

УДК 656. 081

О.О. Лобашов, Д.М. Рославцев, Ю.В. Пасєка

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ ПОКАЗНИКІВ АВАРІЙНОСТІ У ІНДУСТРІАЛЬНОМУ РАЙОНІ МІСТА ХАРКОВА

У статті розглянуто кореляційно-регресійний аналіз як метод дослідження та прогнозування стану аварійності на дорогах Індустріального району. Представлено статистичні дані про кількість ДТП та кількість постраждалих у досліджуваному районі за останні роки, розроблено математичні моделі, що описують закономірності зміни показників аварійності за часом. Отримані математичні моделі можуть бути використані для прогнозування показників аварійності у Індустріальному районі на перспективу.

Ключові слова: показники аварійності, кореляційно-регресійний аналіз, метод найменших квадратів, математична модель.

Постановка проблеми

Впродовж останніх років в Україні склалась вкрай негативна ситуація з безпекою дорожнього руху – за даними дорожньої поліції кожні 20 хвилин відбувається ДТП, кожні 1,5 години трапляється аварія з постраждалими, кожні 2 години в результаті ДТП помирає людина. Така смертність на дорогах є рекордною у Європі. За даними ВООЗ та Світового банку, втрати України у ДТП сягають близько 5,6 млрд. доларів США. Основна частка збитків припадає на витрати, пов'язані із втратою працездатності та загибеллю людей.

Зростаючий рівень автомобілізації, невідповідність дорожньо-транспортної мережі потребам населення, недостатня ефективність функціонування системи забезпечення безпеки дорожнього руху та вкрай низька дисципліна

учасників дорожнього руху – сукупність цих факторів гостро ставить питання щодо необхідності підвищення рівня безпеки дорожнього руху на дорогах України. Обов'язковим пунктом забезпечення більш високого рівня безпеки на дорогах, є комплексний підхід до питання вивчення аварійності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На даний момент існує достатньо велика кількість методів дослідження аварійності. Доцільність використання кожного з них залежить від мети дослідження та типу і виду даних, які необхідно отримати в результаті. Найбільш поширені методи аналізу аварійності наведені на рис. 1 [1].

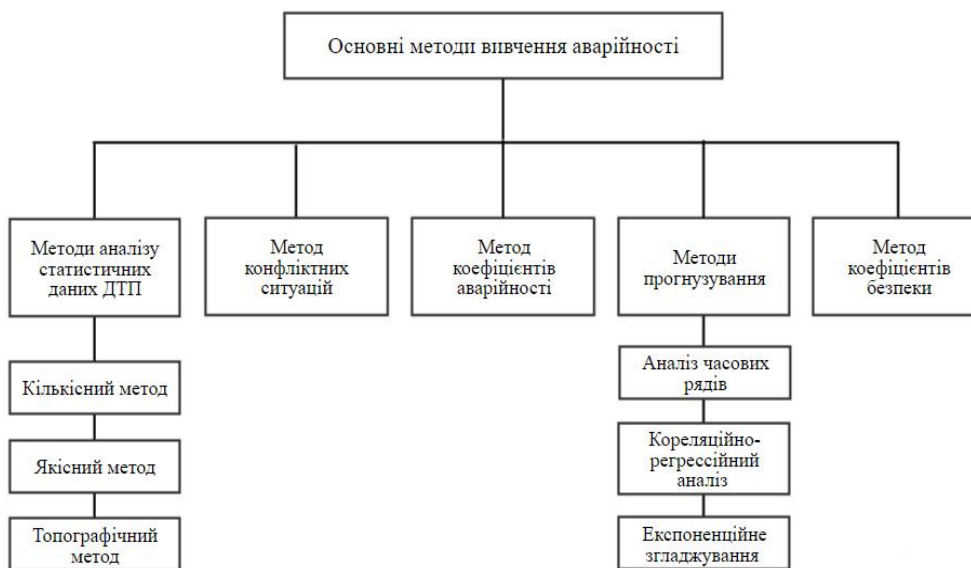


Рис. 1. Схема основних методів вивчення аварійності

Аналіз статистичних даних про дорожньо-транспортні пригоди проводиться на основі абсолютних показників з метою виявлення основних причин дорожньо-транспортних пригод та оцінки ефективності заходів, що направлені на підвищення рівня безпеки руху [2].

Кількісний аналіз характеризує рівень аварійності на місці (перехрестя, магістраль, місто, регіон, країна) і за терміном, протягом якого відбуваються пригоди (година, день, тиждень, місяць, рік) [3].

Якісний метод дозволяє виявити причини і фактори виникнення ДТП по кожному із складових системи “водій-автомобіль-дорога-середовище” та звести їх у групи, що є однорідними за характером.

Топографічний аналіз проводиться з метою виявлення місць концентрації ДТП на певній території (перехрестя, ділянка дороги, магістраль, місто, регіон) [4].

Метод конфліктних ситуацій використовується для вивчення аварійності на складних ділянках автомобільних доріг. Показником наявності конфліктної ситуації є різка зміна швидкості або траєкторії руху автомобіля. Для використання методу необхідно отримати дані про негативні поздовжні і поперечні прискорення, які отримують за допомогою ходової дорожньої лабораторії. Отриманні значення порівнюють з нормативними та відносять дані конфліктні ситуації до легкої, середньої або критичної категорії небезпеки. Далі визначають число конфліктних ситуацій на 1 млн авт.км. і оцінюють аварійність ділянки. Недоліками методу є велика трудомісткість збору інформації та недопустимо велика похибка, що пов’язана із нехтуванням впливу елементів системи ВАДС на результат [5,6].

Метод коефіцієнтів аварійності базується на відношенні кількості ДТП у фактичних та еталонних умовах (дорога з покращеним покриттям з шириною проїжджої частини близько 7,5 метрів, з твердими широкими узбіччями, що мають укріпленні бічні смуги по 0,75 метрів). Щоб визначити ступінь небезпеки певного відрізка дорожньо-транспортної мережі, розраховують підсумковий коефіцієнт аварійності за формулою:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_{20} = \prod_{i=1}^{20} K_i; \quad (1)$$

де K_i – приватний коефіцієнт аварійності i -ї ділянки дороги.

За значеннями підсумкового коефіцієнта аварійності будують лінійний графік, де позначають план і поздовжній профіль дороги, а також всі елементи, від яких залежить безпека руху. Небезпечними вважаються ділянки дорожньої

мережі, для яких підсумковий коефіцієнт аварійності перевищує значення 15-20 од [7,9].

Основою методу коефіцієнтів безпеки є відношення максимальної швидкості руху на небезпечній ділянці до максимальної швидкості руху на підході до даної ділянки. При побудові графіка коефіцієнтів безпеки визначають максимальну швидкість в кінці кожної ділянки, яку можна розвинути без урахування умов руху на наступних ділянках, не враховуючи ділянки поступового зниження швидкості, необхідні для безпечного в’їзду на криві малих радіусів, перетини, вузькі мости тощо. Аварійними вважаються ділянки з коефіцієнтами безпеки менше ніж 0,8 [8].

Недоліком даного методу є той факт, що він достовірний лише для доріг з малою інтенсивністю. На дорогах з більшою інтенсивністю переважають такі види небезпеки, як ризик зіткнення зустрічних автомобілів при виконанні обгону, ризик наїзду на транспортний засіб ззаду, наїзду на нерухому перешкоду в умовах обмеженої видимості тощо. Також допустимий коефіцієнт безпеки руху не враховує усі необхідні фактори, що можуть вплинути на його значення, а отже є недостатньо достовірним [9,10].

Методи прогнозування дають змогу передбачити майбутній розвиток об’єкту на основі аналізу даних щодо його стану у попередні періоди часу [11].

Сутністю методу регресійного аналізу є розробка рівняння регресії, за допомогою якого знаходиться середня величина випадкової змінної, якщо величина іншої або інших змінних відома [12]. Рівняння регресії для лінійного парного зв’язку набуває вигляду:

$$y_i = a + b \cdot x_i + u_i; \quad (2)$$

Параметри даного рівняння a і b оцінюються за даними статистичного спостереження x і y . Результатом такої оцінки є рівняння:

$$\tilde{y}_i = \tilde{a} + \tilde{b} \cdot x_i; \quad (3)$$

де, \tilde{a} і \tilde{b} - оцінки параметрів a і b ;

\tilde{y}_i - значення результативної ознаки (змінної), отримане за рівнянням регресії (розрахункове значення).

Найбільш часто для оцінки параметрів використовують метод найменших квадратів (МНК).

Формулювання мети статті

Метою даної статті є виявлення динаміки змін показників аварійності у Індустріальному районі

міста Харкова, а також розробка математичних моделей для прогнозування майбутнього стану безпеки дорожнього руху у досліджуваному районі за допомогою кореляційно-регресійного аналізу та методу найменших квадратів.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення мети роботи, а саме виявлення закономірностей зміни показників аварійності у досліджуваному районі, найголовнішим завданням є вибір доцільного методу аналізу.

На першому етапі дослідження було проаналізовано основні методи, що використовуються для аналізу аварійності на дорогах, визначено їх особливості та недоліки, та обрано метод, що є доречним саме для заданого виду досліджень – визначення закономірностей за допомогою статистики, та розробка прогнозу на перспективу. У результаті аналізу методів вивчення аварійності, для подальшої роботи було обрано один з методів прогнозування – кореляційно-регресійний аналіз.

Наступний етап роботи, що є основою дослідження – це характеристика Індустріального району міста Харкова, визначення його особливостей, що прямо або побічно можуть впливати на кількість ДТП у районі та тяжкість їх наслідків, а також збір вихідних даних для подальшої розробки математичних моделей. Вихідними даними для дослідження є загальна кількість ДТП, кількість постраждалих, поранених та загиблих у Індустріальному районі у період з 2006 по 2016 рік. Також на цьому етапі було первинний аналіз даних, за яким можна зробити висновки щодо динаміки зміни показників у досліджуваній період – зміни показників аварійності мають позитивну, хоча ще не досить стабільну, тенденцію до зниження. Гістограми зміни кількості ДТП, постраждалих, поранених та загиблих у Індустріальному районі по роках наведено на рис. 2 – 4.

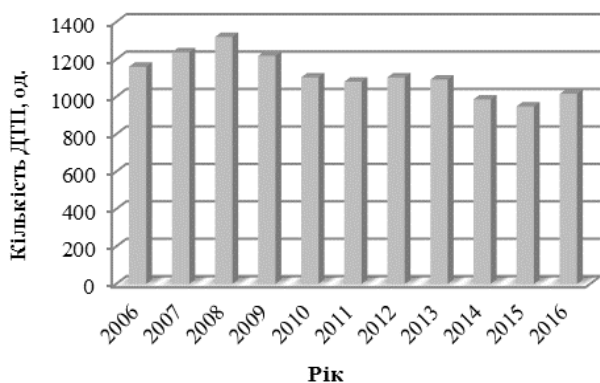


Рис. 2. Зміна кількості ДТП у Індустріальному районі за роками

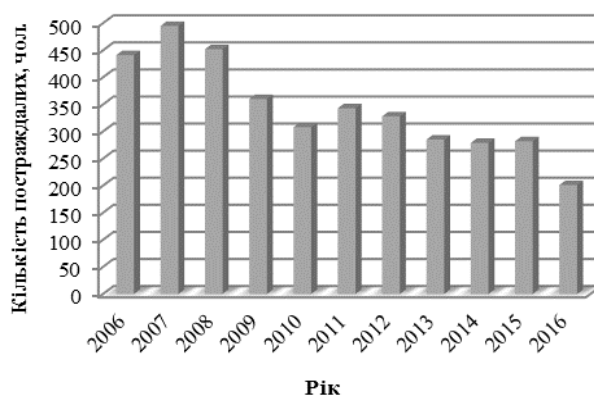


Рис. 3. Зміна кількості постраждалих у ДТП в Індустріальному районі

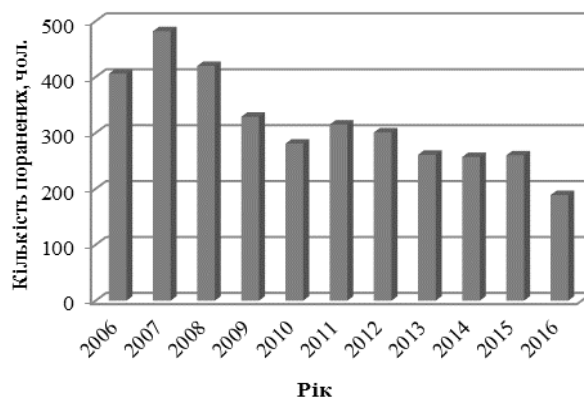


Рис. 4. Зміна кількості поранених у ДТП в Індустріальному районі

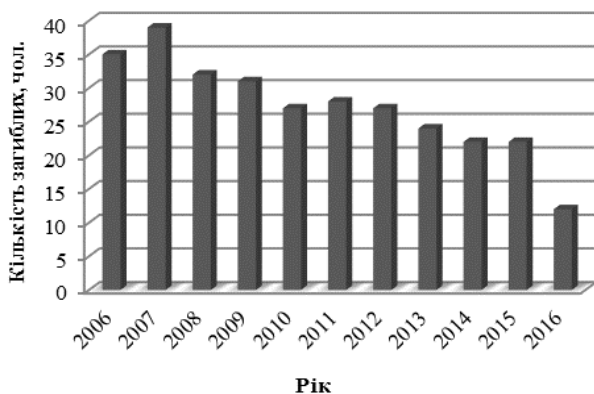


Рис. 5. Зміна кількості загиблих у ДТП в Індустріальному районі

На графіках зміни показників аварійності можна помітити тенденцію до зменшення кількості ДТП починаючи з 2009 року. Найбільша кількість ДТП у Індустріальному районі була зафіксована у 2008 році. Натомість показник кількості ДТП з постраждалими та загиблими набув пікового значення у 2007 році, а після цього, з коливаннями у бік збільшення, почав поступово знижуватись. Не дивлячись на те, що найменша кількість ДТП була зафіксована у 2015 році, найнижчий показник

кількості серйозних ДТП з постраждалими та загиблими приймає найменше значення у 2016 році, з чого можна зробити висновок, що не дивлячись на все ще високий рівень аварійності на дорогах Індустріального району, кількість серйозних ДТП значно скоротилась.

Для розробки математичних моделей, що дозволяють виявити закономірності зміни аварійності у досліджуваному районі, було обрано метод найменших квадратів, що є інструментом кореляційно-регресійного аналізу. Методика моделювання кількості ДТП методом кореляційно-регресійного аналізу наведено на рис. 5.



Рис. 5. Методика моделювання кількості ДТП методом кореляційно-регресійного аналізу

За допомогою програми Microsoft Excel було визначено розрахунковий показник $Y_{\text{розрах}}$ для кожного показника аварійності, побудовано графічні моделі зміни показників що відображають лінійну регресію між значенням показників та часом, а також отримано функцію, що описує залежність від час для кожного з показників аварійності. Побудовані моделі графічно зображено на рис. 6 – 9.

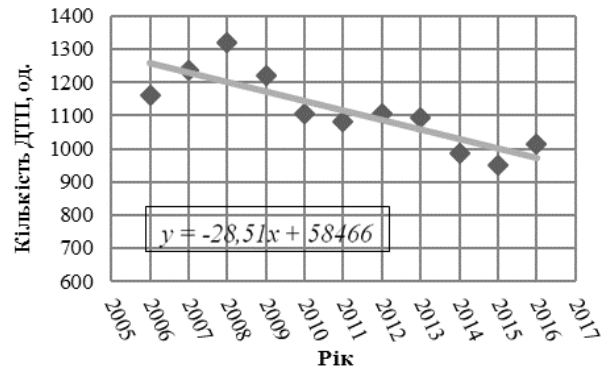


Рис. 6. Діаграма лінійної регресії (залежності) між кількістю ДТП та часом

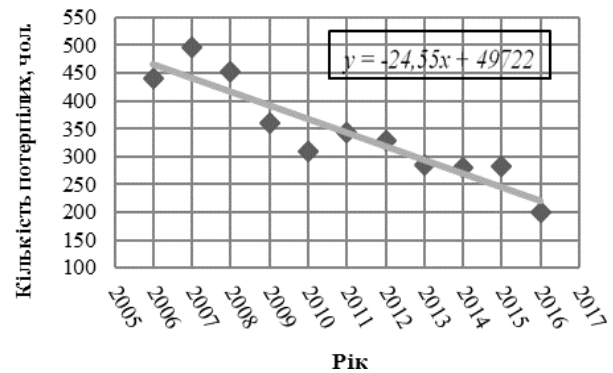


Рис. 7. Діаграма лінійної регресії між кількістю потерпілих та часом

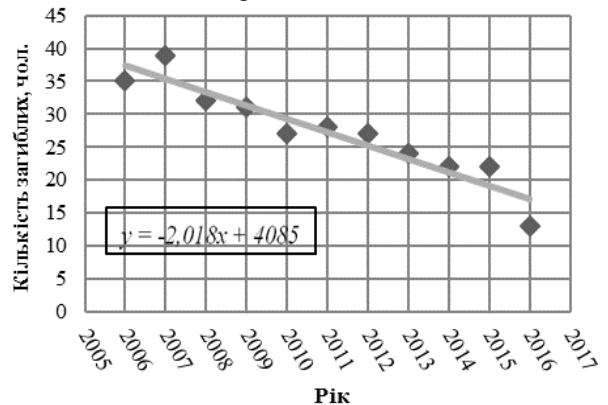


Рис. 8. Діаграма лінійної регресії між кількістю загиблих та часом

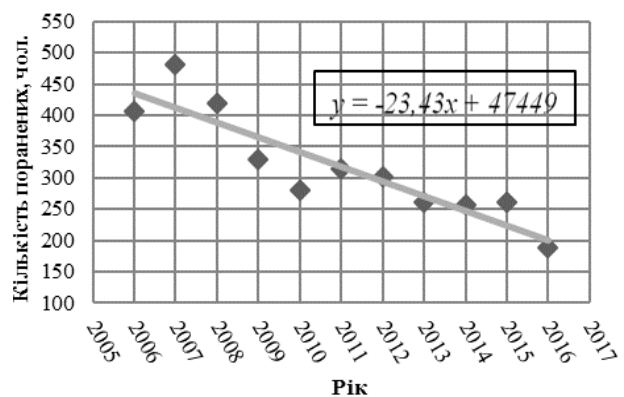


Рис. 9. Діаграма лінійної регресії між кількістю поранених та часом

Функції парної лінійної регресії, що було розроблено за допомогою методу кореляційно-регресійного аналізу, дають можливість отримати значення показників аварійності у Індустріальному районі міста Харкова у перспективі. Для прогнозу було обрано період з 2017 по 2020 рік. Результати прогнозу на 2017-2020 рік представлено у табл. 1.

Таблиця 1

Прогностичні значення показників аварійності у Індустріальному районі для 2017-2020 року.

Рік	Загальна кількість ДТП	Кількість потерпілих	З них	
			З	П
2017	944	196	15	178
2018	916	171	13	154
2019	887	147	11	131
2020	859	122	9	107

Примітка: З – загинуло, П - поранено.

Оскільки аварійність залежить також від факторів, що не підлягають математичному опису та є випадковими, даний прогноз може виконуватись, якщо умови, за яких було проведено дослідження, залишаться без суттєвих змін.

Висновки

У результаті роботи над дослідженням закономірностей змін показників аварійності у Індустріальному районі, за допомогою кореляційно-регресійного аналізу, що є методом прогнозування аварійності, було розроблено математичні моделі та функції парної лінійної регресії для кожного з показників аварійності. За допомогою отриманих моделей було досліджено залежність значень показників аварійності від часу, та розроблено прогноз аварійності у районі на період з 2017 по 2020 рік.

Література

1. Волошин, Г. Я. *Анализ дорожно-транспортных происшествий* [Текст] / Г.Я. Волошин. - М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
2. *Аналіз аварійності на автотранспорті в Україні м. Івано-Франківськ.* [Текст] / Ф. В. Козак, Т. В. Дикун, Б. В. Долішній, В. І. Гук. - 2012. - № 3(44)
3. Нескоромний, О.Д. *Тенденції зміни рівня аварійності у транспортній мережі м. Харкова* [Текст] /

О.Д. Нескоромний, О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко, Д.Л. Бурко // *Комунальне господарство міст. - Серія: Технічні науки та архітектура.* - 2017. - Вип. 134. - С.75-79.

4. Prasolenko, O., Lobashov, O., Galkin, A. (2015) The Human Factor in Road Traffic City. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1 (3), 77-84.

5. Лобашов, О. О. *Про напрямки зниження завантаження дорожнім рухом транспортних мереж міст* [Текст] / С.Б. Дульфан, О.О. Лобашов // *Технологический аудит и резервы производства.* - 2013. - №6/1(14). - С.35-38.

6. Ponkratov, D., Ivanov, I., Prasolenko, O., Grigorova, T., Lobashov, O. and Dolya, V. (2015) Traffic Streams and Anti-Congestions Activities in City Networks. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(2), 21-26.

7. Кривицкий, А. М. (ред.) *Использование специальных познаний в расследовании ДТП* [Текст]: метод. пособие / А. М. Кривицкий. Научно-исследовательский институт проблем криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. - Минск: Харвест, 2004. – 132 с.

8. Кисляков, Ю. Д. *Справочно-информационные данные для анализа дорожно-транспортных происшествий (ДТП)* [Текст]: метод. рекомендации. / Ю. Д. Кисляков, О. Г. Кузнецов, Т. М. Жанабаев – Алматы: Республиканский межведомственный научно-исследовательский центр безопасности дорожного движения, 1998. – 108 с.: ил.

9. Lobashov, O., Burko, D. (2016) Problems of quality of vehicular traffic management at the biggest cities of Ukraine. *Jakość w systemach zarządzania organizacją w nowej gospodarce: Monografia.* Lublin: Wydział Ekonomiczny Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, 284-296.

10. Солодов, Е. А. *Анализ рисков дорожно-транспортных происшествий на примере опасных участков дороги города Воронежа* [Текст] / Е. А. Солодов, А. В. Звягинцева // *Гелиогеофизические исследования.* – 2014. - Выпуск 8. – С. 72-75.

11. Капский, Д.В. *Разработка методик прогнозирования аварийности на различных типовых городских объектах* [Текст] / Д. В. Капский // *Наука и техника.* – 2012. – № 4. – С. 58–63.

12. Фирсова, К.И. *Применение графического линейного анализа для исследования аварийности* [Текст] / К. И. Фирсова - Алтайский государственный университет Россия, г. Барнаул.

References

1. Voloshin, G. Ya. (1987). Analysis of road traffic accidents, 240.
2. Kozak, F. V., Dikun, T. V., Dolyshny, B. V., Guk, V. I. (2012). Analysis of accidents on motor transport in Ukraine in Ivano-Frankivsk, 3 (44).
3. Neskoromny, O. D. (2017). Trends in changing the level of accidents in the transport network of Kharkiv. *Municipal economy of cities. - Series: Engineering and Architecture*, 75-79.
4. Prasolenko, O., Lobashov, O., Galkin, A. (2015) The Human Factor in Road Traffic City. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1 (3), 77-84

5. Lobashov, O. O. (2013). On Directions of Reduction of Loading by Road Traffic of Transport Networks of Cities. *Technological audit and production reserves*, 6 (1(14)), 35-38.

6. Ponkratov, D., Ivanov, I., Prasolenko, O., Grigorova, T., Lobashov, O. and Dolya, V. (2015) Traffic Streams and Anti-Congestions Activities in City Networks. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1(2), 21-26.

7. Krivitsky, A. M. (ed.) (2004). Use of special knowledge in the investigation of an accident. *Research Institute of Criminology, Criminalistics and Forensic Expertise*, 132.

8. Kislyakov, Yu. D., Kuznetsov, O. G., Zhanabaev, T. M. (1998). Reference data for the analysis of road traffic accidents. Methodological recommendations. *Republican Interdepartmental Research Center for Road Safety*, 108.

9. Lobashov, O., Burko, D. (2016) Problems of quality of vehicular traffic management at the biggest cities of Ukraine. *Jakość w systemach zarządzania organizacją w nowej gospodarce: Monografia*. Lublin: Wydział Ekonomiczny Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, 284-296.

10. Solodov, E. A., Zvyagintseva, A. V. (2014). Analysis of the risks of road accidents on the example of dangerous sections of the road of the Voronezh city. *Heliogeophysical Research Issue* 8, 72-75.

11. Kapsky, D. V. (2012). Development of methods for forecasting accidents on various typical urban objects. *Science and technology*, 4, 58-63.

12. Firsova, K. I. (2016). Application of Graphical Linear Analysis for Accident Research, *Altai State University Russia, Barnaul*.

Автор: ЛОБАШОВ Олександр Олегович
 д-т техн. наук, професор
 Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
 E-mail - lobashov61@mail.ru
 ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6563-1319>

Автор: РОСЛАВЦЕВ Дмитро Миколайович
 д-т техн. наук, доцент
 Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
 E-mail - d.roslavtsev@gmail.com
 ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9441-6370>

Автор: ПАССКА Юлія Вікторівна
 студент
 Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
 E-mail – pasekayulia95@gmail.com

PATTERNS OF CHANGE IN ACCIDENT RATES IN THE INDUSTRIAL'NYI DISTRICT OF KHARKIV

O. Lobashov, D. Roslavtsev, Y. Pasiaka

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

In the article considered methods of analysis and prediction of the accidents and the correlation-regression analysis is considered as a method of research and prediction of the state of accidents on the roads of the Industrial'nyy district.

The purpose of the work is to identify patterns of changes in the indicators of accidents in the Industrial'nyy district of Kharkiv, and to develop a function for predicting the future state of road safety in the studied area.

The statistical data on the number of accidents and the number of victims, who was wounded and died in the region under study in recent years have been presented.

Using the least squares method, was obtained linear regression functions that describe the patterns of change in each of the indicators of the accident rate, depending on the time, and provide an opportunity to predict the value of the indicator for the future. Developed graphs of linear regression of indicators that represent the results of research graphically.

On the basis of the received functions, a forecast was made for the change of accident rates in the region for the period from 2017 to 2020.

The results of the work can be used in the process of developing measures to improve road safety and minimize the number of accidents in the Industrial'nyy district or another regions and cities.

Keywords: accident rate, correlation-regression analysis, least squares method, mathematical model.