УДК 656.086

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-5-249-259

© А. И. Петров, канд. техн. наук, доцент
(Тюменский индустриальный университет)
E-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

© A. I. Petrov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Tyumen Industrial University)
E-mail: ArtIgPetrov@yandex.ru

© С. А. Евтюков, д-р техн. наук, профессор
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: s.a.evt@mail.ru

© S. A. Evtyukov, Dr. Sci. Tech., Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: s.a.evt@mail.ru

© В. И. Колесов, канд. техн. наук, доцент
(Тюменский индустриальный университет)
E-mail: vikolesov@yandex.ru

© V. I. Kolesov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Tyumen Industrial University)
E-mail: vikolesov@yandex.ru

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМНОЙ ОРГАНИЗОВАННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕГИОНАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

EVOLUTION OF THE SYSTEM ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF ROAD TRAFFIC SAFETY IN RUSSIAN NORTHWESTERN REGIONS

Рассматриваются вопросы динамики (2004–2018 гг.) организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения (БДД) в трех разномасштабных системах (Россия, Северо-Западный федеральный округ (СЗФО), отдельные регионы СЗФО). В качестве характеристики системной организованности использован показатель относительной информационной энтропии H_n процесса обеспечения БДД. Рассматриваются идеология, методика и результаты количественной оценки информационной энтропии H систем обеспечения БДД. Представлены временные ряды изменения относительной информационной энтропии H_n систем обеспечения БДД в 2004–2018 гг. в России и Северо-Западном федеральном округе, а также в Ленинградской области и Санкт-Петербурге. Общий вывод по статье — в течение последних 15 лет как в России в целом, так и в регионах Северо-Запада страны информационная энтропия систем обеспечения БДД заметно снизилась, а значит, организованность процессов формирования безопасности участников дорожного движения значительно выросла.

Ключевые слова: безопасность дорожного движения, управление, дорожно-транспортная аварийность, организованность, информационная энтропия, Российская Федерация, Северо-Западный федеральный округ, регионы.

This article considers the issues of dynamics of organizing the road safety provision systems in three multi-scaled systems — Russia, Northwest Federal District (NWFD) and some individual Northwestern regions, referring to the period from 2004 to 2018. As the characteristic feature of the system organizational structure there was used the indicator of relative information entropy H_n of road safety provision process. The ideology, method and results of the quantitative assessment of information entropy of H_n systems aimed at road safety provision were considered. Time modification series of relative information entropy H_n of road safety provision systems in the period from 2004 to 2018 in Russia, Northwest Federal District, Leningrad region and Saint Petersburg are presented. The general conclusion of the study is that during the last 15 years in the specified districts, as well as in Russian Federation as a whole, information entropy of road safety provision systems has significantly decreased, i.e. the organizational structure of road traffic safety provision for the participants of road traffic has considerably increased.

Keywords: road traffic safety, management, road accident rate, system organizational structure, information entropy, the Russian Federation, Northwest Federal District, regions.

Введение. Управление — род профессиональной деятельности по переводу управляемой системы из фактического состояния в желаемое

(т. е. комплекс работ по практической реализации образа будущего). В ходе управленческой деятельности, как считает Шпредингер Э. [1, 2],

повышается структурно-технологическая упорядоченность как самой системы, так и процесса ее функционирования. Иначе говоря, любая управленческая деятельность прежде всего направлена на борьбу с энтропией, с процессом неуправляемого роста хаоса в системе. Качество управления можно достаточно точно идентифицировать, оценивая системную энтропию и динамику ее снижения.

Состояние любой транспортно-технологической системы описывается большим набором различных характеристик, которые можно классифицировать по различным признакам (эффективность и качество функционирования, скорость развития и т. д.) [3, 4]. В процессе системного управления необходимо контролировать десятки параметров состояния процесса перевозок и вовремя корректировать ход производственно-технологического процесса. Делать это достаточно сложно. Именно поэтому в транспортной сфере пытаются самым серьезным образом регламентировать (в целях формирования оптимального низкоэнтропийного состояния системы) поведение участников транспортного процесса. Предполагается, что это позволит снизить уровень хаоса транспортно-технологической системы и повысить надежность ее функционирования. С этой целью уже давно и успешно во всем мире широко используют систему ограничений, накладываемую на участников транспортного процесса, называемую Правилами дорожного движения. При организации дорожного движения реализация идеологии повышения безопасности дорожного движения (БДД) выражается в разработке сложных комбинаций режимов светофорного регулирования, во введении множества ограничений свобод участников дорожного движения.

Специфика транспортно-технологических систем — в их нестационарности, постоянной изменчивости и не всегда полной подконтрольности. Именно в связи с этими обстоятельствами управление транспортом является одним из самых сложных видов управленческой деятельности, а энтропия в транспортных системах всегда весьма велика. Одно из самых наглядных проявлений энтропии транспортных систем — дорожно-транспортная аварийность, которая, вопреки законам диалектики, обла-

дает только отрицательными, негативными проявлениями. Согласно оценкам Всемирной организации здравоохранения¹ в результате дорожно-транспортной аварийности ежегодно в мире погибает около 1,25 млн чел., травмируется более 30 млн чел., экономические ущербы от дорожно-транспортной аварийности достигают \$550 млрд. Вклад России в эту страшную статистику относительно скромнен, однако достигает 2 % ВВП страны.

Постановка задачи. Управлять большими системами принято, используя методологии, основанные на программно-целевых подходах. Отличительная черта таких подходов заключается в четком понимании системных причинно-следственных связей, в формулировании целевых установок и разработке системы ограничений, в рамках которой будет осуществляться вся деятельность. В [5, 6] представлена идея и аргументирована необходимость создания системы полной наблюдаемости систем обеспечения безопасности дорожного движения. Насколько это реально, пока не ясно, однако к настоящему моменту в России в полной мере реализуются Федеральная целевая программа по БДД (на срок 2013–2020 гг.)² и ее региональные аналоги. Основные тезисы этих программных документов перенесены в Стратегию безопасности дорожного движения РФ³.

Проблема, однако, состоит в том, что в этих документах лишь декларируются общие направления деятельности по повышению БДД и не формализуются частные методики решения обозначенных задач. Инструменты обеспечения БДД при этом могут быть использованы самые разные — как инженерно-конструкторского, так и юридически-правового характера. Действенность их использования также может быть очень разной в различных регионах такой большой страны, как Российская Федерация. Объясняется это множеством обстоятельств, в числе которых

¹ Всемирная организация здравоохранения. URL: <https://www.who.int/news-room/detail/07-12-2018-new-who-report-highlights-insufficient-progress-to-tackle-lack-of-safety-on-the-world's-roads> (дата обращения: 12.06.2019).

² Федеральная целевая программа по БДД на период 2012–2020 г. URL: <https://rg.ru/2013/10/08/bezopas-site-dok.html> (дата обращения: 12.06.2019).

³ Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 гг. URL: <http://static.government.ru/media/files/g6BXGgDI4fCEiD4xDdJUwLxudPATBC12.pdf> (дата обращения: 13.06.2019).

и национальная, и социально-экономическая специфика регионов. В этой связи в разных регионах очень по-разному формируется то состояние транспортно-технологических систем, которое в профессиональной среде именуется «безопасность дорожного движения». Хуже того, до сегодняшнего дня у профессионалов сферы обеспечения БДД просто нет инструмента для измерения степени организованности соответствующих систем.

Проведенный анализ состояния вопроса [1, 2, 7, 8] показывает, что одним из наиболее действенных инструментов оценки состояния системы с позиции ее организованности или готовности к противодействию негативного влияния хаоса является оценка энтропии. В данной статье представлены идеология, методика количественной оценки информационной энтропии в сфере обеспечения БДД и результаты оценки динамики относительной энтропии систем обеспечения безопасности дорожного движения в регионах Северо-Западного федерального округа Российской Федерации.

Основные понятия, определения и формулы. В данной статье базовыми основополагающими понятиями являются *организованность* и *информационная энтропия*. В этой связи необходимо сформулировать определения этих понятий.

Организованность — свойство системы, идентифицирующее результат практической реализации действия совокупности правил, запретов, структурирующих систему и ограничивающих свободу ее изменений [9]. По отношению к процессу может быть использовано это же определение. Несмотря на фонетическую созвучность терминов «организованность» и «организация» их смысловые нагрузки не идентичны. Скорее «организованность» надо рассматривать в контексте «упорядоченности» как антипода понятия «хаос». Применительно к процессам обеспечения безопасности дорожного движения организованность понимается как определенное насилие над участниками транспортного процесса, что снижает степень свободы их действий на дороге и вероятность нарушения ими правил дорожного движения. А это автоматически влияет на снижение вероятности формирования

аварийно-опасных ситуаций и резко улучшает итоговую статистику ДТП.

Информационная энтропия — мера неопределенности состояния (дезорганизованности) некоторой системы [9]. Понятие информационной энтропии, введенное К. Шенноном в классических работах о теории передачи информации [10, 11], означает вероятность какого-либо события. При этом верно правило, что чем меньше вероятность события, тем больше информации оно содержит [1, 2]. Применительно к оценке организованности процессов обеспечения БДД это высказывание надо понимать следующим образом: при низком уровне информационной энтропии мы, как организаторы транспортно-технологического процесса, можем в большей степени гарантировать безопасность функционирования этой системы. В условиях высокой неопределенности состояния системы мы можем получить множество вариантов исходов транспортного процесса, включая и самые нежелательные, в том числе ДТП и его последствия.

Оценка степени неопределенности состояния системы, т. е. ее дезорганизованности, согласно классическим установкам К. Шеннона [10, 11] осуществляется посредством информационной энтропии H (1):

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

где n — число звеньев передачи информации в системе; w_i — вес значимости звена (весовой коэффициент) в общем механизме системно-технологического процесса ($\sum_{i=1}^n w_i = 1$).

Но более наглядной мерой оценки меры дезорганизованности системных процессов принято считать относительную информационную энтропию H_n [10, 11] (2):

$$H_n = H/H_{\max} = H/\ln(n). \quad (2)$$

Значения H_n изменяются в диапазоне от 0 до 1, причем 1 означает полную дезорганизованность (или хаотичность) процесса, а 0, наоборот, полную организованность и отсутствие в системе хаоса. Разумеется, в природе не бывает полностью организованных или дезорганизованных систем и процессов и более-менее реальный диапазон значений H_n для сферы обеспечения БДД находится в пределах 0,5–0,9. Во всяком случае, для крайне репрессивной системы обеспечения

БДД в Великобритании значение H_n в 2015 г. составлял чуть менее 0,50 [8], а для систем обеспечения БДД некоторых африканских стран H_n — может достигать 0,90–0,92.

Важно отметить, что дезорганизованность является обратной стороной организованности, а значит, снижение со временем значения относительной энтропии H_n будет означать повышение степени организованности системы или процесса, оцениваемую посредством негэнтропии $(1 - H_n)$.

Методика количественной оценки информационной энтропии (H и H_n) в сфере обеспечения БДД. Надо отметить, что основные принципы данной методики были разработаны авторами данной статьи и представлены в ранее опубликованных работах [7, 8, 9, 12]. К настоящему моменту российское научное сообщество уже в некоторой степени ознакомлено с сутью методики. Так, результаты исследований в данном направлении были представлены авторами на ряде представительных научно-практических конференций в Санкт-Петербург в 2016 и 2018 г., в г. Орле в 2017, 2018, 2019 г., в Москве в 2018 г., в г. Оренбурге в 2017 г., в г. Тюмени в 2016, 2017, 2018, 2019 г. В этой связи в статье будут упомянуты лишь основные идеи данной методики.

Ниже представлены основные этапы методики оценки системной организованности безопасности дорожного движения [7, 8, 9, 12].

1. Идентификация сути кибернетического процесса передачи информации в ходе исследуемого процесса. Процесс формирования дорожно-транспортной аварийности необходимо рассматривать с позиций процесса передачи количественной информации по объектно-смысловой цепочке «население – парк

транспортных средств – совокупность всех дорожно-транспортных происшествий (ДТП) – совокупность всех пострадавших в ДТП – совокупность всех погибших в ДТП» (рис. 1). При этом масштаб рассмотрения проблемы процесса формирования дорожно-транспортной аварийности может быть самым разным: от крупного (Мир-система или Континент) и по понижению масштаба от среднего (государство или страна – отдельные регионы страны) до самого мелкого (город – отдельный район города – отдельный участок УДС).

2. Расчет численных значений коэффициента передачи K_i информации между блоками объектно-смысловой цепочки (см. рис. 1). Так как весь процесс формирования аварийности можно рассматривать как совокупность четырех субпроцессов, то и соответствующих коэффициентов K_i также будет четыре: K_N (коэффициент, описывающий трансформацию численности населения в численность парка транспортных средств, характерную для данной совокупности населения), K_{RA} (коэффициент, описывающий трансформацию парка в фактическое число ДТП), K_V (коэффициент формирования в процессе ДТП определенного числа пострадавших), K_D (коэффициент, определяющий долю погибших среди пострадавших в ДТП).

3. Определение так называемого позитива или положительного вклада Q относительно веса соответствующего звена исследуемого трансформационного процесса в объектно-смысловой цепочке передачи информации «население – <...> – число погибших в ДТП».

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

Рис. 1. Объектно-смысловая цепочка передачи количественной информации в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности [7, 8, 9, 12]

Физический смысл положительного вклада Q различных элементов цепочки «население – <...> – число погибших в ДТП» в конечный результат дорожно-транспортной аварийности является мерой объема информации или производной энтропии исследуемого процесса.

4. Определение структуры весовых коэффициентов w_i для оценки положительного вклада Q различных элементов цепочки «Население – <...> – число погибших в ДТП». Наличие расчетных значений w_i , а именно w_N , w_{RD} , w_V , w_D позволяет оценить влияние различных блоков исследуемой цепочки на формирование конечной аварийности.

5. Расчет фактических значений энтропии H как характеристики организованности систем обеспечения БДД различной размерности по классической формуле К. Шеннона (1).

6. Расчет по формуле (2) фактических значений относительной энтропии H_n для изучаемых систем обеспечения БДД.

7. Анализ полученных значений относительной энтропии H_n , характерной для соответствующих систем обеспечения БДД и использование этой информации для решения частных задач. В нашем случае — для идентификации тренда организованности систем обеспечения БДД и осмысления эволюционных изменений в изучаемых системах.

Исходные данные и результаты расчета относительной энтропии H_n систем обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации, Северо-Западном федеральном округе (СЗФО), Ленинградской области и Санкт-Петербурге. В статье представлены (табл. 1–4) необходимые исходные данные и результаты расчета относительной энтропии H_n , выполненные для четырех разноразмерных систем обеспечения БДД. Надо отметить, что для понимания общего тренда изменения организованности систем БДД и идентификации эволюционных изменений исследуемого процесса расчеты были проведены для временного периода в 15 лет (2004–2018 гг.).

Оценка общего тренда системной организованности безопасности дорожного движения в четырех разноразмерных системах обеспечения безопасности дорожного движения. На рис. 2 приведены временные (2004–2018 гг.) ряды значений относительной энтропии H_n систем обеспечения БДД сверхбольшого размера (РФ), мегаразмера (СЗФО РФ) макроразмера (Ленинградская область), максиразмера (Санкт-Петербург).

Процессы упорядочивания функционирования систем обеспечения безопасности дорожного движения во времени во всех исследуемых системах протекают большую часть времени параллельно (см. рис. 2). Большая плавность хода

Рис. 2. Динамика относительной энтропии H_n для различных систем обеспечения БДД (Россия, СЗФО РФ, Ленинградская область и Санкт-Петербург)

Таблица 1

Исходные данные⁴ и результаты расчета величины относительной энтропии H_n системы обеспечения БДД в России

Год	Население РФ, тыс. чел.	Парк транспортных средств в РФ, тыс. ед.	Годовое число ДТП в РФ, ед.	Годовое число пострадавших в ДТП в РФ, чел.	Годовое число погибших в ДТП в РФ, чел.	Относительная энтропия системы обеспечения БДД в РФ H_n
2004	144168,2	29025,3	208558	284865	34506	0,789
2005	143474,2	31087,6	223342	308821	33957	0,784
2006	142753,6	34968,2	229140	318086	32724	0,781
2007	142221,0	35885,3	233809	325514	33308	0,780
2008	142008,8	38696,0	218322	300819	29936	0,768
2009	141904,0	41206,4	203618	283143	27659	0,760
2010	142856,5	42062,7	199431	277202	26567	0,757
2011	142865,4	43325,3	199868	279801	27953	0,755
2012	143030,1	45471,1	203597	286609	27991	0,751
2013	143347,1	47881,8	204068	285462	27025	0,745
2014	143666,9	49540,4	199720	278748	26963	0,739
2015	146267,3	51591,9	184000	254311	23114	0,732
2016	146544,7	54014,3	173694	241448	20308	0,727
2017	146804,4	53500,0	169432	234462	19088	0,728
2018	146880,4	53047,0	168099	233067	18214	0,730

⁴ Показатели состояния безопасности дорожного движения. Госавтоинспекция МВД России. Официальный интернет-сайт. URL: <https://www.gibdd.ru/stat/> (дата обращения: 21.06.2019).

Таблица 2

Исходные данные и результаты расчета величины относительной энтропии H_n системы обеспечения БДД в Северо-Западном федеральном округе

Год	Население СЗФО, тыс. чел.	Парк транспортных средств в СЗФО, тыс. ед.	Годовое число ДТП в СЗФО, ед.	Годовое число пострадавших в ДТП в СЗФО, чел.	Годовое число погибших в ДТП в СЗФО, чел.	Относительная энтропия системы обеспечения БДД в СЗФО H_n
2004	13832	3253,0	23543	31350	3393	0,779
2005	13731	3344,3	25027	33737	3281	0,783
2006	13628	3461,0	25689	34612	3227	0,781
2007	13550	3725,4	26559	35578	3057	0,774
2008	13501	4006,1	25066	33252	2680	0,763
2009	13462	4263,5	23353	31032	2443	0,754
2010	13437	4321,2	22936	30900	2254	0,755
2011	13593	4482,7	23547	31996	2525	0,753
2012	13652	4718,0	23963	32775	2497	0,750
2013	13717	4914,9	23682	32389	2347	0,745
2014	13886	5461,0	23467	31997	2419	0,731
2015	13896	5516,2	20749	27800	2036	0,722
2016	13943	5901,4	18617	25619	1712	0,716
2017	13996	6090,2	18200	24413	1592	0,707
2018	14016	6147,1	18612	25096	1527	0,709

Таблица 3

Исходные данные и результаты расчета величины относительной энтропии H_n системы обеспечения БДД в Ленинградской области

Год	Население Ленинградской области, тыс. чел.	Парк транспортных средств в Ленинградской области, тыс. ед.	Годовое число ДТП в Ленинградской области, ед.	Годовое число пострадавших в ДТП в Ленинградской области, чел.	Годовое число погибших в ДТП в Ленинградской области, чел.	Относительная энтропия системы обеспечения БДД в Ленинградской области H_n
2004	1660	406,2	2991	4398	746	0,781
2005	1653	410,8	2995	4474	685	0,786
2006	1644	431,1	3318	4857	720	0,783
2007	1638	459,6	3424	5059	738	0,779
2008	1633	500,1	3317	4830	628	0,769
2009	1632	540,8	3237	4681	605	0,757
2010	1629	556,6	3321	4948	568	0,763
2011	1714	595,1	3506	5108	642	0,754
2012	1730	644,6	3576	5463	642	0,755
2013	1751	654,9	3794	5780	635	0,758
2014	1776	719,4	4074	6266	704	0,750
2015	1779	726,7	3431	5112	611	0,734
2016	1792	784,5	2966	4293	493	0,714
2017	1814	823,1	2774	4090	429	0,711
2018	1848	830,7	2964	4342	438	0,715

Таблица 4

Исходные данные и результаты расчета величины относительной энтропии H_n системы обеспечения БДД в Санкт-Петербурге

Год	Население Санкт-Петербурга, тыс. чел.	Парк транспортных средств в Санкт-Петербурге, тыс. ед.	Годовое число ДТП в Санкт-Петербурге, ед.	Годовое число пострадавших в ДТП в Санкт-Петербурге, чел.	Годовое число погибших в ДТП в Санкт-Петербурге, чел.	Относительная энтропия системы обеспечения БДД в Санкт-Петербурге H_n
2004	4624	1159,8	8397	10158	825	0,761
2005	4600	1195,5	8450	10373	731	0,763
2006	4581	1243,9	8866	10907	752	0,762
2007	4571	1355,8	9243	11400	706	0,755
2008	4568	1481,7	8814	10826	613	0,744
2009	4582	1580,6	7931	9878	514	0,737
2010	4600	1609,8	7532	9329	397	0,734
2011	4858	1659,4	7550	9346	471	0,734
2012	4951	1735,4	8288	10365	445	0,736
2013	5028	1812,3	8341	10463	444	0,733
2014	5192	1770,4	8222	10416	412	0,741
2015	5225	1788,3	7243	8866	354	0,730
2016	5282	2064,4	6104	7447	239	0,709
2017	5352	2150,6	6311	7764	263	0,708
2018	5384	2184,3	6463	7925	232	0,707

Рис. 3. Динамика относительной энтропии H_n для региональных систем обеспечения БДД (субъекты СЗФО)

процесса характерна для самых крупных систем; большая амплитуда колебаний значений относительной энтропии H_n во времени характерна для систем меньшего размера. Еще одно наблюдение касается качественных изменений тренда H_n разноразмерных систем обеспечения БДД. В период с 2004 по 2013 г. H_n системы обеспечения БДД в Санкт-Петербурге примерно на 0,02 было ниже, чем аналоги в России, СЗФО, Ленинградской области, что вполне объяснимо. Город, тем более – город федерального значения с населением около 5 млн чел., всегда имеет ресурсно-организационное преимущество в управлении социотехническими процессами перед регионом и в целом страной. Однако в 2014–2015 гг. это преимущество в степени организованности систем обеспечения БДД было нивелировано и к 2018 г. степень организованности систем обеспечения БДД в Санкт-Петербурге, Ленинградской области и СЗФО находится на сопоставимых уровнях ($H_n = 0,707–0,715$). При этом ситуация

с обеспечением организованности системы обеспечения БДД в целом по России в 2018 г. может быть оценена как $H_n = 0,73$, т. е. примерно на $\Delta H_n = 0,02$ превышает значения, характерные для Северо-Запада страны.

За прошедшие 15 лет снижение ΔH_n составило 0,05–0,06 или около 6,5–7,0 %. Много это или мало? Хорош ли этот темп повышения организованности системной организованности в сфере БДД в России? Сложно сказать определенно. Однако если сравнивать ситуацию в этой сфере с аналогами в некоторых европейских странах, таких как Великобритания и Швеция (социальный риск $HR_{2017} = 2,8–2,9$ погибших в ДТП/100 тыс. чел.), то для этих стран характерен уровень $H_n \approx 0,5$ [8], а значит, чтобы достичь текущие уровни организованности систем обеспечения БДД этих стран с учетом сложившегося эволюционного тренда, России потребуется минимум 25–30 лет даже с учетом экспоненци-

ального роста положительных процессных эффектов.

Оценка тренда системной организованности безопасности дорожного движения в регионах Северо-Западного федерального округа. На рис. 3 представлены временные (2004–2018 гг.) ряды значений относительной энтропии H_n региональных (макроразмер) систем обеспечения БДД.

Визуальный анализ рис. 3 позволяет понять, что, несмотря на региональную специфику, практически во всех регионах СЗФО в течение последних 15 лет уровень организованности систем обеспечения БДД вырос, так как относительная энтропия H_n процессов формирования дорожно-транспортной аварийности устойчиво снижается. Однако темпы этого положительного процесса в разных регионах серьезно различаются. На общем региональном фоне выделяются, но по разным причинам, три региона: Калининградская и Псковская области и Республика Карелия. В Калининградской области все 15 лет уровень системной организованности в сфере обеспечения БДД был на относительно более высоком уровне, чем в других субъектах СЗФО. Возможная причина — в более высоком уровне автомобилизации и более качественном автопарке, в относительно более высокой транспортной культуре и, возможно, каких-то других эффектах.

Карелия и Псковская область выгодно отличаются от других регионов СЗФО небывалым темпом снижения величины H_n в 2013–2014 гг., при этом в Псковской области зафиксировано общее снижение H_n в течение 15 лет с 0,801 до 0,684 ($\Delta H_n = 0,117$ против $\Delta H_n = 0,05–0,06$ в России), т. е. этот процесс в конкретном регионе протекал примерно в 2 раза интенсивнее, чем в России в целом. Возможно объяснение — в качественном изменении в течение времени структуры веса блоков объектно-смысловой цепочки передачи количественной информации в процессе формирования дорожно-транспортной аварийности. Происходит это по причине, например, депопуляции указанных регионов, т. е. изменения веса w_N , а также из-за роста автомобилизации среди оставшегося в регионе населения, что также приводит к изменению структуры весов w_i .

Оценка динамики относительной энтропии H_n систем обеспечения безопасности дорожного движения в регионах Северо-Запада России. Процедура аппроксимации временных рядов изменения значений относительной энтропии H_n систем обеспечения БДД в регионах СЗФО в течение 2004–2018 гг. линейной функцией $H_n = f(\text{Years})$ позволила установить численные значения параметра b модели $H_n = a + b(\text{Years})$.

Значения этого параметра представлены в табл. 5.

Анализ численных значений параметра b модели $H_n = a + b(\text{Years})$, характерных для регионов СЗФО, может быть основой для выводов об особенностях динамики роста организованности региональных систем обеспечения БДД.

В целом для СЗФО модель $H_n = a + b(\text{Years})$ может быть идентифицирована как

$$H_n = 12,2252 - 0,0057 \cdot \text{Years} (R^2 = 0,961).$$

Таблица 5

Численные значения параметра b модели $H_n = a + b(\text{Years})$ для различных регионов Северо-Западного федерального округа

Субъект Северо-Западного федерального округа	Численные значения параметра b модели $H_n = a + b(\text{Years})$	Коэффициент детерминации модели R^2
Республика Карелия	– 0,0099	0,892
Республика Коми	– 0,0044	0,837
Архангельская область	– 0,0072	0,964
Вологодская область	– 0,0071	0,933
Калининградская область	– 0,0063	0,883
Ленинградская область	– 0,0054	0,899
Санкт-Петербург	– 0,0039	0,866
Мурманская область	– 0,0067	0,910
Новгородская область	– 0,0063	0,820
Псковская область	– 0,1040	0,805
Ненецкий АО	– 0,0054	0,466

Общие выводы об эволюционных изменениях системной организованности безопасности дорожного движения в регионах Северо-Запада России.

Чем в большей степени снижается относительная энтропия H_n систем обеспечения БДД, тем в большей степени увеличивается степень организованности систем обеспечения БДД. В этой связи данные табл. 5 позволяют понять, что в течение последних 15 лет (2004–2018 гг.):

- максимально высокий темп роста организованности систем обеспечения БДД характерен для Псковской области ($b = -0,1040$ или $1,04\%$ в год) и Республики Карелия ($b = -0,0099$ или $0,99\%$ в год);

- относительно невысокий темп роста организованности систем обеспечения БДД характерен для Санкт-Петербурга ($b = -0,0039$ или $0,39\%$ в год) и Республики Коми ($b = -0,0044$ или $0,44\%$ в год);

- в других регионах СЗФО диапазон изменения организованности систем обеспечения БДД определяется как $[-0,0054; -0,0072]$ или $[-0,54\%$ в год; $-0,72\%$ в год];

- учитывая сложившиеся тренды средней динамики снижения H_n на $\approx 0,5\%$ в год, для достижения на Северо-Западе России уровня лучших мировых практик организованности систем обеспечения БДД ($H_n \approx 0,5$) потребуется по меньшей мере 25–30 лет даже с учетом экспоненциального роста положительных процессных эффектов;

- В Стратегии БДД РФ на период до 2030 г. в качестве целевого показателя на 2024 г. в целом для РФ обозначен уровень социального риска 4 погибших в ДТП/100 тыс. жителей или около 6000 погибших в ДТП в год при ожидаемой численности населения страны 150 млн чел. Насколько реально достижение этого показателя? С учетом тренда снижения H_n по $0,5\%$ в год в течение 2019–2024 гг. или за 6 лет можно ожидать снижения величины H_n примерно на 3% относительно $H_{n \text{ РФ } 2018} = 0,730$ или до уровня $H_{n \text{ РФ } 2024} = 0,708$. Этот уровень динамики относительной информационной энтропии в системе обеспечения БДД России позволит достичь уровня смертности в ДТП примерно в 16,0–16,5 тыс. чел. в год. Для достижения амбициозных планов, сформулированных в Стратегии БДД РФ на период до 2030 г., необходимо иметь темп сни-

жения H_n по 5% в год. Вряд ли это достижимо. Скорее будет достигнут некий промежуточный результат.

Библиографический список

1. Schrödinger E. What is Life — the Physical Aspect of the Living Cell. Cambridge University Press. 1944.
2. Шредингер. Э. Что такое жизнь? Физический аспект живой клетки. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. 92 с.
3. Koryagin M., Dementiev A., Sokolov V. Management system of urban transport market // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. Pp. 334–340.
4. Vuchic V. R. Transportation for livable cities (N. J: Rutgers University, Brunswick, 1999), 352 p.
5. Кравченко П. А., Олещенко Е. М. Концепция полной наблюдаемости систем обеспечения безопасности дорожного движения // Транспорт Российской Федерации. 2015. Специальный выпуск. С. 25–31.
6. Кравченко П. А., Олещенко Е. М., Добромиров В. Н. Механизмы реализации государственной концепции обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 6 (65). С. 280–284.
7. Petrov A., Kolesov V. Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian cities // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 177. 012015.
8. Kolesov V., Petrov A. System dynamics of process organization in the sphere of traffic safety assurance // Transportation Research Procedia. 2018. № 36. Pp. 286–294.
9. Петров А. И., Евтюков С. А. Новая антиэнтропийная концепция организованности систем обеспечения безопасности дорожного движения // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 1(72). С. 184–193.
10. Shannon C. A. Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. 1948. Vol. 27. Pp. 379–423, 623–656.
11. Shannon C. Communication Theory of Secrecy Systems // Bell System Technical Journal. 1949. Vol. 28. Pp. 656–715.
12. Kolesov V., Petrov A. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management // Transportation Research Procedia. 2017. № 20. Pp. 305–310.

References

1. Schrödinger E. What is Life? The Physical Aspect of the Living Cell. Cambridge University Press Publ., 1944.
2. Shryodinger. Eh. Chto takoe zhizn'? Fizicheskiy aspekt zhivoy kletki [What is life? The physical aspect

of a living cell]. Moscow, Izhevsk: NITs Regul'yarnaya i Khaoticheskaya Dinamika Publ., 2002, 92 p.

3. Koryagin M., Dementiev A., Sokolov V. Management system of urban transport market. *Transportation Research Procedia*, 2018, no. 36, pp. 334–340.

4. Vuchic V. R. *Transportation for livable cities*. Brunswick, N. J: Rutgers University Publ., 1999, 352 p.

5. Kravchenko P. A., Oleshchenko E. M. *Kontseptsiya polnoy nablyudaemosti sistem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Concept of complete observability of road traffic safety systems]. *Transport Rossiyskoy Federatsii – Transport of the Russian Federation*, 2015, pp. 25–31.

6. Kravchenko P. A., Oleshchenko E. M., Dobromirov V. N. *Mekhanizmy realizatsii gosudarstvennoy kontseptsii obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [Mechanisms of implementing the state concept of traffic safety provision]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 6 (65), pp. 280–284.

7. Petrov A., Kolesov V. *Entropic analysis of dynamics of road safety system organization in the largest Russian*

cities. Proc. of the IOP Conference Ser.: Earth and Environmental Science, 2018, vol. 177, 012015.

8. Kolesov V., Petrov A. System dynamics of process organization in the sphere of traffic safety assurance. *Transportation Research Procedia*, 2018, no. 36, pp. 286–294.

9. Petrov A. I., Evtyukov S. A. *Novaya antiehtropiynaya kontseptsiya organizovannosti sistem obespecheniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya* [A new anti-entropic conception of forming the road traffic safety provision systems]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2019, no. 1 (72), pp. 184–193.

10. Shannon C. A. Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 1948, vol. 27, pp. 379–423, 623–656.

11. Shannon C. Communication Theory of Secrecy Systems. *Bell System Technical Journal*, 1949, vol. 28, pp. 656–715.

12. Kolesov V., Petrov A. Cybernetic Modeling in Tasks of Traffic Safety Management. *Transportation Research Procedia*, 2017, no. 20, pp. 305–310.