

Научная статья
 DOI: 10.15593/24111678/2023.02.07
 УДК 341.222.4+625.7

В.С. Шиковский

ООО «Геолайт», Москва, Россия

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПУНКТА ПРОПУСКА ЧЕРЕЗ ГОСУДАРСТВЕННУЮ ГРАНИЦУ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ВМЕСТИМОСТЬ НАКОПИТЕЛЬНЫХ СТОЯНОК ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Для решения задач, связанных с организацией пропуска транспортных средств через государственную границу Российской Федерации, рассматривается представление автомобильных пунктов пропуска в виде систем массового обслуживания, для которых поток автомобилей, проходящих государственный контроль, является потоком обслуживания заявок, поступающих в систему.

Приводится исходная статистическая информация о функционировании автомобильных пунктов пропуска и результаты расчета среднего времени прохождения пунктов пропуска различными типами транспортных средств (легковыми, грузовыми и пассажирскими). Приведены результаты статистической обработки полученных данных, на основании которых построены эмпирические полигоны, и теоретические кривые распределения случайных значений времени прохождения транспортными средствами пунктов пропуска, включая время, затраченное на проведение контрольных операций. На основании сопоставления полученных графиков сформулирована гипотеза о виде закона распределения исследуемых случайных величин, для проверки, которой в качестве обобщающей меры принят критерий Пирсона.

В результате проведенного анализа гипотеза о том, что случайные значения времени прохождения пунктов пропуска различными типами транспортных средств подчиняются экспоненциальному закону распределения, не опровергнута. Доказана легитимность применения предположения о простейшем потоке для потоков транспортных средств, проходящих государственный контроль в пункте пропуска.

Сделан вывод, что для описания в дальнейших исследованиях простейшего потока транспортных средств, проходящих контроль в пункт пропуска, достаточным условием будет является его заданная интенсивность. Установленное положение позволит при моделировании процессов функционирования пунктов пропуска применять теорию систем массового обслуживания и решить прикладную задачу определения необходимой вместимости накопительных стоянок для транспортных средств, ожидающих пропуска через государственную границу.

Ключевые слова: автомобильная дорога, пункты пропуска, интенсивность движения, пропускная способность, обработка данных, система массового обслуживания, простейший поток.

V.S. Shikovsky

LLC «Geolight», Moscow, Russian Federation

THE DURATION OF CONTROL OPERATIONS WHEN PASSING A CHECKPOINT ACROSS THE STATE BORDER AS A FACTOR AFFECTING THE CAPACITY OF ACCUMULATIVE PARKING LOTS FOR VEHICLES

In order to solve problems related to the organization of the passage of vehicles across the state border of the Russian Federation, the article considers the representation of automobile checkpoints in the form of queuing systems, for which the flow of cars passing state control is the flow of servicing applications entering the system.

The initial statistical information on the functioning of automobile checkpoints and the results of calculating the average time for passing checkpoints by various types of vehicles (cars, trucks and passengers) are given. The results of statistical processing of the obtained data are presented, on the basis of which empirical polygons and theoretical curves for the distribution of random values of the time it takes for vehicles to pass through checkpoints, including the time spent on control operations, are constructed. On the basis of a comparison of the obtained graphs, a hypothesis was formulated about the form of the distribution law of the random variables under study, for the verification of which the Pearson criterion was adopted as a generalizing measure.

As a result of the analysis, the hypothesis that random values of the time of passage of checkpoints by various types of vehicles obey the exponential distribution law has not been refuted. The legitimacy of applying the assumption of the simplest flow for flows of vehicles passing state control at the checkpoint is proved.

It is concluded that for the description in further studies of the simplest flow of vehicles passing control at the checkpoint, a sufficient condition will be its given intensity. The established provision will allow, when modeling the functioning of checkpoints, to apply the theory of queuing systems and solve the applied problem of determining the required capacity of storage areas for vehicles waiting to pass through the state border.

Keywords: road, automobile checkpoints, traffic intensity, capacity, data processing, queuing system, simplest flow.

Актуальность исследования

Согласно стратегическим планам развития экономики государства в целом и транспортной отрасли в частности вопросы, связанные с предоставлением комплексной инфраструктурной услуги для обеспечения управления потоками транспортных средств через государственную границу Российской Федерации, являются актуальными [1–6]. Одним из путей их решения, направленным на улучшение условий движения транспортных средств на подъездах к автомобильным пунктам пропуска через государственную границу Российской Федерации (далее – пункты пропуска), выступает устройство на участках автомобильных дорог, примыкающих к пунктам пропуска, накопительных стоянок для транспортных средств, ожидающих пропуска через государственную границу, оснащенных необходимыми техническими средствами [7–9]. Согласно рекомендациям Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24.04.2013 № 9 «О разделении транспортных потоков в автомобильных пунктах пропуска через таможенную границу Таможенного союза и на подъездах к ним» в качестве критерия выбора вместимости таких стоянок рекомендуется использовать суточную пропускную способность пунктов пропуска.

Уточнение установленной рекомендации и нахождение решения практической задачи определения необходимой и достаточной вместимости накопительных стоянок целесообразно осуществлять с учетом загруженности пункта пропуска и интенсивности дорожного движения на его подходах. Такое решение может быть основано на применении теории массового обслуживания к процессам, протекающим в пункте пропуска, который представляет собой дискретную систему со стохастическим характером функционирования.

Во многом технологические процессы, протекающие в пункте пропуска, и их закономерности остаются недостаточно изученными, и особый интерес вызывают временные характеристики процесса проведения контрольных операций при пропуске через государственную границу транспортных средств, которые оказывают большое влияние на время прохождения транспортным средством пункта пропуска. В системе массового обслуживания указанное время будет представляться как длительность обслуживания заявок, то есть как некая случайная величина, описываемая функцией $B(\tau)$ или плотностью распределения $b(\tau) = B'(\tau)$. Установление вида закона распределения длительности обслуживания, то есть длительности контроля различных транспортных средств в пункте пропуска, существенно упрощает аналитические расчеты.

Как правило, исследования моделей массового обслуживания проводят, исходя из гипотезы о простейшем (пуассоновском) потоке обслуживания заявок, обладающем такой особенностью, как суммирование потоков, и для описания которого достаточным является задание интенсивности самого потока. Для подтверждения данной гипотезы необходимо доказать, что интервалы времени между заявками, то есть случайные значения времени прохождения транспортным средством пункта пропуска, включая продолжительность проведения контрольных операций, распределены по экспоненциальному закону [10–12].

Анализ статистических данных о функционировании пунктов пропуска

1. Источник информации о функционировании пунктов пропуска. При проведении исследований источником информации послужили статистические данные официальных сайтов Федеральной таможенной службы, Министерства транспорта Российской Федерации, Ассоциации международных автомобильных перевозчиков (АСМАП), публикации и собственные исследования в сфере нормативного регулирования вопросов, касающихся примыканий к пунктам пропуска [13; 14]. Так, в пунктах пропуска продолжительность проведения контрольных операций транспортных средств, согласно распоряжению Правительства РФ от 28.08.2021

№ 2393-р «О внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 15.10.2020 № 2662-р», устанавливается в «Технологических схемах организации пропуска через государственную границу Российской Федерации физических лиц, транспортных средств, грузов, товаров и животных» (далее – технологические схемы). В табл. 1 на примере 29 пунктов пропуска приведены значения продолжительности проведения контрольных операций для различных типов транспортных средств.

Таблица 1

Регламентированная продолжительность проведения контрольных операций при пропуске транспортных средств через государственную границу Российской Федерации

Наименование автомобильного пункта пропуска	Время контрольных операций для транспортных средств, мин		
	грузовые	автобусы	легковые
Адлер	До 180	До 30	До 15
Борисоглебск	От 22 до 50	От 27 до 57	До 15
Брусничное	От 25	До 55	До 30
Бугристовое	До 20	До 30	До 15
Бурачки	От 47 до 74	До 52	От 10 до 31,5
Верхний Ларс	До 20	До 30	До 15
Веселоярск	До 30	До 40	До 20
Вяртсиля	До 22	До 27	До 15
Забайкальск	До 62	До 77	До 41
Ивангород	От 40 до 88	До 60–120	До 29
Илек	До 20	До 30	До 15
Кяхта	До 60	До 30	До 20
Люття	От 22 до 180	До 30	До 15
Маштаково	До 20	До 30	До 15
Нехотеевка	До 80	До 50	До 15
Нижний Зарамаг	До 20	До 30	До 15
Озинки	До 20	До 30	До 15
Орск	До 10	До 10	До 5
Петухово	До 20	До 30	До 15
Сагарчин	До 20	До 30	До 15
Светогорск	До 60	До 45	До 25
Советск	От 10 до 90	От 10 до 90	От 10 до 90
Ташанта	До 40	До 50	До 25
Торфяновка	От 58 до 168	До 50	До 20
Троебортное	До 180	До 80	До 50
Хандагайты	От 20 до 180	До 180	До 60
Чернышевское	От 80 до 180	До 60	От 10 до 60
Шумилкино	От 39,5 до 137,5	До 47,5	От 12,5 до 30
Яраг-Казмаляр	До 60–80	До 60–80	До 25–30

Приведенные в табл. 1 данные представляют собой максимально разрешенную длительность контроля транспортного средства в пункте пропуска. Время, затраченное транспортным средством на прохождения пункта пропуска, будет определяться в основном продолжительностью контрольных операций. Фактическое же время прохождения транспортным средством пункта пропуска может отличаться от нормируемых значений. Согласно технологической схеме поступление на контроль транспортных средств одного типа, как правило, запланировано через одинаковые интервалы времени, то есть поток транспортных средств, проходящих через пункт пропуска, должен образовывать детерминированный поток. Однако в процессе контроля интервалы времени между поступающими транспортными средствами изменяются под влиянием многих, в основном случайных, факторов, таких как различные задержки при проведении контрольных операций, которые приводят к тому, что проходящие пункт пропуска транспорт-

ные средства образуют случайный поток, причем, чем дальше от открытия пункта пропуска, тем больше поток транспортных средств похож на простейший.

2. Определение среднего времени прохождения пункта пропуска транспортными средствами. Для определения фактического времени прохождения пункта пропуска транспортными средствами использованы данные о среднегодовой суточной пропускной способности на примере данных 2019 г. и количестве полос движения в 66 пунктах пропуска (табл. 2), на основании которых произведен расчет среднего времени, затрачиваемого различными типами транспортных средств: легковыми (ЛТС), пассажирскими (ПТС) и грузовыми (ГТС), на прохождения пункта пропуска.

Таблица 2

Параметры функционирования пунктов пропуска

Наименование автомобильного пункта пропуска	Суточная пропускная способность пункта пропуска, авт./сут				Количество полос в пункте пропуска по направлениям движения транспорта			Среднее время прохождения транспортным средством пункта пропуска, мин		
	всего	ЛТС	ПТС	ГТС	ЛТС	ПТС	ГТС	ЛТС	ПТС	ГТС
Адлер	6383	5855	262	266	13	8	2	3	44	11
Брусничное	2827	2391	52	384	7	2	12	4	55	45
Верхний Ларс	2820	2138	59	624	9	2	4	6	49	9
Торфяновка	2658	2154	57	446	8	2	14	5	51	45
Нехотеевка	2321	2091	77	153	22	4	4	15	75	38
Маштаково	2026	1286	33	706	4	2	4	4	87	8
Светогорск	1945	1785	17	143	8	2	9	6	174	91
Вяртсиля	1934	1666	8	260	10		4	9	9	22
Бургистое	1926	1199	30	697	4	2	7	5	97	14
Ивангород	1681	1429	85	167	6	4	4	6	68	35
Мамоново (Гжехотки)	1558	1440	10	108	8	2	14	8	281	187
Багратионовск	1537	1438	27	72	4	2	4	4	106	80
Сагарчин	1333	798	42	492	2	1	2	4	34	6
Яраг-Казмаляр	1262	909	9	344	6	2	6	10	308	25
Матвеев Курган	1249	979	47	224	4	2	2	6	62	13
Мамоново (Гроново)	1171	1148	17	5	4	2	2	5	168	530
Нижний Зарамаг (Рук)	1140	1006	20	115	4	1	4	6	73	50
Гусев	1101	1095	6	0	4	2	4	5	477	–
Донецк (Изварино)	964	819	66	80	2	2	2	4	44	36
Орск	894	610	59	225	2	2	2	5	49	13
Троебортное	884	585	40	259	8	2	8	20	73	44
Исилькуль	878	706	15	157	2	2	2	4	194	18
Чернышевское	851	502	7	342	6	2	6	17	402	25
Караузек	834	565	8	261	4	2	2	10	369	11
Новошахтинск	833	678	43	112	6	2	2	13	67	26
Бурачки	808	425	5	379	8	2	9	27	607	34
Шумилкино	760	583	16	161	8	2	6	20	181	54
Петухово	749	422	13	314	6		6	20	20	28
Гуково	746	670	22	53	4	2	2	9	130	54
Куйбышево (Мариновка)	690	595	35	60	4	2	2	10	83	48
Весело-Вознесенка	680	536	13	132	4	2	4	11	228	44
Люття	665	564	1	100	6		4	15	15	58
Илек	635	548	6	81	2		2	5	5	36
Джанкой	626	623	3	0	6	2	2	14	1109	–
Озинки	592	456	9	126	3		3	9	9	34
Шебекино	569	534	11	24	14	2	4	38	264	242
Чертково	548	548	0	0	2	–	–	5	5	–
Ольховка	547	364	23	160	2	2	2	8	125	18

Окончание табл. 2

Наименование автомобильного пункта пропуска	Суточная пропускная способность пункта пропуска, авт./сут				Количество полос в пункте пропуска по направлениям движе- ния транспорта			Среднее время прохо- ждения транспортным средством пункта пропуска, мин		
	всего	ЛТС	ПТС	ГТС	ЛТС	ПТС	ГТС	ЛТС	ПТС	ГТС
Кяхта	536	463	17	56	2	2	2	6	171	51
Забайкальск	535	185	164	186	11		2	45	45	15
Советск	493	399	8	86	2		2	7	7	34
Одесское	457	248	7	203	2			6	6	6
Павловка	456	280	19	158	2	2	2	10	156	18
Убылинка	452	267	3	182	8	2	6	43	964	47
Куничина Гора	451	306	11	134	2	2	2	9	266	21
Михайловка	436	374	12	50	2			7	7	7
Кулунда (Шарбакты)	417	256	24	137	4			14	14	14
Теплое	411	256	4	152	4	2	4	23	787	38
Казанское	407	387	12	8	2	1	1	7	124	181
Новые Юрковичи	405	199	16	191	8		10	54	54	75
Веселоярск	378	233	21	124	5			19	19	19
Борисоглебск	310	302	6	3	3			10	10	10
Тагиркент-Казмаляр	300	300	0	0	2	2	2	10	–	–
Армянск	288	287	1	0	4	2	2	20	4757	–
Морское	270	262	8	0	2	1	2	11	180	–
Горняк	267	240	15	12	2			11	11	11
Ровеньки	246	244	2	0	6	2	4	35	1444	–
Грайворон	236	228	1	7	4	2	4	25	2315	844
Лудонка	225	225	0	0	2	2	2	13	–	–
Звериноголовское	205	138	6	62	2			14	14	14
Перекоп	204	204	0	0	4	–	2	28	–	–
Пограничный	190	0	64	126	–	2	4	–	45	46
Салла	189	185	0	4	2	2	2	16	–	802
Бугаевка	187	160	12	15	4	2	2	36	236	190
Суджа	187	151	7	28	2	2	2	19	413	102
Воскресенское	171	159	2	10	1	1	1	9	873	149
Мариинский	162	137	1	24	2		2	21	21	122

Следует отметить, что приведенные в табл. 2 расчетные средние значения времени прохождения пункта пропуска, которые в системе массового обслуживания представляют собой «среднее время обработки заявки», для тех пунктов пропуска, где фактическая пропускная способность меньше проектной, включают в себя и время вынужденного простоя мест государственного контроля (шлюза) из-за отсутствия поступающих на контроль транспортных средств, то есть из-за «отсутствия заявок», и в отдельных случаях превышают регламентированные технологическими схемами нормы времени проведения контрольных операций. Соответственно, такие значения не подлежат к включению в выборки для проведения статистического анализа и подтверждения выдвинутой гипотезы об экспоненциальном законе распределения. Кроме этого, суточная пропускная способность, приведенная в табл. 2, характеризует суммарный пропуск транспортных средств в направлениях как на выезд из Российской Федерации, так и на въезд в государство.

3. Статистический анализ результатов расчета. Для трех типов транспортных средств получены три выборки случайных величин продолжительности прохождения транспортным средством пункта пропуска, которые состоят из 45, 14 и 51 значений соответственно для легковых, пассажирских и грузовых транспортных средств. Диапазон значений случайных величин времени прохождения пункта пропуска проранжирован и разбит на интервалы. Величина интервалов ΔI определена по формуле (1):

$$\Delta I = (b_{\max} - b_{\min}) / (1 + 3,3 \cdot \lg n), \quad (1)$$

где b_{\max} , b_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значения исследуемой случайной величины – времени прохождения пункта пропуска транспортным средством; n – количество полученных реализаций времени прохождения пункта пропуска (объем выборки).

Количество интервалов k группирования случайных величин времени прохождения пункта пропуска определено по формуле (2):

$$k = (b_{\max} - b_{\min}) / \Delta I. \quad (2)$$

Результаты ранжирования и расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты ранжирования и параметры интервалов

Показатель	Значение показателя для выборки по транспортным средствам		
	легковые	пассажирские (автобусы)	грузовые
n	45	14	51
b_{\max}	3,19	5,2	5,85
b_{\min}	13,85	28,2	149,31
ΔI	1,64	4,8	21,56
$k_{\text{расчетное}}$	6,47	4,79	6,65
$k_{\text{принятое}}$	7	5	7

Интервалы имеют одинаковую длину. Для каждого интервала определены:

- b_i – середина интервала;
- n_i – число значений случайной величины – времени прохождения пункта пропуска, попавших в интервал;
- n_i / n – частота (статистическая вероятность попадания случайной величины в интервал);
- $\sum n_i / n$ – накопленная частота;
- $n_i / (n \cdot \Delta I)$ – эмпирическая плотность распределения.

Статистическое среднее математическое ожидание для сгруппированных данных определялось по формуле (3):

$$m_{b_i} = \sum_{i=1}^k b_i \cdot \frac{n_i}{n}. \quad (3)$$

Результаты обработки статистических рядов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчета эмпирической плотности распределения и математического ожидания продолжительности прохождения пункта пропуска транспортным средством

Интервал, ΔI		n_i	n_i / n	$\sum n_i / n$	$n_i / (n \cdot \Delta I)$	b_i	$b_i \cdot n_i / n$
начало	конец						
Для легковых транспортных средств							
3,19	4,84	9	0,2	0,2	0,121	4,015	0,803
4,841	6,491	12	0,267	0,467	0,162	5,666	1,511
6,492	8,142	5	0,111	0,578	0,067	7,317	0,813
8,143	9,793	9	0,2	0,778	0,121	8,968	1,794
9,794	11,444	6	0,133	0,911	0,081	10,619	1,416
11,445	13,095	2	0,044	0,956	0,027	12,27	0,545
13,096	14,746	2	0,044	1	0,027	13,921	0,619
							$m_{b_i} = 7,50$

Окончание табл. 4

Интервал, ΔI		n_i	n_i / n	$\sum n_i / n$	$n_i / (n \cdot \Delta I)$	b_i	$b_i \cdot n_i / n$
начало	конец						
Для пассажирских транспортных средств							
5,2	9,99	6	0,4289	0,429	0,089	7,595	3,255
9,991	14,781	2	0,143	0,571	0,029	12,386	1,769
14,782	19,572	3	0,214	0,786	0,045	17,177	3,681
19,573	24,363	2	0,143	0,929	0,029	21,968	3,138
24,364	29,154	1	0,071	1	0,0145	26,759	1,911
							$m_{b_i} = 13,76$
Для грузовых транспортных средств							
5,85	27,41	22	0,431	0,431	0,020	16,63	7,174
27,411	48,971	17	0,333	0,765	0,016	38,191	12,730
48,972	70,532	5	0,098	0,863	0,005	59,752	5,858
70,533	92,093	4	0,078	0,941	0,004	81,313	6,378
92,094	113,654	1	0,019	0,961	0,001	102,874	2,017
113,655	135,215	1	0,019	0,981	0,001	124,435	2,439
135,216	156,776	1	0,019	1	0,001	145,996	2,863
							$m_{b_i} = 39,46$

Эмпирическая плотность распределения случайной величины продолжительности прохождения пункта пропуска для различных типов транспортных средств приведена на рис. 1.

Кроме этого, для сгруппированных данных определены следующие статистические числовые характеристики:

– дисперсия (4):

$$D_{b_i} = \sum_{i=1}^k (b_i - m_{b_i})^2 \cdot \frac{n_i}{n}; \tag{4}$$

– квадратическое отклонение (5):

$$\sigma_{b_i} = \sqrt{D_{b_i}}; \tag{5}$$

– коэффициент вариации (6):

$$v_{b_i} = \frac{\sigma_{b_i}}{m_{b_i}}. \tag{6}$$

Результаты расчета приведены в табл. 5.

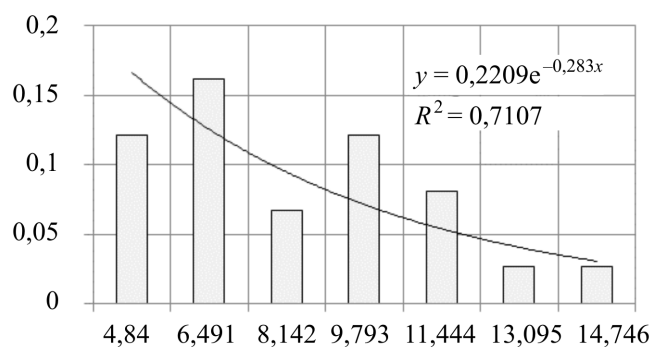
Определим законы распределения случайной величины времени прохождения пункта пропуска (включая продолжительность проведения контрольных операций) для различных типов транспортных средств.

На основании внешнего вида гистограмм и значений коэффициентов вариации при некотором допущении можно предположить, что анализируемые случайные величины для различных типов транспортных средств подчиняются экспоненциальному закону распределения.

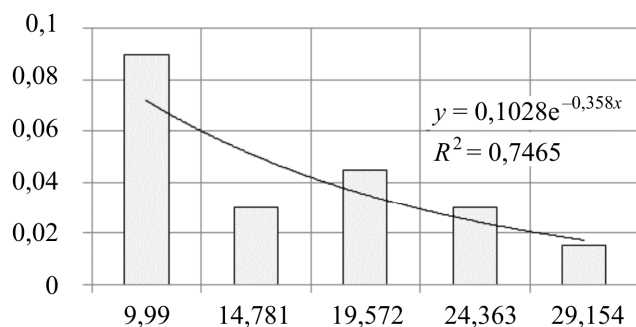
Экспоненциальный закон характеризуется плотностью распределения вида (7):

$$f(b_i) = \frac{1}{m_{b_i}} \cdot \exp \left[-\frac{b_i}{m_{b_i}} \right]. \tag{7}$$

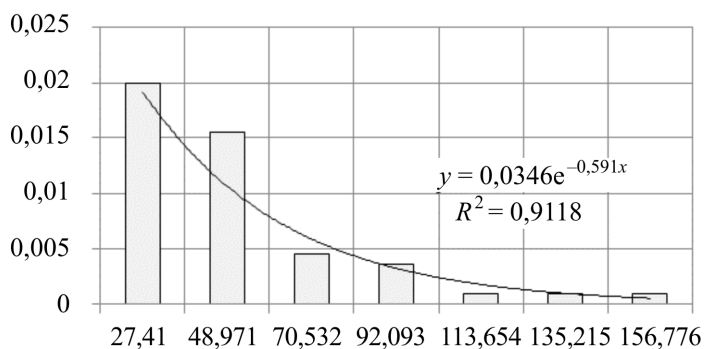
Рассчитанные значения плотности распределения для середин интервалов представлены на рис. 2 в виде теоретических кривых экспоненциального распределения.



a



b



в

Рис. 1. Эмпирический полигон и кривая продолжительности прохождения пункта пропуска:
 а – легковыми транспортными средствами; б – пассажирскими транспортными средствами;
 в – грузовыми транспортными средствами

Таблица 5

Результаты расчета статистических характеристик

Показатель	Значение показателя для выборки по транспортным средствам		
	легковые	пассажирские (автобусы)	грузовые
D_{bi}	77,5167	40,7545	846,1078
σ_{bi}	8,8043	6,3839	29,0879
v_{bi}	1,1738	0,4641	0,7371

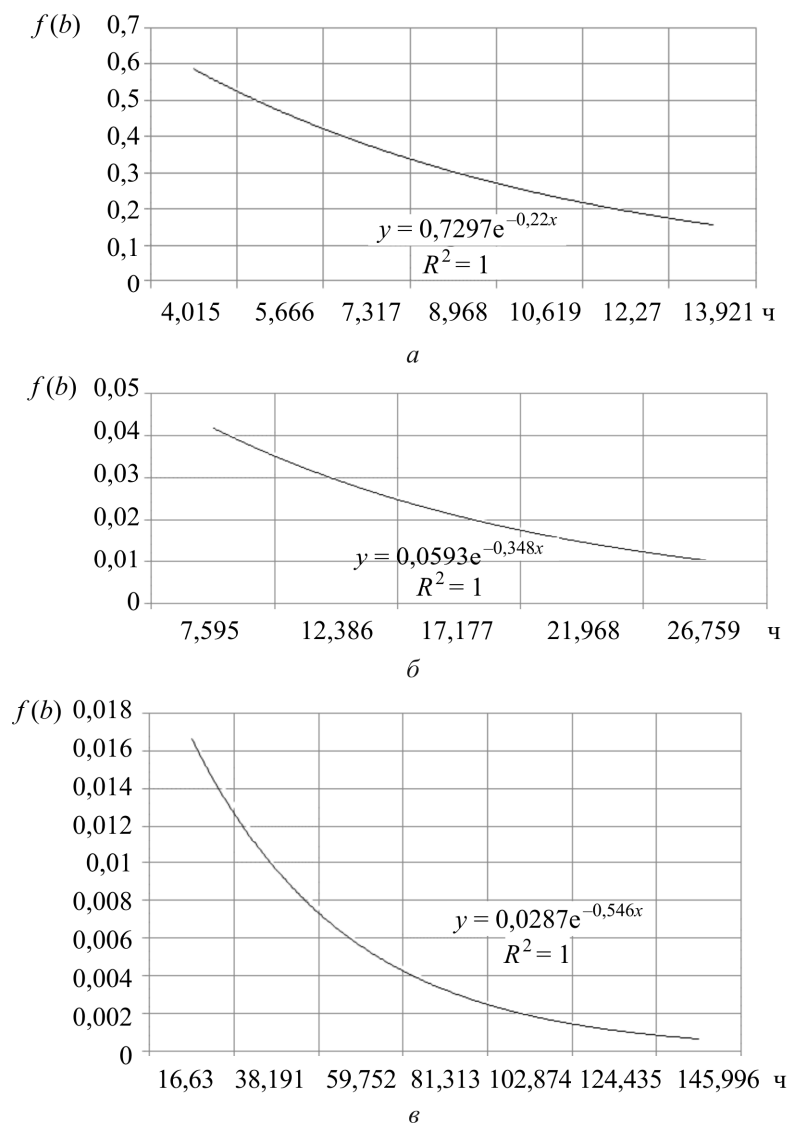


Рис. 2. Теоретическая кривая экспоненциального распределения продолжительности прохождения пункта пропуска: а – транспортными средствами; б – пассажирскими транспортными средствами; в – грузовыми транспортными средствами

4. Подтверждение гипотезы об экспоненциальном законе распределения. Степень соответствия между выдвинутой гипотезой со статистическим материалом принято устанавливать с помощью критериев согласия, в частности критерия К. Пирсона (8):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}, \quad (8)$$

где k – число интервалов группирования случайной величины; n_i – число значений случайной величины в i -м интервале; n – общее число полученных значений случайной величины; p_i – теоретическая вероятность попадания случайной величины в i -й интервал.

Число степеней свободы распределения определено по формуле (9):

$$r = k - s, \quad (9)$$

где k – число интервалов группирования случайной величины; s – число независимых условий (связей), налагаемых на частоты, для экспоненциального закона $s = 1$.

На основании таблицы значений вероятностей для критерия χ^2 [15] найдена вероятность p того, что эмпирическое распределение подчиняется экспоненциальному закону. Как правило,

если получаемая вероятность составляет более 10 %, то экспериментальные данные не противоречат принятому теоретическому закону распределения случайной величины. Результаты расчета критерия К. Пирсона χ^2 приведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты расчета статистики χ^2

Показатель	Значение показателя для выборки по транспортным средствам		
	легковые	пассажирские (автобусы)	грузовые
$\chi^2_{\text{расчет}}$	3,118	6,5411	5,3461
$\chi^2_{\text{критич}}$	10,64	7,78	10,64
r	6	4	6
$p, \%$	От 70 до 80	От 10 до 20	От 50 до 70

На основании сравнения полученных статистик Пирсона $\chi^2_{\text{расчет}}$ с критическими значениями $\chi^2_{\text{критич}}$ для уровня значимости расхождения эмпирических и теоретических частот, равном 0,10, установлено, что эмпирические значения статистики Пирсона $\chi^2_{\text{расчет}}$ для всех трех типов транспортных средств не попадают в критическую область: $\chi^2_{\text{расчет}} < \chi^2_{\text{критич}}$. Соответственно нет основания отвергнуть основную гипотезу о том, что данные выборки времени прохождения пункта пропуска различными типами транспортных средств, включая продолжительность проведения контрольных операций, распределены по экспоненциальному закону.

Заключение

В результате проведенного статистического анализа подтверждена гипотеза о том, что случайные значения времени прохождения пунктов пропуска, включая продолжительность проведения контрольных операций легковыми, пассажирскими и грузовыми транспортными средствами, подчиняются экспоненциальному закону распределения. Соответственно, при исследовании процессов функционирования пункта пропуска в рамках теории массового обслуживания допустимо применение предположения о простейшем потоке для потоков транспортных средств, проходящих государственный контроль в пункте пропуска. Заданная интенсивность потока как обратная величина времени проведения контрольных операций является достаточным условием для описания простейшего потока проходящих пункт пропуска транспортных средств.

Установленное положение позволит в дальнейших исследованиях процессов функционирования пунктов пропуска применять теорию систем массового обслуживания и решить прикладную задачу определения необходимой вместимости накопительных стоянок для транспортных средств, ожидающих пропуска через государственную границу. Критерием целесообразности устройства накопительных стоянок будет выступать превышение фактического уровня загрузки пункта пропуска над его расчетной среднесуточной пропускной способностью. Следует отметить, что Приказом ФСБ России от 07.08.2017 № 454 «Об утверждении Правил пограничного режима», разработанным во исполнение положений статьи 16 Закона Российской Федерации от 01.04.1993 № 4730-1 «О Государственной границе Российской Федерации», не запрещено гражданам, следующим транзитом через пограничную зону при выезде из Российской Федерации или въезде в Российскую Федерацию, временное пребывание в пограничной зоне на путях сообщения, включая накопительные стоянки, являющиеся неотъемлемой частью автомобильных дорог.

В таком случае, рассматривая вопросы организации накопительных стоянок для предотвращения образования очередей транспортных средств, ожидающих пропуска через границу,

на проезжей части дорог в непосредственной близости от пункта пропуска, следует при анализе и в расчетах принимать данные о пропускной способности и фактической загрузке пункта пропуска отдельно по направлению на выезд из Российской Федерации. На участках автомобильных дорог, примыкающих к пункту пропуска со стороны Российской Федерации по направлению на въезд в государство, устройство стоянок для автомобильного транспорта следует предусматривать в составе многофункциональных зон дорожного сервиса.

Список литературы

1. Аведисян М.А. Развитие международных транспортных коридоров как условие развития транспортного потенциала ЕАЭС // Молодежь и наука: шаг к успеху: материалы 4-й Всеросс. науч. конф. – Курск: Изд-во Юго-Запад. гос. ун-та, 2020. – С. 12–15.
2. Konfino K.V. Topical issues of development of international transport corridors and realization of transport potential of Russia // Labour and Social Relations Journal. – 2019. – Vol. 30, № 5. – P. 101–108. DOI: 10.20410/2073-7815-2019-30-5-101-108.
3. Tansakul N., Suanmali S., Ammarapala V. Perception of logistics service provider regarding trade facilitation for cross border transportation: a case study of east-west economic corridor // International Journal of Logistics Systems and Management. – 2018. – Vol. 29, № 2. – P. 131–150. DOI: 10.1504/IJLSM.2018.089168.
4. Комов М.С. Международные транспортные коридоры как основа реализации транспортно-транзитного потенциала Евразийского экономического союза // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 12–1. – С. 82–87.
5. Иваненко М.А. Реализация транзитного потенциала Российской Федерации на основе развития международных транспортных коридоров // Вестник университета. – 2017. – № 4. – С. 120–124.
6. Макаров Е.И. Состояние и перспективы развития транспортной инфраструктуры транзитного региона // Транспортные сооружения. – 2016. – Т. 3, № 4. – С. 3. DOI: 10.15862/03TS416.
7. Хрущев И.Э. Мероприятия по строительству и модернизации пунктов пропуска на Дальнем Востоке // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. – 2020. – № 4 (93). – С. 43–46.
8. Берзан А.А. Модернизация пунктов пропуска как часть системы сквозного таможенного контроля // Интеллектуальный пункт пропуска в России и мире: компетентностный подход к созданию: материалы всеросс. практ. конф. – СПб.: Изд-во С-Петербург. гос. электротехн. ун-та «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2022. – С. 12–14.
9. Осодоев П.В. Влияние приграничной инфраструктуры на развитие сотрудничества России и Монголии // Шелковый путь. Трансиб. Маршруты сопряжения: экономика, экология: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Чита: Изд-во ИПРЭК СО РАН, 2018. – С. 109–110.
10. Эглит Я.Я., Цивелева М.А. Моделирование процессов совершения таможенных операций и проведения таможенного контроля на транспорте как системы массового обслуживания // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2017. – Т. 9, № 2. – С. 288–295. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-288-295.
11. Афонин П.Н., Топкова И.А. Особенности имитационного моделирования пропускной способности автомобильного пункта пропуска [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами. – 2012. – № 12 (48). – С. 55. – URL: www.elibrary.ru/item.asp?id=18877469. (дата обращения: 14.12.2022).
12. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник для вузов. – 6-е изд. стер. – М.: Высш. школа, 1999. – 576 с.
13. Шиковский В.С., Носенко А.С. Обоснование требований к участкам автомобильных дорог, примыкающих к пунктам пропуска через государственную границу Российской Федерации, с учетом основных характеристик пунктов пропуска // Современные прикладные исследова-

дования: материалы 6-й всеросс. (нац.) науч.-практ. конф. – Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, 2022. – С. 217–226.

14. Шиковский В.С. О требованиях к участкам дорог, примыкающих к пунктам пропуска через границу // Дороги. Инновации в строительстве, 2021. – № 98. – С. 18–23.

15. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. – М.: Высш. школа, 1979. – 400 с.

References

1. Avedisyan M.A. Razvitie mezhdunarodnyh transportnyh koridorov kak uslovie razvitiya transportnogo potentsiala EAES [Development of international transport corridors as a condition for the development of the transport potential of the EAEU]. Sbornik nauchnyh statej 4-j Vserossijskoj nauchnoj konferencii perspektivnyh razrabotok molodyh uchenykh "Molodezh' i nauka: shag k uspekh". Kursk: YUgo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet, 2020, pp. 12-15.

2. Konfino K.V. Topical issues of development of international transport corridors and realization of transport potential of Russia. *Labour and Social Relations Journal*, 2019, Vol. 30, no. 5, pp. 101-108. doi: 10.20410/2073-7815-2019-30-5-101-108.

3. Tansakul N., Suanmali S., Ammarapala V. Perception of logistics service provider regarding trade facilitation for cross border transportation: a case study of east-west economic corridor. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 2018, Vol. 29, no. 2, pp. 131-150. doi: 10.1504/IJLSM.2018.089168.

4. Komov M.S. Mezhdunarodnye transportnye koridory kak osnova realizacii transportno-tranzitnogo potentsiala Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza [International transport corridors as a basis for realizing the transport and transit potential of the Eurasian Economic Union]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2019, no. 12-1, pp. 82-87.

5. Ivanenko M.A. Realizaciya tranzitnogo potentsiala Rossijskoj Federacii na osnove razvitiya mezhdunarodnyh transportnyh koridorov [Implementation of the transit potential of the Russian Federation based on the development of international transport corridors]. *Vestnik universiteta*, 2017, no. 4, pp. 120-124.

6. Makarov E.I. Sostoyanie i perspektivy razvitiya transportnoj infrastruktury tranzitnogo regiona [Status and prospects for the development of the transport infrastructure of the transit region]. *Transportnye sooruzheniya*, 2016, Vol. 3, no. 4, p. 3. doi: 10.15862/03TS416.

7. Hrushchev I.E. Meropriyatiya po stroitel'stvu i modernizacii punktov propuska na Dal'nem Vostoke [Measures for the construction and modernization of checkpoints in the Far East]. *Tamozhennaya politika Rossii na Dal'nem Vostoke*, 2020, no. 4 (93), pp. 43-46.

8. Berzan A.A. Modernizaciya punktov propuska kak chast' sistemy skvoznogo tamozhennogo kontrolya [Modernization of checkpoints as part of the system of end-to-end customs control]. Sbornik dokladov Vserossijskoj prakticheskoy konferencii "Intellektual'nyj punkt propuska v Rossii i mire: kompetentnostnyj podhod k sozdaniyu". Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj elektrotekhnicheskij universitet "LETI" im. V.I. Ul'yanova (Lenina), 2022, pp. 12-14.

9. Osodoev P.V. Vliyanie prigranichnoj infrastruktury na razvitie sotrudnichestva Rossii i Mongolii [The influence of border infrastructure on the development of cooperation between Russia and Mongolia]. Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii i Simpoziuma, posvyashchennogo 100-letiyu zapovednogo dela i Godu ekologii v Rossii "SHelkovyj put'". Transsib. Marshruty sopryazheniya: ekonomika, ekologiya". CHita: Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe uchrezhdenie nauki Institut prirodnyh resursov, ekologii i kriologii Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk, 2018, pp. 109-110.

10. Eglit YA.YA., Civeleva M.A. Modelirovanie processov soversheniya tamozhennykh operacij i provedeniya tamozhennogo kontrolya na transporte kak sistemy massovogo obsluzhivaniya [Modeling the processes of customs operations and customs control in transport as a queuing system]. *Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S.O. Makarova*, 2017, Vol. 9, no. 2, pp. 288-295. doi: 10.21821/2309-5180-2017-9-2-288-295.

11. Afonin P.N., Topkova I.A. Osobennosti imitacionnogo modelirovaniya propusknoj sposobnosti avtomobil'nogo punkta propuska [Features of simulation modeling of the throughput of a road checkpoint]. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami*, 2012, no. 12 (48), p. 55, available at: www.elibrary.ru/item.asp?id=18877469.

12. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnostej [Probability theory]. Moscow, Vysshaya shkola, 1999, 576 p.

13. SHikovskij V.S., Nosenko A.S. Obosnovanie trebovanij k uchastkam avtomobil'nyh dorog, primykayushchih k punktam propuska cherez gosudarstvennuyu granicu Rossijskoj Federacii, s uchetom osnovnyh harakteristik punktov propuska [Justification of the requirements for sections of roads adjacent to checkpoints across the state border of the Russian Federation, taking into account the main characteristics of checkpoints]. Materialy shestoj Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoy konferencii "Sovremennye prikladnye issledovaniya". Novoчеркасск: YUzhno-Rossijskij gosudarstvennyj politekhnicheskij universitet (NPI) imeni M.I. Platova, 2022, pp. 217-226.

14. SHikovskij V.S. O trebovaniyah k uchastkam dorog, primykayushchih k punktam propuska cherez granicu [On requirements for road sections adjacent to border crossing points]. *Dorogi. Innovacii v stroitel'stve*, 2021, no. 98, pp. 18-23.

15. Gmurman V.E. Rukovodstvo k resheniyu zadach po teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki [Guide to Problem Solving in Probability and Mathematical Statistics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1979, 400 p.

Об авторе

Шиковский Виталий Сергеевич (Москва, Россия) – генеральный директор ООО «Геолэйт» (Россия, 115533, г. Москва, пр-т Андропова, 22, e-mail: shikovsky@geolait.ru)

About the author

Vitaly S. Shikovsky (Moscow, Russian Federation) – General Director of LLC «Geolight» (22, Andropov ave., Moscow, 115533, Russian Federation, e-mail: shikovsky@geolait.ru)

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Вклад автора 100 %.

Поступила: 09.03.2023

Одобрена: 22.03.2023

Принята к публикации: 20.04.2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Шиковский, В.С. Продолжительность проведения контрольных операций при прохождении пункта пропуска через государственную границу как фактор, влияющий на вместимость накопительных стоянок для транспортных средств / В.С. Шиковский// Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2023. – № 2. – С. 65–77. DOI: 10.15593/24111678/2023.02.07

Please cite this article in English as: Shikovsky V.S. The duration of control operations when passing a checkpoint across the state border as a factor affecting the capacity of accumulative parking lots for vehicles. *Transport. Transport facilities. Ecology*, 2023, no. 2, pp. 65-77. DOI: 10.15593/24111678/2023.02.07