

Научная статья
УДК 629-039-58
DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-112-122>
EDN: ADUVNH



РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ С УЧАСТИЕМ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

А.А. Юнг

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
г. Белгород, Россия
yungnastena33@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Введение. За последние семь лет спрос на пользования средств индивидуальной мобильности (СИМ) значительно вырос. Однако за популярностью данных средств стоит стремительный рост количества дорожно-транспортных происшествий (ДТП). С целью оценки изменения ситуации в области аварийности с участием средств индивидуальной мобильности в масштабах г. Москвы была разработана математическая модель прогнозирования влияния количества средств индивидуальной мобильности на показатели аварийности, а именно дорожно-транспортных происшествий.

Материалы и методы. В данной статье представлены результаты математического моделирования, основанного на влиянии количества СИМ на количество ДТП с их участием. Для достижения данных результатов были применены инструменты эконометрики, которая изучает количественные и качественные экономические взаимосвязи с помощью статистических и других математических методов и моделей, а также регрессионный анализ, позволяющий исследовать влияние одной независимой переменной на зависимую. Была произведена оценка статистической значимости уравнения регрессии в целом и отдельных параметров регрессии и корреляции.

Результаты. Создана математическая модель для прогнозирования количества ДТП с участием СИМ для г. Москвы в зависимости от количества передвигающихся данных средств мобильности на улично-дорожной сети.

Обсуждение и заключение. Использование данной модели позволит с помощью линейного уравнения парной регрессии выполнить прогнозирование количества дорожно-транспортных происшествий в зависимости от количества средств индивидуальной мобильности на улично-дорожной сети, что позволит с определенной вероятностью утверждать об увеличении ДТП с участием данных устройств.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: модель, мобильность, прогноз, уравнение, дорожное движение, средства индивидуальной мобильности

Статья поступила в редакцию 02.12.2024; одобрена после рецензирования 22.01.2025; принята к публикации 24.02.2026.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Юнг А.А. Разработка математической модели прогнозирования количества дорожно-транспортных происшествий с участием средств индивидуальной мобильности // Вестник СибАДИ. 2025. Т. 22, № 1. С. 112-122. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-112-122>

© Юнг А.А., 2025



Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

Original article

DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-112-122>

EDN: ADUVHB

MATHEMATICAL MODEL DEVELOPMENT FOR PREDICTING THE NUMBER OF ROAD TRAFFIC ACCIDENTS INVOLVING PERSONAL MOBILITY DEVICES

A.A. Yung

Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov,
Belgorod, Russia

yugnastena33@gmail.com

ABSTRACT

Introduction. Over the past seven years, the demand for the use of personal mobility devices (PMDs) has grown significantly. However, behind the popularity of these transport means is a rapid increase in the number of road accidents. In order to assess the changes of the situation in the field of accidents involving application of individual mobility devices on the scale of Moscow, a mathematical model was developed to predict the impact of the number of individual vehicles on accidents, namely road accidents.

Materials and methods. This article presents the results of mathematical modeling based on the influence of the number of personal mobility devices (PMDs) on the number of accidents involving them. To achieve these results, the science of econometrics was applied, which studies quantitative and qualitative economic relationships using statistical and other mathematical methods and models, as well as regression analysis, which allows us to study the effects of one independent variable on the dependent one. The statistical significance of the regression equation as a whole and individual regression and correlation parameters was assessed.

Results. The mathematical model has been created to predict the number of accidents involving personal mobility devices (PMDs) for Moscow, depending on the number of this type of moving vehicles on the street and road network.

Discussion and conclusion. The use of the given model will let with the help of linear equation of paired regression predict the number of road accidents depending on the quantity of personal mobility devices (PMDs) on the street and road network, which will allow for a certain probability to assert the increase in accidents involving these types of transport devices.

KEYWORDS: model, mobility, forecast, equation, traffic, personal mobility devices

The article was submitted: 02.12.2024; approved after reviewing: 22.01.2025; accepted for publication: 24.02.2025.

The Author has read and approved the final manuscript.

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

For citation. Jung A.A. Mathematical model development for predicting the number of road traffic accidents involving personal mobility devices. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2025; 22 (1): 112-122. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-1-112-122>

© Jung A.A., 2025



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

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе вопросы мобильности населения и экономии времени актуальны во всех странах и на всех континентах и требуют скорейшего решения. Согласно статистике с каждым годом наблюдается увеличение количества автомобилей, мотоциклов, мопедов и других транспортных средств, данная закономерность оказывает значительную нагрузку на транспортную инфраструктуру в целом, тем самым способствуя образованию дорожных заторов и аварийных ситуаций. Возникновение заторов на транспортных развязках при въезде в город является распространенной ситуацией, особенно в часы пик [1]. Чтобы сократить потери времени, находясь в заторах на дороге, и в некоторой степени уменьшить количество ДТП, автолюбители начали осваивать новые средства передвижения, такие как сегвеи, моноколеса, гироскутеры и электросамокаты – так называемые средства индивидуальной мобильности. В связи с этим начали появляться специальные системы по предоставлению в аренду различных средств мобильности.

Одна из самых приоритетных задач каждого субъекта нашей страны – безопасность дорожного движения. Главной национальной целью в России на период до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г., согласно стратегии безопасности дорожного движения, является проведение мероприятий для устойчивого повышения безопасности дорожного движения и «стремление к нулевой смертности в ДТП к 2030 г.», что соответствует мировым приоритетам.

Современное общество развивается стремительными темпами. С каждым днем все больше можно видеть новые виды средств передвижения на дорогах общего пользования. Передвижение человека с помощью устройства, оснащенного электродвигателем (электросамокат, электроскейтборд, сегвей, гироскутер), или мускульной силы (самокат, роликовые коньки, скейтборд) не является исключением [2, 3, 4].

Создание условий для безопасного дорожного движения в городах требует внедрения ряда архитектурно-планировочных и организационных мероприятий [5], таких как создание благоприятной инфраструктуры для передвижения средств мобильности.

На сегодняшний день существует тенденция расширения парка средств индивидуальной мобильности (СИМ) на улично-дорожной сети, вследствие чего количество дорожно-транспортных происшествий с участием данных средств увеличивается, что естествен-

но создаёт угрозу для жизни населения. Опасность существует не только для средств индивидуальной мобильности, но также для пешеходов и водителей транспортных средств.

Деятельность в рамках направления по обеспечению безопасного участия детей в дорожном движении предусматривает обучение детей и подростков Правилам дорожного движения, формирование у детей навыков безопасного поведения на дорогах, укрепление и контроль дисциплины участия детей в дорожном движении и создание условий безопасного участия детей в дорожном движении [6]. На сегодняшний день сформировалась необходимость в обучении детей и подростков безопасному передвижению на средствах индивидуальной мобильности.

Увеличение количества дорожно-транспортных происшествий происходит из-за возникновения конфликта между пешеходами и средствами индивидуальной мобильности, транспортными средствами и средствами индивидуальной мобильности [7].

Количество ДТП при столкновении СИМ с ТС составляет 45,9% от общего числа дорожно-транспортных происшествий. Это указывает на большую опасность для передвижения СИМ по дорожной сети и неспособность на данном этапе функционировать в одной среде СИМ и ТС. По причине возникновения конфликтов между пешеходами и СИМ количество ДТП при наезде на пешехода составляет 17,7%, так как пешеходная зона не адаптирована для их передвижения [8].

Согласно расчётам НИЦ БДД в 2018 г. было зарегистрировано 39 происшествий, а уже в 2023 г. – 2647 дорожно-транспортных происшествий, что увеличивает этот показатель в 67 раз за последние 5 лет (рисунок 1). Также следует отметить, что в данных ДТП получают ранения и погибают люди [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным материалом для изучения является официальная статистическая база Госавтоинспекции, которая предоставляет открытый доступ к «карточкам ДТП». Представленная информация зачастую служит основой для большого ряда исследований из-за своей разнообразной составляющей. Существует возможность оценки аварийности по отдельным регионам и по большому количеству показателей. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики есть возможность оценить развитие сервисом аренды электросамокатов, а именно размер парка данных устройств [10].

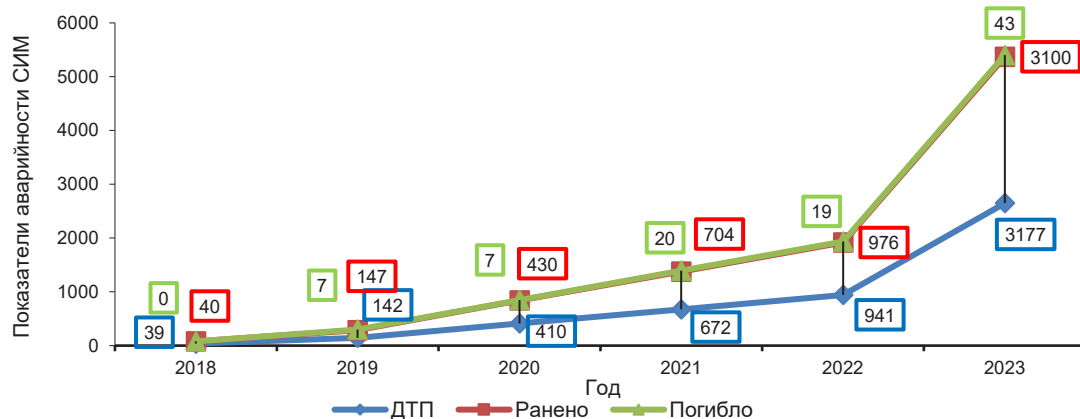


Рисунок 1 – Показатели аварийности ДТП с участием СИМ за 2019–2023 гг.
Источник: информационный аналитический обзор НИЦ БДД.

Figure 1 – Road accident rates involving personal mobility devices (PMDs) for the period from 2019 to 2023
Source: informational analytical review of Scientific Center of Road Safety Traffic.

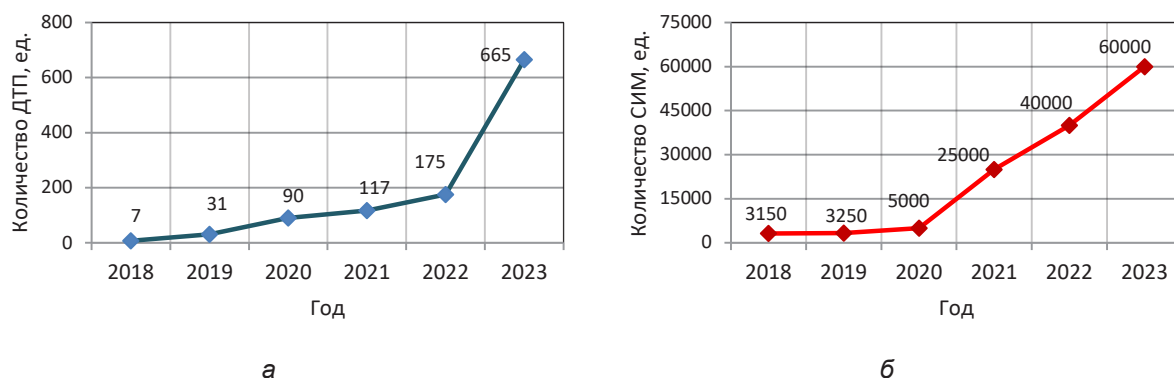


Рисунок 2 – Линейные графики изменения показателей ДТП и количества СИМ по г. Москве за 2018–2023 гг.:
а – количество ДТП с участием СИМ;
б – количество СИМ на улично-дорожной сети
Источник: <https://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).

Figure 2 – Linear graphs of changes in road accident rates and the number of personal mobility devices (PMDs) in Moscow for the period from 2018 to 2023.
а – the number of road accidents involving personal mobility devices (PMDs);
б – the number of personal mobility devices (PMDs) on the street and road network.
Source: <https://stat.gibdd.ru/> (accessed 25.11.2024).

В качестве метода исследования для возможности прогнозирования ДТП использовался классический метод однофазной линейной регрессии с учетом парной и множественной регрессии и корреляции [11].

Население г. Москвы на 2023 г. составляло 13 149 803 чел., в связи с этим большая часть

пользователей таких устройств сосредоточена на данной территории. Так, за последние 6 лет показатель размера парка СИМ в г. Москве вырос в 19 раз, что, несомненно, увеличивает количество дорожно-транспортных происшествий с их участием [12].

Таблица 1

Число ДТП с участием СИМ по результату исследования статистической базы данных и показателей аварийности г. Москвы за период 2018–2023 гг.
Источник: составлено автором.

Table 1

The number of road accidents involving personal mobility devices (PMDs) according to the results of statistical database study and accident number data of Moscow for the period from 2018 to 2023.
Source: compiled by the author.

Месяц \ Год	2018	2019	2020	2021	2022	2023
январь	0	0	0	0	1	1
февраль	0	0	2	0	0	3
март	0	0	4	3	2	2
апрель	1	0	3	4	17	20
май	0	5	5	19	27	56
июнь	1	8	15	22	32	123
июль	3	3	18	16	27	145
август	2	3	15	12	30	171
сентябрь	0	3	15	20	23	82
октябрь	0	6	7	17	11	50
ноябрь	0	3	6	3	4	10
декабрь	0	0	0	1	1	2

МЕТОДОЛОГИЯ

В результате рассмотрения статистической базы данных был выбран перечень исследуемых параметров, а именно ДТП с участием СИМ за период 2018–2023 гг. При выгрузке карточек ДТП интересующие нас происшествия были помечены с участием водителей «персонального электрического средства передвижения малой мощности», что даёт наиболее полную информацию о дорожно-транспортном происшествии [13]. Всего в результате выгрузки показателей аварийности по г. Москве за рассматриваемый период произошло 1085 дорожно-транспортных происшествий. На представленном графике (рисунок 2) можно заметить, что происшествия с участием СИМ увеличиваются с каждым годом, так, за период 2022–2023 гг. данный показатель резко увеличился на 50%.

В ходе анализа параметров данных, содержащихся в карточке ДТП, было установлено,

что происшествия с участием СИМ увеличиваются с каждым годом¹. В связи с резким ростом данного показателя в г. Москве можно наблюдать, что дорожно-транспортные происшествия с участием средств мобильности происходят даже в осенне-зимний период, то есть круглогодично. Однако большее количество ДТП происходит в летний период (таблица 1).

Для выполнения прогноза количества дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ необходимо построить уравнение парной регрессии y по x (формула (1)), а также рассчитать линейный коэффициент парной корреляции, коэффициент детерминации и среднюю ошибку аппроксимации. За значения x принимаем количество средств индивидуальной мобильности, а за y – число дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ².

¹ Novikov A., Glagolev S., Novikov I., Shevtsova A. A. Information technologies and management of transport systems development of the approach to assessing adaptation of the intersection transport model // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019 International Conference on Innovations in Automotive and Aerospace Engineering, ICI2AE 2019. P. 012052.

² Trofimenko Y., Komkov V., Donchenko V. Problems and prospects of sustainable low carbon development of transport in Russi. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3. Сер. "International Conference on Sustainable Cities" 2018. P. 012014.

Таблица 2

Расчетная таблица параметров для выполнения прогнозирования количества ДТП с участием СИМ за период 2018–2023 гг.
Источник: составлено автором.

Table 2

Calculation table of parameters for predicting the number of road accidents involving personal mobility devices (PMDs) for the period from 2018 to 2023
Source: compiled by the author.

№									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	3150	22050	9922500	49	4,58	2,42	5,8564	34,57
2	31	3250	100750	10562500	961	5,48	25,52	651,2704	82,32
3	90	5000	450000	25000000	8100	21,23	68,77	4729,313	76,41
4	117	25000	2925000	625000000	13689	201,23	-84,23	7094,693	-71,99
5	175	40000	7000000	1600000000	30625	336,23	-161,23	25995,11	-92,13
6	665	60000	39900000	3600000000	442225	516,23	148,77	22132,51	22,37
Итого	1085	136400	50397800	5870485000	495649	1084,98	0,02	60608,76	51,55
Среднее значение	180,83	22733,33	8399633	978414166,7	82608,17	180,83	-	10101,46	8,59
	223,4	21485,1							
	49908,68	461609874							

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x}, b = \frac{cov(x,y)}{\sigma_x^2}, \quad (1)$$

где $cov(x,y) = \overline{y \cdot x} - \bar{y} \cdot \bar{x}$ – ковариация признаков x и y , $\sigma_x^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2$ – дисперсия признака x и y .

Для расчета параметров уравнения линейной регрессии необходимо построить расчетную таблицу (таблица 2).

По формуле (1) находим параметры регрессии

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{\overline{y \cdot x} - \bar{y} \cdot \bar{x}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} = \\
 &= \frac{8399633,33 - 22733,33 \cdot 180,83}{978414166,7 - 22733,33^2} = \\
 &= \frac{4288765,27}{461609873,81} = 0,009 \\
 a &= \bar{y} - b \cdot \bar{x} = 180,83 - 0,009 \cdot \\
 &\quad \cdot 22733,33 = -23,77
 \end{aligned}$$

Так как коэффициент a в уравнении регрессии меньше нуля, существует необходимость – данный показатель проверить с помощью

t-критерия Стьюдента, а также вычислить Р-значение и определить значимость для двух наборов данных.

Уравнение регрессии имеет вид

$$y = -23,77 + 0,009 \cdot x. \quad (2)$$

Тесноту линейной связи оценит коэффициент корреляции по формуле

$$r_{xy} = b \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} = 0,009 \cdot \frac{21485,1}{223,4} = 0,86. \quad (3)$$

Так как значение коэффициента корреляции больше 0,7, то это говорит о наличии весьма тесной линейной связи между признаками.

Коэффициент детерминации:

$$r_{xy}^2 = 0,74.$$

Это означает, что 74% вариации количества дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ (y) объясняется вариацией фактора x – количества СИМ на улично-дорожной сети г. Москвы.

Качество модели определяет средняя ошибка аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum A_i = \frac{51,55}{6} = 8,59. \quad (4)$$

Качество построенной модели оценивается как хорошее, так как $\bar{A}$ не превышает 10%.

Необходимо провести оценку статистической значимости уравнения регрессии с помощью F-критерия Фишера. Фактическое значение F-критерия по формуле составит

$$\begin{aligned} F_{\text{факт}} &= \frac{r_{xy}^2}{1 - r_{xy}^2} \cdot (n - 2) = \\ &= \frac{0,74}{1 - 0,74} \cdot 4 = 11,38. \end{aligned} \quad (5)$$

Табличное значение критерия при восьмипроцентном уровне значимости и степенях свободы $k_1=1$ и $k_2=4$ составляет $F_{\text{табл}}=7,71$. Так как $F_{\text{факт}}=11,38 > F_{\text{табл}}=7,71$, то уравнение регрессии признается статистически значимым.

Оценку статистической значимости параметров регрессии и корреляции проведем с помощью t-статистики Стьюдента и путем расчета доверительного интервала каждого из параметров.

Табличное значение t-критерия для числа степеней свободы $df=n-2=6-2=4$ и уровня значимости $\alpha=0,05$ составит $t_{\text{табл}}=2,78$.

Определим стандартные ошибки $m_b, m_{r_{xy}}$ остаточная дисперсия на одну степень свободы:

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum (y - \hat{y}_x)^2}{n - 2} = \frac{60608,76}{4} = 15152,19; \quad (6)$$

$$m_b = \sqrt{\frac{S_{\text{ост}}^2}{n^2 \sigma_x^2}} = \sqrt{\frac{15152,19}{4^2 \cdot 461609874}} = 0,0014; \quad (7)$$

$$m_{r_{xy}} = \sqrt{\frac{1 - r_{xy}^2}{n - 2}} = \sqrt{\frac{1 - 0,74}{6 - 2}} = 0,25. \quad (8)$$

Тогда

$$t_b = \frac{b}{m_b} = \frac{0,009}{0,0014} = 6,43; \quad (9)$$

$$t_{r_{xy}} = \frac{r_{xy}}{m_{r_{xy}}} = \frac{0,86}{0,25} = 3,44. \quad (10)$$

Фактические значения t-статистики превосходят табличное значение

$$\begin{aligned} t_b &= 6,43 > t_{\text{табл}} = 2,78; \\ t_{r_{xy}} &= 3,44 > t_{\text{табл}} = 2,78. \end{aligned} \quad (10)$$

Поэтому параметры a, b, r_{xy} не случайны, а являются статистически значимыми.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С помощью полученного уравнения регрессии (2) для г. Москвы есть возможность спрогнозировать количество ДТП с участием средств индивидуальной мобильности (рисунок 3). Данные оценки уравнения регрессии позволяют использовать его для прогноза. Оценка статистической значимости параметров регрессии и корреляции показала, что уравнение регрессии является статистически значимым [14].

Полученные оценки регрессии позволяют использовать его для прогноза. Значение количества средств индивидуальной мобильности за 2024 г. в среднем, согласно прогнозу, увеличится на 33% и будет составлять 80000 устройств. В связи с этим есть возможность с помощью уравнения регрессии спрогнозировать 696 дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ за 2024 г.³ [15].

$$y = -23,77 + 0,009 \cdot 80000 = 96,23. \quad (11)$$

³ Trofimenko Yu.V., Komkov V.I., Grigoryeva T.Yu. Forecast of the vehicle fleet size and structure in Russian federation by ecological class, a type of power installations and a fuel type for the period up to 2030. Proceedings of the Sixth International Environmental Congress (Eighth International Scientific-Technical Conference) "Ecology and Life Protection of Industrial-Transport Complexes" ELPIT 2017. 2017. P. 311-326.

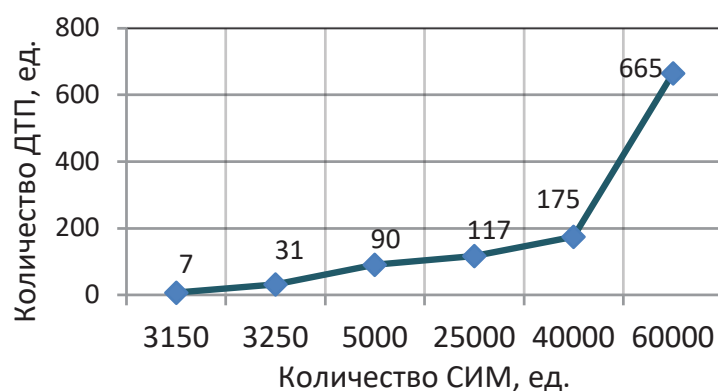


Рисунок 3 – Исходные данные изменения показателей ДТП и количества СИМ по г. Москве за 2018–2023 гг.
Источник: <https://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).

Figure 3 – Initial data on changes in the number of road accidents and number of personal mobility devices (PMDs) in Moscow for the period from 2018 to 2023
Source: <https://stat.gibdd.ru/> (accessed 25.11.2024).

По имеющимся фактическим и прогнозным данным построили гистограмму распределения остатков с целью оценки нормальности их распределения (рисунок 4).

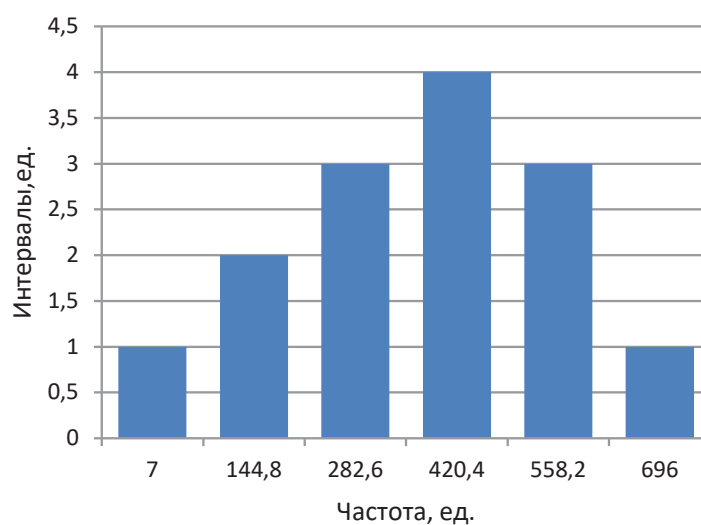


Рисунок 4 – Гистограмма распределения остатков фактических и прогнозных значений количества ДТП с участием СИМ за 2018–2024 гг.
Источник: <https://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).

Figure 4 – Histogram of the distribution of the residuals of actual and forecast values of the number of road accidents involving personal mobility devices (PMDs) for the period from 2018 to 2024
Source: <https://stat.gibdd.ru/> (accessed 25.11.2024).

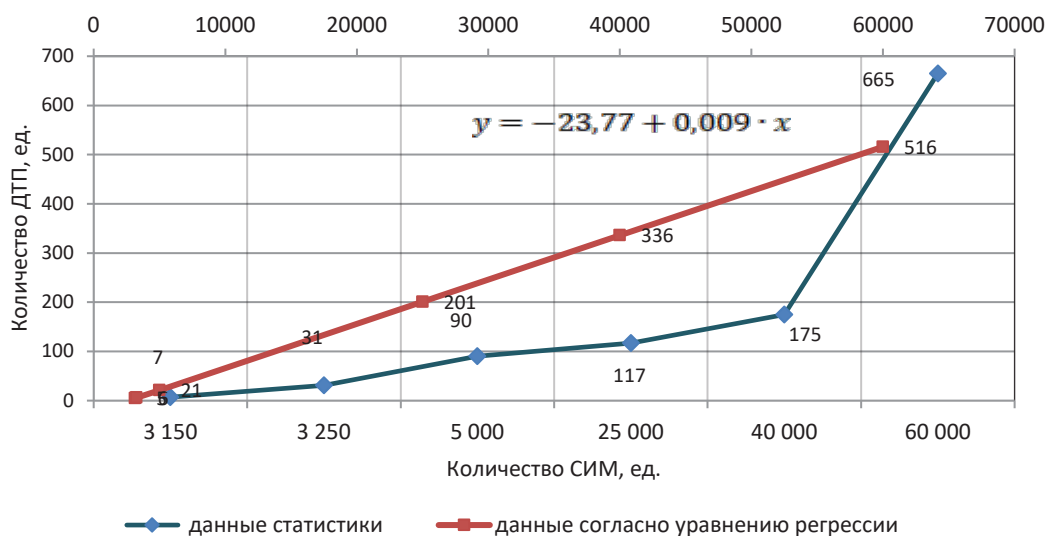


Рисунок 5 – Линейные графики изменения показателей ДТП и количества СИМ по г. Москве за 2018–2023 гг. по данным статистики и данным, полученным с помощью уравнения регрессии
Источник: <https://stat.gibdd.ru/> (дата обращения: 25.11.2024).

Figure 5 – Line graphs of changes in the number of road accidents and number of personal mobility devices (PMDs) in Moscow for the period from 2018 to 2023, based on statistics and data obtained with the help of regression equation.
Source: <https://stat.gibdd.ru/> (accessed 25.11.2024).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе полученных результатов анализа дорожно-транспортных происшествий на территории города Москвы были получены значения происшествий с участием средств индивидуальной мобильности за период 2018–2024 гг⁴. С помощью использования такой науки, как эконометрика, было составлено уравнение регрессии, позволяющее с помощью прямой зависимости спрогнозировать количество дорожно-транспортных происшествий с участием СИМ (рисунок 5). Расчет статистической значимости управления регрессии и корреляции с помощью F-критерия Фишера и t-статистики Стьюдента позволил обеспечить точность прогнозирования на основании статистически значимых параметров [16].

Расчет с помощью полученной математической модели позволил спрогнозировать количество ДТП с участием СИМ за 2024 год в г. Москве – 696 происшествий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Васильева В.В. Внедрение интеллектуальной транспортной системы RAMP METERING на примере г. Белгорода // Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 4(63). С. 42–48.
2. Мишина Ю.В. К вопросу об участии в дорожном движении пользователей средств индивидуальной мобильности // Правопорядок: история, теория, практика. 2020. № 1/2. С. 44–46.
3. Юнг А.А., Шевцова А.Г. Оценка аварийности средств индивидуальной мобильности в различных условиях движения // Современная наука. 2021. № 2. С. 31–36.
4. Ирошников Д.В. Правовые проблемы обеспечения безопасности личности на транспорте в условиях использования индивидуального электротранспорта // Правовое государство: теория и практики. 2019. № 1/1. С. 58–89.
5. Шевцова А.Г., Бурлуцкая А.Г., Юнг А.А. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения // Интеллек. Инновации. Инвестиции. 2022. № 1. С. 126–134. DOI 10.25198/2077-7175-2022-1–126.

⁴ Degele J., Gorr A., Haas K., Kormann, D., Krauss S., Lipinski P., Tenbih M., Koppenhoefer C., Fauser J., Hertweck D. Identifying E-scooter sharing customer segments using clustering. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), Stuttgart, Germany, 17–20 June 2018; pp. 2–5.

6. Новописный И.А., Шевцова А.Г., Макагонов А.Е. Сравнительный анализ программ безопасности дорожного движения Германии и Российской Федерации // *Техника и технологии строительства*. 2015. № 4(4). С. 11–17.
7. Новиков И.А., Шевцова А.Г. Влияние изменения задержек транспортных средств на количество режимов работы светофорного объекта // *Мир транспорта и технологических машин*. 2011. № 4(35). С. 62–68.
8. Боровской А.Е., Шевцова А.Г. Методы определения потока насыщения автотрассы // *Мир транспорта*. 2013. № 3. С. 44–51.
9. Боровской А.Е., Воля П.А., Новикова И.А., Шевцова А.Г. Распределение состава транспортного потока на примере городской агломерации «Белгород» // *Мир транспорта и технологических машин*. 2015. № 4. С. 103–110.
10. Шелмаков П.С., Шелмаков С.В. Развитие велосипедного движения в Российской Федерации // *Успехи современного естествознания*. 2012. № 6. С. 183–184.
11. Соиников С.А. Особенности определения административно-правового статуса участников дорожного движения, использующих современные технические средства передвижения (средства индивидуальной мобильности) // *Вестник экономической безопасности*. 2020. № 1. С. 216–219.
12. Волков П.А., Кемьяш Ю.В. Средства индивидуальной мобильности: вопросы теории и практики использования // *Вестник Белгородского юридического института МВД России им. И.Д. Путилина*. 2021. № 1. С. 51–55.
13. Мишина Ю.В. Проблемы определения административно-правового статуса лиц, использующих для передвижения электросамокаты, сегвеи и иные современные технические средства // *Проблемы экономики и юридической практики*. 2020. № 4. С. 321–325.
14. Trofimenko Y.V., Komkov V.I., Potapchenko T.D., Donchenko V.V. Model for the assessment greenhouse gas emissions from road transport. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2019. T. 7. No 1. pp. 465–473.
15. Nocerino R., Colorni, A., Lia, F. Luè, A. E-bikes and E-scooters for smart logistics: environmental and economic sustainability in pro-E-bike Italian pilots. *Transp. Res. Procedia* 2016. 14. 2362–2371.
16. Zagorskas J., Burinskiene M. Challenges Caused by Increased Use of E-Powered Personal Mobility Vehicles in European // *Cities Sustainability* 2020. 12. 248.
3. Jung A.A., Shevtsova A.G. Assessment of the accident rate of personal mobility equipment in various driving conditions. *Sovremennaja nauka*. 2021; 2: 31–36. (in Russ.)
4. Iroshnikov D.V. Legal problems of ensuring personal safety in transport in the conditions of using individual electric transport. *The Rule of Law State: Theory and Practice*. 2019; 1/1: 58–89. (in Russ.)
5. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Yung A.A. Assessment of the influence of vehicle parameters on the value of the saturation flow. *Intellect. Innovations. Investments*. 2022; Vol. 1: 126–134. (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2022-1-126>.
6. Novopisny I.A., Shevtsova A.G., Makagov A.E. Comparative analysis of road safety programs of Germany and the Russian Federation. *Tekhnika i tekhnologii stroitel'stva*. 2015; 4(4): 11–17. (in Russ.)
7. Novikov I.A., Shevtsova A.G. The effect of changes in vehicle delays on the number of modes of operation of a traffic light object. *The world of transport and technological machines*. 2011; 4(35): 62–68. (in Russ.)
8. Borovskoi A.E. Shevtsova A.G. Methods for determining the saturation flow. *World of Transport and Transportation Journal*. 2013; 3: 44–51. (in Russ.)
9. Borovskoi A.E., Volya P.A., Novikov I.A., Shevtsova A.G. Distribution of the composition of the traffic flow on the example of the urban agglomeration "Belgorod". *The world of transport and technological machines*. 2015; 4: 103–110. (in Russ.)
10. Shelmakov P.S., Shelmakov S.V. Development of cycling in the Russian Federation. *Advances in current natural sciences*. 2012; 6: 183–184. (in Russ.)
11. Soynikov S.A. Features of determining the administrative status of road users using modern technical means of transportation (means of individual mobility). *Vestnik jekonomicheskoy bezopasnosti*. 2020; 1: 216–219. (in Russ.)
12. Volkov P.A., Kemyash Yu.V. Means of individual mobility: issues of theory and practice of use. *Vestnik of Putilin Belgorod law institute of the Ministry of the interior of Russia : Vestnik of Putilin Belgorod law institute of the Ministry of the interior of Russia*. 2021; 1: 51–55. (in Russ.)
13. Mishina Yu.V. Problems of determining the administrative and legal status of persons using electric scooters, segways and other modern technical means for movement. *Economic Problems and Legal Practice*. 2020; 4: 321–325. (in Russ.)
14. Trofimenko Y.V., Komkov V.I., Potapchenko T.D., Donchenko V.V. Model for the assessment greenhouse gas emissions from road transport. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. 2019; T. 7. No 1: 465–473.
15. Nocerino R., Colorni, A., Lia, F. Luè, A. E-bikes and E-scooters for smart logistics: environmental and economic sustainability in pro-E-bike Italian pilots. *Transp. Res. Procedia*. 2016; 14: 2362–2371.
16. Zagorskas J., Burinskiene M. Challenges Caused by Increased Use of E-Powered Personal Mobility Vehicles in European. *Cities Sustainability*. 2020; 12: 248.

REFERENCES

1. Shevtsova A.G., Burlutskaya A.G., Vasileva V.V. Introduction of intelligent transport system ramp metering in the city of Belgorod. *The world of transport and technological machines*. 2018; 4(63): 42–48. (in Russ.)
2. Mishina Y.V. Selected aspects of road traffic participation of users of individual mobility equipment. *Pravovoe gosudarstvo: teorija i praktiki*. 2020; ½: 44–46. (in Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Юнг Анастасия Алексеевна – аспирант кафедры «Эксплуатация и организация движения автотранспорта» Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46).

ORCID: 0000-0003-0691-1393,

SPIN-код: 8392-4329,

e-mail: yungnastena33@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Anastasiya Alekseevna Yung – Postgraduate student, Transport Operation and Traffic Organization Department, Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov (46, Kostyukova Street, Belgorod, 308012).

ORCID: 0000-0003-0691-1393,

SPIN-code: 8392-4329,

e-mail: yungnastena33@gmail.com