

них (международная деловая активность, изменение цен на топливо на мировом рынке и др.) и внутренних (условия хозяйствования транспортных компаний в стране) факторов. Детальный анализ изменений показателей экспорта и импорта услуг позволяет сделать прогноз дальнейших сценариев развития международного автотранспорта.

#### Список литературы

1 Статистический ежегодник 2022 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск : Информационно-вычислительный центр Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2022. – 374 с.

УДК 656.13

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ПАССАЖИРОПОТОКА ПРИ МЕЖДУГОРОДНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ В РЕГУЛЯРНОМ СООБЩЕНИИ

*В. Н. СЕДЮКЕВИЧ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Для принятия обоснованных решений по необходимой провозной способности на маршруте перевозок пассажиров в регулярном сообщении требуется информация об интенсивности пассажиропотока (среднем значении, законе распределения и его основных параметрах).

Исходя из физики процессов, интенсивность потоков на обслуживание, в том числе пассажиропотоки, обычно имеют распределение по закону Пуассона. Это распределение описывает случайную дискретную величину, представляющую собой число событий, произошедших за фиксированное время при условии, что данные события происходят с некоторой фиксированной средней интенсивностью и независимо друг от друга. Однако применительно к суточным пассажиропотокам, интенсивность которых может составлять несколько сотен, дискретные распределения неприменимы. Поэтому распределение суточных пассажиропотоков при больших значениях интенсивности могут быть описаны с помощью непрерывных распределений, предположительно таких как нормальное и Эрланга [1, с. 573]. В свою очередь распределение Эрланга при больших значениях параметра  $k$ , который зависит от коэффициента вариации  $\nu$  случайной величины ( $k = \max(\text{сint}(1/\nu)^2; 1)$ , где  $\text{сint}(\dots)$  – функция округления), приближено к нормальному распределению, например, при  $\nu = 0,20$  соответственно  $k = 25$ , и распределение Эрланга и нормальное различаются незначительно.

Наиболее подходящий закон распределения интенсивности пассажиропотока на маршруте может быть выбран на основе сбора и обработки статистической информации, например по минимуму значения критерия Романовского.

В работе был исследован пассажиропоток в будние дни недели при рейсах, выполняемых по установленному расписанию, т. е. в регулярном сообщении, на маршруте Минск – Могилев, на которые были проданы билеты через кассы филиала «Автовокзал» государственного предприятия «Минсктранс».

Размер выборки определен исходя из необходимости интервальной оценки математического ожидания с относительной погрешностью 0,05 и вероятностью 0,90 при предварительно принятом коэффициенте вариации  $v = 0,19$  и принят соответственно равным 39.

Результаты статистической обработки полученных данных с помощью компьютерной программы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных о пассажиропотоке

Закон распределения	Параметры закона распределения	Число степеней свободы	Критерий Романовского	Уровень вероятности p-value по критерию Пирсона $\chi^2$	Уровень вероятности p-value по критерию Мизеса – Смирнова $w^2$
Нормальный	$a = 100$ $\sigma = 16,7$	1	0,297	0,23	0,696
Логарифмически нормальный	$a_1 = 4,60$ $\sigma^2 = 0,00271$	1	1,45	0,08	0,336
Релея	$\sigma_p = 80,1$	1	26,6	<0,001	<0,001
Эрланга	$\lambda\varepsilon = 0,359$ $k = 36$	1	1,02	0,11	0,443
Равномерный	$a = 71,6$ $b = 129$	2	10,5	<0,001	<0,001

Полученные результаты позволили определить закономерности распределения интенсивности междугородных пассажиропотоков при автомобильных перевозках.

Для исследованного суточного пассажиропотока выборочное математическое ожидание составило  $Q_{\text{пм}} = 100$  пас./сут, среднее квадратическое отклонение –  $\sigma_p = 16,7$ , коэффициент вариации  $v = 0,167$ . Для нормального закона распределения получены статистика критерия Пирсона  $\chi^2 = 1,42$  и статистика критерия Мизеса – Смирнова  $w^2 = 0,562$ , для закона Эрланга –  $\chi^2 = 2,45$  и  $w^2 = 0,865$ .

Для оценки согласованности эмпирического распределения с теоретическим законом применялись критерии Пирсона, Романовского и Мизеса –

Смирнова. Для критерия Пирсона принят предельный уровень значимости  $\gamma = 0,10$  и для Мизеса – Смирнова –  $\alpha = 0,2$  (чем больше уровень значимости, тем выше требования к согласованности). Табличное значение критерия Пирсона при принятом уровне значимости  $\gamma = 0,1$  и числе степеней  $r = 1$  имеет значение  $\chi_{\gamma,r}^2 = 2,71$ , а для критерия Мизеса – Смирнова при уровне значимости  $\alpha = 0,2$  табличное значение  $\omega_{\alpha}^2 = 1,42$  [2].

Поскольку для нормального закона распределения суточного пассажиропотока статистика критерия Пирсона  $\chi^2 = 1,42$  менее табличного значения  $\chi_{\gamma,r}^2 = 2,71$  (p-value, равное 0,23, более  $\gamma = 0,10$ ), статистика критерия Романовского 0,297 менее 3,0 и статистика критерия Мизеса – Смирнова  $\omega^2 = 0,562$  менее  $\omega_{\alpha}^2 = 1,42$  (p-value, равное 0,696, более  $\alpha = 0,20$ ), то гипотеза, что выборка распределена по нормальному закону, не может быть отвергнута.

Аналогично для закона распределения Эрланга статистика критерия Пирсона  $\chi^2 = 2,45$  менее табличного значения  $\chi_{\gamma,r}^2 = 2,71$  (p-value, равное 0,11, более  $\gamma = 0,10$ ), статистика критерия Романовского 1,02 менее 3,0 и статистика критерия Мизеса – Смирнова  $\omega^2 = 0,865$  менее  $\omega_{\alpha}^2 = 1,42$  (p-value, равное 0,443, более  $\alpha = 0,20$ ), и поэтому нет оснований отвергать также гипотезу о том, что выборка распределена по закону Эрланга.

Таким образом, исследование интенсивности пассажиропотока подтвердило предположение, что ее распределение согласуется с нормальным законом распределения или законом распределения Эрланга. Однако по рассматриваемым критериям более предпочтительным является нормальный закон распределения. Альтернативным допустимым вариантом является закон распределения Эрланга. В то же время из результатов расчетов, приведенных в таблице 1, следует, что при принятых уровнях значимости логарифмически нормальный закон распределения не по всем критериям согласуется с опытными данными, а такие законы распределения, как Релея и равномерное, вообще не приемлемы.

Наличие информации о величине суточной интенсивности пассажиропотока и закономерности ее распределения могут быть положены в основу оптимизации необходимой провозной способности на маршруте автомобильных перевозок пассажиров в регулярном сообщении [3].

#### Список литературы

1 Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1974. – 832 с.

2 ГОСТ Р 8.736-2011. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ntcexpert.ru/documents/gost-r-8-736-2011.pdf>. – Дата допуска : 17.01.2023.

3 **Медушевская, Н. А.** Оптимизация провозной способности на междугородных автобусных маршрутах регулярного сообщения / Н. А. Медушевская, Ю. В. Шибeko; науч. рук. В. Н. Седюкевич // НИРС-2019 [Электронный ресурс] : материалы 75 студенческой науч.-техн. конф. / редкол.: А. С. Поварехо [и др.] ; под общ. ред. А. С. Поварехо ; сост. А. С. Поварехо. – Минск : БНТУ, 2019. – С. 101. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/63810>. – Дата доступа : 17.01.2023.

УДК 656.136

## **РАССМОТРЕНИЕ ВОПРОСОВ ПЕРЕЦЕПКИ И ПЕРЕВАЛКИ В УСЛОВИЯХ ВЫПОЛНЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

*О. А. ДОВГУЛЕВИЧ, Д. П. МИХАЛЬКЕВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Международные автомобильные перевозки являются одним из важнейших инструментов развития международной торговли. Несомненным преимуществом автомобильного транспорта является его маневренность, мобильность, а также высокая скорость доставки грузов по сравнению с железнодорожным и водным транспортом.

При осуществлении перевозочного процесса главную роль играет время выполнения перевозки от загрузки до разгрузки. Перевозчику и заказчику перевозки выгодно как можно быстрее доставить груз из начального пункта в конечный. А при выполнении международной перевозки важными условиями являются своевременная обратная загрузка, минимизация порожнего пробега и необоснованных простоев.

На время выполнения перевозки влияют следующие показатели: время выполнения погрузочно-разгрузочных работ, время таможенного оформления, скорость сообщения, время прохождения пунктов пограничного контроля. На многие из них перевозчик не может повлиять, например время прохождения пунктов пограничного контроля зависит только от эффективности работы пункта пограничного контроля и количества автомобилей в очереди (которое является случайным числом); время таможенного оформления тоже в свою очередь зависит только от эффективности пункта таможенного оформления и числа обслуживаемых автомобилей; увеличение скорости сообщения упирается в Правила дорожного движения и, соответственно, влияет на безопасность перевозки.

В современной геополитической ситуации рынок международных автомобильных перевозок Республики Беларусь переживает трудные времена в связи с нарушением многолетних цепей поставок грузов. Наложённый в марте 2022 года санкционный запрет затронул транспортно-логистическую