные системы относятся к классу больших и сложных и состоят из множества подсистем. Количество этих составных подсистем определяется масштабом рассмотрения изучаемой проблемы и выбором критериального признака. Так, городскую транспортную систему (ГТС) можно рассматривать как совокупность взаимодействующих видов транспорта; каждый из видов ГТС – сложнейшая система из подсистем уровня «парк транспортных средств – инфраструктура – система управления и т.п.». Масштабирование системного изучения приводит в конечном итоге к дифференциации отдельных элементов системы на уровень отдельной детали автомобиля или частной характеристики состояния водителя автомобиля.

Ю. И. Черняк [17] указывает, что большие системы невозможно изучать одновременно с позиции одного наблюдателя во времени и в пространстве. С целью получения представления о большой системе, наблюдатель должен рассматривать ее последовательно по частям. Практикуемый ныне большинством ученых системный анализ позволяет решать эту задачу с той или иной степенью объективности, однако обратная процедура сборки большой сложной системы – синтез – показывает достаточно слабую результативность использования такого подхода для цельного изучения систем.

Одна из важнейших задач системного управления – повышение качества управленческой деятельности. Данный тезис кажется неоспоримым, однако совершенно неясна его смысловая нагрузка. Как понимать и, главное, количественно оценивать качество управления системой обеспечения безопасностью дорожного движения? Каково соотношение в результате управленческой деятельности по обеспечению БДД вклада самоорганизации и внешних управленческих усилий? Поиску ответа на этот вопрос и посвящена данная статья.

Итак, целью статьи является представление возможностей использования энтропийного подхода в оценке качества системного управления БДД.

Анализ ранее выполненных работ и постановка задачи

Проблематика безопасности дорожного движения (БДД) является актуальной уже более 125 лет, с момента совершения (1896) исторически первого дорожно-транспортного происшествия (ДТП) с участием автомобиля. За это время в сфере управления БДД сменилось уже пять парадигм, основанных на определенных ша-

блонах мышления, наборах концепций, теориях и методах, постулатах и стандартах [1]. Каждая последующая парадигма БДД во многом концептуально опровергала предыдущую. К настоящему времени, пожалуй, главенство над другими концепциями обеспечения БДД в России принимает концепция полной наблюдаемости [8; 9], активно развиваемая учеными Санкт-Петербургской школы БДД. Этой концепции в той или иной степени вторят результаты исследования В. Э. Клявина [5], идеи которого предполагают использование в управлении БДД больших информационных массивов (Big Data), к созданию которых в нашей стране российская ГИБДД приступила в 2015 г. Идеи тотального аудита БДД успешно развивает Е. В. Куракина [10].

За рубежом аналогичной проблематикой построения сложных систем управления БДД ученые занимаются уже больше 30 лет. Так, еще в 1993 г. оргкомитет The National Traffic Safety Commission (CONASET) [19] привлек к работе над созданием Программы системного управления БДД более сотни профильных специалистов. Итог их работы – создание нового научного подхода Road Safety System, суть которого в групповой классификации элементов системы обеспечения БДД (рисунок 1).

Суммарно 9 классов системы обеспечения БДД содержат 56 групп специальных мероприятий, реализация которых в той или иной степени способствует повышению БДД. Вышеуказанный научный подход к повышению БДД (Road Safety System) достаточно успешно реализуется во многих странах, о чем свидетельствуют и достаточно оптимистичные тренды снижения показателей дорожно-транспортной аварийности¹.

Несмотря на очевидные успехи в решении задачи повышения БДД (и в мире, и в России), остается ряд вопросов методологического свойства, к числу основных из которых относится и вопрос о необходимости разработки методики объективной (количественной) оценки качества управления БДД на уровне вполне конкретных специализированных органов, профессионально занимающихся этой деятельностью. Простая статистическая аналитика, даже с использованием относительных показателей (Социальный и Транспортный риски, Тяжесть ДТП), иллюстрирует тренды изменения БДД во времени, но мало о чем говорит в плане количественной оценки качества управления БДД. Возможно, именно поэтому определенный интерес представляют попытки использовать для оценки качества систем обеспечения БДД методы оценки энтропийных характеристик системного состояния [6; 12; 16].

¹ European Commission website (2022) IRTAD Road Safety Database 2022, available at: <https://trimis.ec.europa.eu/project/international-road-traffic-and-accident-database> (accessed: 3.03.2023).



Рисунок 1. Структурные элементы системы обеспечения БДД
 Источник: CONASET [19]

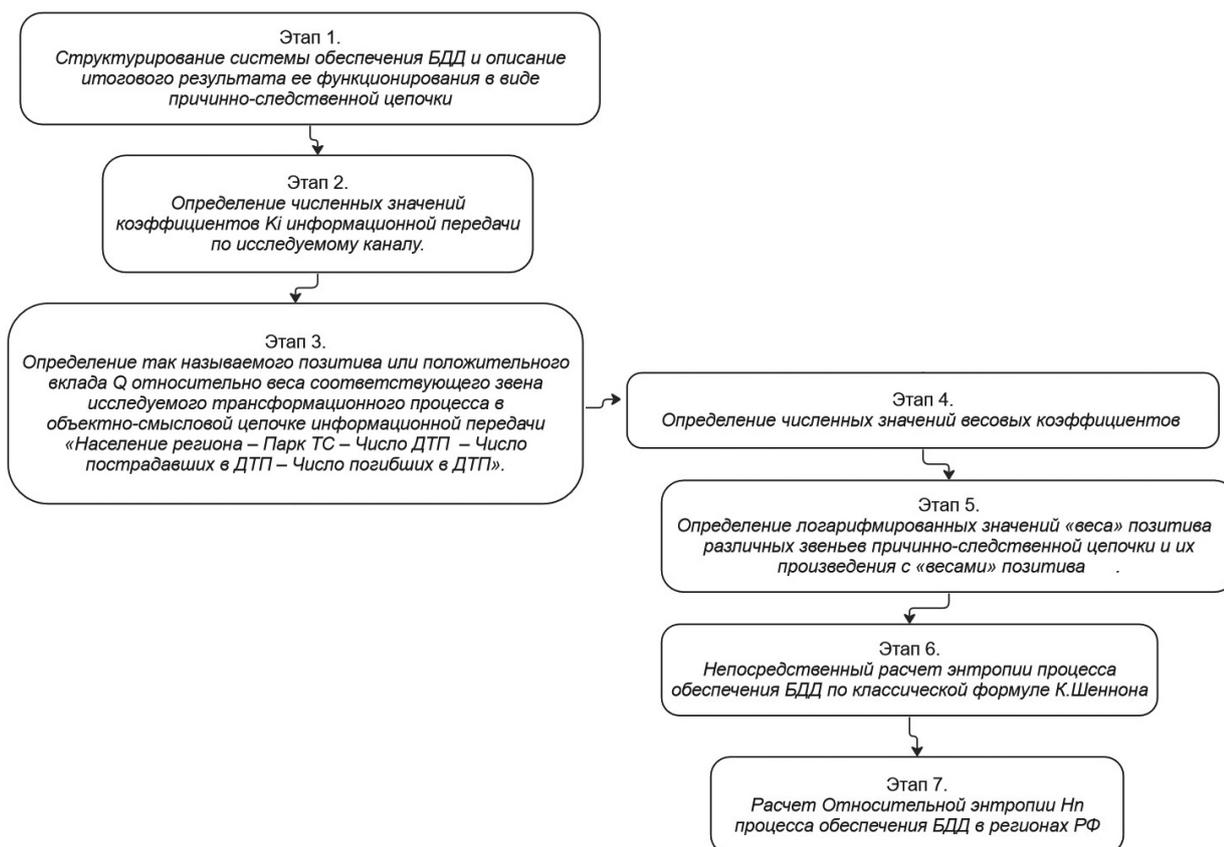


Рисунок 2. Алгоритм методики количественной оценки Относительной энтропии региональной системы обеспечения БДД $H_{n\text{БДД}}$
 Источник: разработано автором

На уровне практического воплощения вышесказанное может выглядеть как количественная оценка Относительной энтропии $H_{n\text{БДД}}$ процесса обеспечения БДД в рамках конкретной системы (измеряется в размерности $H_{n\text{БДД}} = [0; 1]$). Относительно высокие значения относительной энтропии БДД ($H_{n\text{БДД}} > 0,7$) будут свидетельствовать о сравнительно низком уровне организованности управляемой системы (а значит и низком качестве системного управления БДД). И, наоборот, относительно низкие значения $H_{n\text{БДД}}$ ($H_{n\text{БДД}} < 0,7$) будут свидетельствовать об относительном благополучии в этой сфере. Констатация данного критерия, однако, ничего не говорит о смысловой нагрузке энтропийных показателей, в частности относительной энтропии БДД $H_{n\text{БДД}}$. Уметь количественно определять величину $H_{n\text{БДД}}$ важно, но еще важнее понимать суть данного подхода и уметь делать объективные выводы на основе имеющихся количественных оценок.

Итак, исследовательскую задачу можно сформули-



Рисунок 3. Четыре этапа информационной передачи (H-4) в ходе реализации причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности

Источник: разработано автором

Специфика энтропийной организованности исследуемой системы определяется особенностями соотношений между характеристиками информационного

выхода (A_{out}) к значению характеристики информационного входа (A_{in}) для каждого звена (1):

$$K_i = A_{out} / A_{in} \tag{1}$$

В частности, необходимо определить значения (рисунок 3) коэффициентов информационной передачи K_i (2):

$$K_N = N_{Vh} / P; \quad K_{RA} = N_{RA} / N_{Vh}; \quad K_V = N_V / N_{RA}; \quad K_D = N_D / N_V. \tag{2}$$

На третьем этапе необходимо определить так называемый позитив Q каждого звена причинно-следственной цепочки, физическим смыслом которого является мера объема информации или производной

энтропии исследуемого процесса.

Для четырехзвенной методики определения энтропии (H-4) это можно сделать согласно (3):

$$Q = Q_N + Q_{RA} + Q_V + Q_D = \ln(1/K_N) + \ln(1/K_{RA}) + \ln(K_V) + \ln(1/K_D). \tag{3}$$

Далее (четвертый этап методики) определяются численные значения весовых коэффициентов w_i для оценки положительного вклада Q различных эле-

ментов причинно-следственной цепочки. Для этого используется алгоритм (4):

$$w_i = Q_i / Q. \tag{4}$$

Итог этого действия – определение весов w_N, w_{RA}, w_V, w_D , т.е. идентификация степени относительного влияния различных блоков (четырёх этапов трансформации информации) исследуемой причинно-следственной цепочки на формирование итоговых характеристик дорожно-транспортной аварийности.

На пятом этапе определяются логарифмированные значения «веса» позитива w_i различных звеньев

причинно-следственной цепочки и их произведения с «весами» позитива w_i .

На шестом и седьмом этапах осуществляется непосредственный расчет абсолютной энтропии процесса $H_{БДД}$ (оценка качества всей системы) обеспечения БДД по классической формуле К. Э. Шеннона (5) и Относительной энтропии H_n БДД (6):

$$\text{Абсолютная энтропия } H = -\sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln w_i, \quad (5)$$

где

n – число звеньев причинно-следственной цепочки формирования дорожно-транспортной аварийности;
 w_i – весовые коэффициенты позитива звеньев цепочки, отвечающие условию нормировки $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.
 $n = 4$ – для случая оценки энтропии региональных систем ОБДД;

$$\text{Относительная энтропия } H_n = \left[-\sum_{i=1}^n w_i \cdot \ln(w_i) \right] / \ln(n). \quad (6)$$

Полученное в результате расчетов значение Относительной энтропии БДД H_n БДД является количественной оценкой качества совокупного комплексного управления БДД соответствующими специализированными организациями. В данном случае невозможно четко идентифицировать субъектность этих организаций (это и региональная ГИБДД, и муниципальные органы, организующие функционирование транспортной системы в конкретном населенном пункте региона и надзорные прокурорские органы и т.п.). Невозможность четкой идентификации субъектности управляющего БДД органа определяется и широким кругом задач (рисунок 1), возложенных на самые разные учреждения. Важно понимать лишь то, что итоговый уровень хаоса в управляемой системе, идентифицируемый посредством показателя H_n БДД, свидетельствует о качестве функционирования всей системы обеспечения БДД в регионе.

Философские смыслы энтропийной характеристики H_n БДД применительно к региональным системам обеспечения безопасности на дорогах

Итак, нам известна величина Относительной энтропии БДД. Допустим, это H_n БДД Оренбургской обл. 2021 = 0,658 – реальная величина, рассчитанная для региональной системы обеспечения БДД Оренбургской области. О чем говорит данная величина?

С учетом того, что фактический диапазон значений H_n БДД 2021 для всех субъектов Российской Федерации в 2021 (учитываются 82 субъекта, за исключением городов федерального статуса) определялся как H_n БДД 2021 = [0,631; 0,810], соответствующее значение

H_n БДД Оренбургской обл. 2021 = 0,658 тяготеет к левой части диапазона. Таким образом, в сравнении с другими региональными системами обеспечения БДД уровень хаоса (дезорганизованности) в системе обеспечения БДД Оренбургской области сравнительно невелик. Для сравнения, аналог качества управления системой обеспечения БДД Республики Тыва в 2021 г. определялся как H_n БДД Республика Тыва 2021 = 0,810. Уровень организованности региональной системы обеспечения БДД Республики Тыва ниже, чем у аналога Оренбургской области, т.к. организованность и энтропия антиподы. Чем выше энтропия, тем ниже уровень системной организованности и наоборот.

Попробуем разобраться, за счет чего уровень системной организованности БДД в Оренбургской области выше, чем в Республике Тыва. Сделать это можно, анализируя и сравнивая (таблица 1) между собой численные значения коэффициентов информационной передачи K_i между блоками причинно-следственной цепочки (2 этап методики).

Коэффициент K_N идентифицирует уровень автомобилизации в регионе; коэффициент K_{RA} иллюстрирует вероятность возникновения ДТП для конкретного жителя региона – владельца транспортного средства; коэффициент K_V характеризует удельное (на одно среднестатистическое ДТП) число потерпевших; коэффициент K_D характеризует долю погибших в числе пострадавших в ДТП.

Все четыре коэффициента K_i описывают ситуацию в сфере обеспечения БДД в Республике Тыва как более негативную, более бедственную, чем в Оренбургской области. При том, что уровень автомобилизации

в Тыве в 2,5 раза ниже, чем в Оренбургской области ($K_N \text{ Республика Тыва} / K_N \text{ Оренбургская область}$), вероятность попасть в ДТП ($K_{RA} \text{ Республика Тыва} / K_{RA} \text{ Оренбургская область}$) для жителя Тывы значительно выше, чем для оренбуржца (более чем в 4 раза). В среднестатистическом ДТП в Тыве

удельное число пострадавших выше, чем в Оренбуржье ($K_V = 1,696$ против 1,364); доля погибших среди пострадавших также выше в Тыве, чем в Оренбургской области ($K_D = 13,8\%$ против 9,2 %).

Таблица 1. Энтропийные характеристики и коэффициенты информационной передачи, характерные для двух сравниваемых региональных систем обеспечения БДД

Система обеспечения БДД	Численные значения					
	$H_{БДД}$	$H_{n \text{ БДД}}$	K_N	K_{RA}	K_V	K_D
Оренбургская область	0,913	0,658	0,501	0,0015	1,364	0,092
Республика Тыва	1,123	0,810	0,220	0,0065	1,696	0,138

Источник: разработано автором на основе официальных данных ГИБДД МВД РФ²

Отмеченные выше сравнительные соотношения – следствие региональных особенностей процесса формирования дорожно-транспортной аварийности и объясняется на первом уровне приближения следующим образом. В Республике Тыва качество жизни населения³ значительно проигрывает аналогу в Оренбургской области, что отражается, прежде всего, в уровне автомобилизации. Очевидно, региональный индекс качества жизни (ИКЖ) оказывает влияние и непосредственно на стиль жизни и поведения людей. Известно [7], что высокое качество жизни людей заставляет их в несколько большей степени ценить саму жизнь и в той или иной степени выбирать стиль жизни, обеспечивающий относительно более здоровый и безопасный образ жизненных проявлений⁴. Проявляется это и в транспортной сфере, в частности, в выборе более безопасного поведения непосредственно на дороге (в выборе более корректных приемов управления автомобилем, большей внимательности и т. п.). Большее значение удельного числа пострадавших, приходящихся на одно среднестатистическое ДТП в Тыве, одновременно свидетельствует как о различиях в среднестатистических классах пассивной безопасности парков Тывы и Оренбуржья, так и в показателе «Число людей в автомобиле в момент ДТП» (качественная социально-экономическая характеристика, характеризующая уровень качества жизни людей в регионе). Тяжесть ДТП (характеризуется величиной коэффици-

ента K_D) свидетельствует как о величинах ударной кинетической энергии, реализованной в процессе ДТП, так и о качестве региональных систем оказания скорой медицинской помощи. Относительная энтропия $H_{n \text{ БДД}}$ системы обеспечения БДД в Республике Тыва выше, чем в Оренбургской области именно потому, что это комплексная качественная характеристика, которая учитывает не отдельные аспекты аварийности, а весь процесс в целом, совокупно. Таким образом, характеристика $H_{n \text{ БДД}}$ является мерой качества (с позиций дорожно-транспортной аварийности) функционирования региональной транспортной системы и одновременно, мерой оценки качества работы непосредственно специалистов по обеспечению БДД.

Пожалуй, именно на этом этапе рассуждений можно столкнуться с множеством оппонирующих замечаний. И автор с большинством из них будет заведомо согласен, т.к. вполне понимает, что не только качество работы специалистов по обеспечению БДД в конечном итоге определяет результат, выражаемый как величиной $H_{n \text{ БДД}}$ но и абсолютными показателями дорожно-транспортной аварийности (число ДТП, число раненых и погибших в ДТП). Например, очень значимо в этом процессе проявляют себя некие базовые традиции, присущие населению региона, уровень качества жизни [13], определяющий, в том числе, и качество парка подвижного состава и элементарно, ценность жизни для самих участников дорожного движения.

² Профили безопасности дорожного движения субъектов Российской Федерации 2021: статистический сборник / К. С. Баканов [и др.]; под общ. ред. Д.В. Митрошина. – Москва: ФКУ «Научный центр БДД МВД России», 2022. – 100 с.

³ Индекс человеческого развития: региональные различия [Электронный ресурс]. – 2021. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/analitika/2022/_2021_long.pdf (дата обращения: 5.04.2023).

⁴ Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь – декабрь 2022 года// Официальный сайт Министерства внутренних дел Российской Федерации. – 2023. – URL: <https://мвд.рф/reports/item/35396677/> (дата обращения: 16.04.2023).

В то же время, именно характеристика $H_{n\text{БДД}}$ может служить критерием качественной оценки региональных систем обеспечения БДД в значительно большей степени, чем ныне используемые подходы – сравнение текущей ситуации в сфере обеспечения БДД с аналогом, характерным для аналогичного периода прошлого года (АППГ). Главный недостаток привычного нам ныне подхода – работа лишь с данными по аварийности и полное отсутствие учета изменения характеристик внутреннего состояния транспортной системы. Впервые об этом заявил научному сообществу Р. Смид [23], который связал аварийность с численностью парка транспортных средств. Сегодня же становится понятным тот факт, что при этом мы должны учитывать и другие обстоятельства, характеризующие изменение большой и сложной транспортной системы и, прежде всего, динамику ее социально-экономических особенностей.

Таблица 2. Энтропийная классификация региональных систем ОБДД по уровням системной организованности (2021)

Диапазоны значений $H_{n\text{БДД}}$ / Число субъектов РФ							
< 0,650	0,651...0,675	0,676...0,700	0,701...0,725	0,726...0,750	0,751...0,775	0,776...0,800	> 0,801
5	14	16	32	13	1	0	1
Энтропийная классификация регионов РФ по величине $H_{n\text{БДД}}$							
Очень высокий уровень организованности – класс I	Высокий уровень организованности БДД – класс II		Средний уровень организованности БДД – класс III		Низкий уровень организованности БДД – класс IV		Очень низкий уровень организованности – класс V
	подкласс II-1	подкласс II-2	подкласс III-1	подкласс III-2	подкласс IV-1	подкласс IV-2	
<i>Примечание. Системы ОБДД городов федерального значения (Москва, Санкт-Петербург, Севастополь исключены из анализа, т. к. городские системы ОБДД некорректно сравнивать с региональными аналогами).</i>							

Источник: разработано автором на основе собственных расчетов

Наибольшее представительство регионов РФ в диапазоне значений $H_{n\text{БДД}} = [0,701; 0,725]$. В энтропийной классификации регионов РФ по величине $H_{n\text{БДД}}$ это класс III-1. Например, к этой группе регионов РФ относится и Тюменская область (место жительства автора статьи). К классам низкого (класс IV) и очень низкого (класс V) уровней системной организованности в сфере обеспечения БДД относятся лишь 2 региональных системы (национальные республики – Ингушетия и Тыва). Легко заметить, что именно в Республике Тыва и Республике Ингушетия самый низкий уровень качества жизни населения и самый высокий уровень преступности, что в конечном уровне значимо влияет и на дорожно-транспортную аварийность [13].

Практическое использование энтропийных оценок в управлении БДД

Все вышесказанное может остаться просто досужими рассуждениями, если не перевести это в систему практических рекомендаций, основанных на классификационной дифференциации региональных систем обеспечения БДД с учетом фактических величин Относительной энтропии $H_{n\text{БДД}}$.

Энтропийный анализ данных об автотранспортной аварийности в регионах Российской Федерации (2021) позволил получить данные о величине Относительной энтропии региональных систем обеспечения БДД $H_{n\text{БДД}}$ в 82 субъектах Федерации (за исключением городов федерального значения). Диапазон значений $H_{n\text{БДД}} \text{регионы РФ } 2021 = [0,631; 0,810]$. Согласно законам статистики разобьем этот диапазон значений на 8 интервалов, соответствующих 5 классам (таблица 2).

Наличие и практическое использование энтропийной классификации региональных систем обеспечения БДД по уровням системной организованности необходимо, прежде всего, федеральным органам управления БДД (Центральное управление ГИБДД МВД РФ; Научный центр ГИБДД МВД РФ) для целей корректного сравнения успехов различных регионов Российской Федерации в деле обеспечения БДД.

Заключение

Одно из определений термина «управление» трактует это понятие как «род профессиональной деятельности по переводу управляемой системы из фактического состояния в желаемое». Профессионализм в данной сфере заключается, прежде всего,

в корректном анализе системных процессов. Энтропийный анализ позволяет оценить качественную сторону управления системными процессами с позиций оценки их организованности. Таким образом, это единственный инструмент, пригодный для такой качественной оценки.

Философское осмысление сути энтропии процессов обеспечения БДД находится лишь в начальной стадии. Вопросов здесь множество. Перечислим лишь некоторые из них. Главный из них заключается в поиске истины о рациональном диапазоне значений H_n БДД. Повышение системной организованности в сфере БДД позволяет снизить вероятность гибели людей

в ДТП, но отрицательно влияет на скорость транспортных потоков, интенсивность движения и общую результативность транспортной системы. Другой немаловажный вопрос можно сформулировать следующим образом: «Как определить, какие методы и средства организации дорожного движения более эффективны для достижения баланса между безопасностью и организацией дорожного движения и как этот баланс отражается на энтропийной организованности системы обеспечения БДД?». Необходимо посвятить внимание поиску ответов на эти и аналогичные вопросы на последующих этапах работы в данном научно-методическом направлении.

Литература

1. Блинкин М. Я., Решетова Е. М. Безопасность дорожного движения: история вопроса, международный опыт, базовые институции. – Москва: Изд. дом ВШЭ, 2013. – 240 с.
2. Больцман Л. Избранные труды. – М.: Наука, 1984, – 590 с.
3. Деменок С. Л. Просто энтропия. – С.-Петербург: Страта, 2018. – 156 с.
4. Келль Л. С. О самоорганизации материи // Общество. Среда. Развитие. – 2010. – № 4(17). – С. 206–213. – EDN: NCKDEN.
5. Клявин В. Э. Разработка научных методов повышения уровня системной безопасности дорожного движения: дис. ... д-ра. техн. наук. – Липецк, 2017. – 331 с.
6. Королев О. Л., Кусый М. Ю., Сигал А. В. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике: монография. – М. Инфра-М, 2022, – 202 с.
7. Короленко А. В. Модели самосохранительного поведения населения: подходы к изучению и опыт построения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2018. – Т. 11. – № 3. – С. 248–263, <https://doi.org/10.15838/esc.2018.3.57.16>. – EDN: UUFMUW.
8. Кравченко П. А., Олещенко Е. М. Концепция полной наблюдаемости систем обеспечения безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – Специальный выпуск. – С. 25–31.
9. Кравченко П. А., Олещенко Е. М. Системный подход в управлении безопасностью дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 2 (75). – С. 14–18. – EDN: YXNLLN.
10. Куракина Е. В. Методология повышения безопасности дорожного движения по критерию «нулевой смертности» в дорожно-транспортных происшествиях: дис. ... д-ра. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2022. – 424 с.
11. Мартин Н., Инглэнд Дж. Математическая теория энтропии. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
12. Петров А. И., Евтюков С. А. Концептуальные смыслы энтропийного анализа состояния безопасности дорожного движения в разномасштабных автотранспортных системах // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 3–4(78). – С. 55–62, [https://doi.org/10.33979/2073-7432-2022-4\(78\)-3-55-62](https://doi.org/10.33979/2073-7432-2022-4(78)-3-55-62). – EDN: YUUFWT.
13. Петров А. И. Автотранспортная аварийность как идентификатор качества жизни граждан // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 3(45). – С. 154–172, <https://doi.org/10.15838/esc.2016.3.45.9>. – EDN: WCOIP.
14. Прангишвили И. В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. – М.: Наука, 2003. – 428 с.
15. Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. – М.: Эксмо, 2022. – 1056 с.
16. Тырсин А. Н. Энтропийное моделирование многомерных стохастических систем: монография. – Воронеж: Научная книга, 2016. – 156 с. – EDN: VLMMRB.
17. Черняк Ю. И. Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.
18. Шамбадаль П. Развитие и приложение понятия энтропия. – М.: Наука, 1967. – 283 с.
19. Estrategia Nacional de Seguridad de Tránsito 2021–2030 by Comision Nacional de Seguridad de Transito (CONASET). – URL: <https://archive.org/details/estrategia-nacional-de-seguridad-de-transito-2021-2030/mode/2up>. (accessed: 16.04.2023).
20. Petrov A. I. (2022) Entropy Method of Road Safety Management: Case Study of the Russian Federation, *Entropy*, Vol. 24. Is. 2, 177, <https://doi.org/10.3390/e24020177>.

21. Petrov A. I. (2023) Information and Entropy Aspects of the Specifics of Regional Road Traffic Accident Rate in Russia, *Information*, Vol. 14. Is. 2, 138, <https://doi.org/10.3390/info14020138>.
22. Petrov A. I. (2023) Philosophy and Meanings of the Information Entropy Analysis of Road Safety: Case Study of Russian Cities, *Information*, Vol. 14. Is. 6, 302, <https://doi.org/10.3390/info14060302>.
23. Smeed R. J. (1949) Some Statistical Aspects of Road Safety Research. *Journal Royal Statistics. A(I)*, Vol. 112, №. 1, pp. 1–34.

References

1. Blinkin, M. Ya., Reshetova, E. M. (2013) *Bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya: istoriya voprosa, mezhdunarodnyj opyt, bazovye institucii* [Road safety: history of the issue, international experience, basic institutions]. Moscow: Publishing House of HSE, 240 p.
2. Boltzmann, L. (1984) *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow: Science, 590 p.
3. Demenok, S. L. (2018) *Prosto entropiya* [Simple entropy]. St. Petersburg: Strata, 156 p.
4. Kell, L. S. (2010) [About the self-organization of matter] *Obshchestvo. Sreda. Razvitie* [Society. Environment. Development]. Vol. 4(17), pp. 206–213. (In Russ.).
5. Klyavin, V. E. (2017) *Razrabotka nauchnykh metodov povysheniya urovnya sistemoj bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya: dis. ... d-ra. tekhn. nauk* [Development of scientific methods to improve the level of systemic road safety: dis. ... dr. tech. sciences]. Lipeck, 331 p.
6. Korolev, O. L., Kussy, M. Yu., Sigal, A. V. (2022) *Primenenie entropii pri modelirovanii processov prinyatiya reshenij v ekonomike* [Application of entropy in modeling decision-making processes in economics]. Moscow: Infra-M, 202 p.
7. Korolenko, A. V. (2018) [Models of self-preserving behavior of the population: approaches to study and experience of building]. *Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz* [Economic and social change: facts, trends, forecast]. Vol. 11. Iss. 3, pp. 248–263. (In Russ.).
8. Kravchenko, P. A., Oleshchenko, E. M. (2015) [Concept of full observability of road safety systems]. *Transport Rossijskoj Federacii* [Transport of the Russian Federation]. Special issue, pp. 25–31. (In Russ.).
9. Kravchenko, P. A., Oleshchenko, E. M. (2018) [A systematic approach to road safety management]. *Transport Rossijskoj Federacii* [Transport of the Russian Federation]. Vol. 2(75), pp. 14–18. (In Russ.).
10. Kurakina, E. V. (2022) *Metodologiya povysheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya po kriteriyu «nulevoj smertnosti» v dorozhno-transportnyh proissheshtviyah: dis. ... d-ra. tekhn. nauk* [Methodology for improving road safety according to the criterion of “zero mortality” in road accidents: dis.... dr. tech. sciences]. Orel, 424 p.
11. Martin, N., Ingled J. (1988) *Matematicheskaya teoriya entropii* [Mathematical theory of entropy]. Moscow: World, 350 p.
12. Petrov, A. I., Evtyukov, S. A. (2022) [Conceptual meanings of entropy analysis of the state of road safety in multi-scale motor transport systems]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [World of transport and technological machines]. Vol. 3–4(78), pp. 55–62. (In Russ.).
13. Petrov, A. I. (2016) [Motor transport accident as an identifier of the quality of life of citizens] *Ekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz* [Economic and social change: facts, trends, forecast]. Vol. 3(45), pp. 154–172. (In Russ.).
14. Prangishvili, I. V. (2003) *Entropijnye i drugie sistemnye zakonomernosti: Voprosy upravleniya slozhnymi sistemami* [Entropy and other system patterns: complex systems management issues]. Moscow: Science, 428 p.
15. Smit, A. (2022) *Issledovanie o prirode i prichinah bogatstva narodov* [A study on the nature and causes of the wealth of peoples]. Moscow: EKSMO, 1056 p.
16. Tyrsin, A. N. (2016) *Entropijnoe modelirovanie mnogomernyh stohasticheskikh sistem* [Entropy modeling of multidimensional stochastic systems]. Voronezh: Science book, 156 p.
17. Chernyak, Yu. I. (1975) *Sistemnyj analiz v upravlenii ekonomikoj* [System Analysis in Economic Management]. Moscow: Economics, 191 p.
18. Shambadal, P. (1976) *Razvitie i prilozhenie ponyatiya entropiya* [Development and application of the concept of entropy]. Moscow: Science, 283 p.
19. Estrategia Nacional de Seguridad de Tránsito 2021–2030 by Comision Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET). Available at: <https://archive.org/details/estrategia-nacional-de-seguridad-de-transito-2021-2030/mode/2up>. (accessed: 16.04.2023).
20. Petrov, A. I. (2022) Entropy Method of Road Safety Management: Case Study of the Russian Federation.

Entropy. Vol. 24. Is. 2, 177, <https://doi.org/10.3390/e24020177>. (In Eng.).

21. Petrov, A. I. (2023) Information and Entropy Aspects of the Specifics of Regional Road Traffic Accident Rate in Russia. *Information*. Vol. 14. Is. 2, 138, <https://doi.org/10.3390/info14020138>. (In Eng.).

22. Petrov, A. I. (2023) Philosophy and Meanings of the Information Entropy Analysis of Road Safety: Case Study of Russian Cities. *Information*. Vol. 14. Is. 6, 302, <https://doi.org/10.3390/info14060302>. (In Eng.).

23. Smeed, R. J. (1949) Some Statistical Aspects of Road Safety Research. *Journal Royal Statistics. A(I)*. Vol. 112, №. 1, pp. 1–34. (In Eng.).

Информация об авторе:

Артур Игоревич Петров, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

ORCID ID: 0000-0003-2634-0567, **Web of Science Researcher ID:** AAD-1846-2020, **Scopus Author ID:** 57191265004

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 19.05.2023; принята в печать: 31.07.2023.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Information about the author:

Artur Igorevich Petrov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Exploitation of automobile transport, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

ORCID ID: 0000-0003-2634-0567, **Web of Science Researcher ID:** AAD-1846-2020, **Scopus Author ID:** 57191265004

e-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

The paper was submitted: 19.05.2023.

Accepted for publication: 31.07.2023.

The author has read and approved the final manuscript.