

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ  
ГОСПОДАРСТВОМ І ПІДПРИЄМСТВАМИУДК 656.013  
UDC 656.013

## МОДЕЛЬ СКЛАДУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ МІСТА

Бакуліч О.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ,  
Україна  
Самойленко Є.С., Національний транспортний університет, Київ, Україна

## THE MODEL OF TRAFFIC FLOW OF THE CITY

Bakulich O.O., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine  
Samoylenko E.S., National Transport University, Kyiv, Ukraine

## МОДЕЛЬ СОСТАВА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА ГОРОДА

Бакуліч Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина  
Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Постановка проблеми. Стрімкий ріст автомобілізації за останні роки, призвів до виникнення комплексу екологічних проблем, які потребують свого вирішення [1]. Оцінка рівня забруднення екосистем міста автомобільним транспортом базується на інформації про кількісно-якісний склад транспортного потоку. Сучасний автопарк міста уявляє собою велику сукупність різноманітних транспортних засобів, що характеризується широким спектром марок, моделей, серій. Окрім того, визначаючи рівень забруднення, необхідно враховувати тип двигуна, технічний стан, час перебування в експлуатації автомобіля тощо. Тому кількісна оцінка техногенного впливу від транспортного потоку, що функціонує в умовах великого міста, є трудомісткою задачею, яка може бути розв'язана лише наближено [2]. Головним завданням при визначенні масових викидів забруднюючих речовин є розробка основних принципів поділу транспортного потоку на окремі групи і віднесення кожної з груп до конкретної типової моделі автомобіля. Складність даної задачі полягає перш за все у тому наскільки об'єктивну інформацію про інтенсивність та якісну структуру транспортного потоку можна зібрати за допомогою натурних досліджень.

Аналіз публікацій. Для оцінки масових викидів забруднюючих речовин від транспортних потоків розроблено ряд методик як вітчизняними так і зарубіжними науково-дослідними інститутами [3-5]. Дані методики можна умовно поділити на два типи. До першого типу належать методики інвентаризації забруднюючих речовин в масштабах автомобільного парку підприємства або країни в цілому за певний період часу. Вони засновані на використанні статистичної інформації про структуру автопарку та витрати палива спожитого певним типом транспортного засобу [3, 4]. До другого типу відносяться методики, які оцінюють викиди забруднюючих речовин на окремій ділянці вулично-дорожньої мережі. В якості вихідних даних використовуються результати натурних досліджень структури та інтенсивності транспортного потоку на автомагістралях міста з поділом транспортних засобів за основними групами [5]. В цьому випадку питоми викиди забруднюючих речовин уявляють собою усереднені викиди для досліджуваних груп автомобілів. Основним недоліком даних методик є складність віднесення автомобіля до певної групи під час натурних досліджень.

В більшості Європейських країн для оцінки викидів забруднюючих речовин автомобільним парком використовується розрахункова методика Сорет 4. Вона заснована на використанні статистичних даних про структуру автопарку та на використанні питомих викидів по стандартному Європейському їздовому циклу з урахуванням коригуючих коефіцієнтів.

Таким чином, на сьогоднішній день, є актуальною задача розробки методики визначення викидів забруднюючих речовин транспортними потоками, з використанням статистичної інформації про склад парку транспортних засобів.

Метою роботи є створення статистичної моделі складу транспортного потоку.

Основна частина. «Ефективний» транспортний засіб відповідної категорії це віртуальний транспортний засіб, техніко-експлуатаційні характеристики якого відповідають середньозваженим характеристикам автомобілів всіх марок, моделей, серій автомобілів, що відносяться до даної категорії з урахуванням їх вагових коефіцієнтів [6].

Згідно із Правилами і Директивами Європейської економічної комісії ООН і Європейського Союзу, автотransпортні засоби поділяються за категоріями: М (М<sub>1</sub>, М<sub>2</sub>, М<sub>3</sub>) – автотransпортні засоби, які мають не менше ніж чотири колеса і які використовують для перевезення пасажирів; N (N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>) – автотransпортні засоби, які мають не менше ніж чотири колеса і які призначені для перевезення вантажів; L – автотransпортні засоби, які мають менше ніж чотири колеса.

Сукупність «ефективних» транспортних засобів формують «ефективний» транспортний потік, тобто модельний потік, техногенна дія якого на навколишнє середовище еквівалентна дії реального транспортного потоку, що містить аналогічну кількість транспортних засобів. «Ефективний» транспортний потік, являється статистичною сукупністю «ефективних» транспортних засобів відповідних категорій [7].

Таким чином, необхідно створити модель «ефективного» транспортного засобу для відповідної категорії. Щоб модель «ефективного» транспортного засобу була адекватною в ефект-дії на навколишнє середовище, необхідно при побудові моделі врахувати та залучити всі впливові техніко-експлуатаційні характеристики з урахуванням їх ваги.

Об'єктом дослідження є розподіл автомобілів, зареєстрованих у підрозділах Державтоінспекції м. Києва за марками та моделями. Так за інформацією Державтоінспекції м. Києва станом на 2013 р. у столиці України налічується більше 1 млн. автомобілів, серед яких 920 тисяч – легкові. Незважаючи на зростаючу популярність автомобілів з дизельними двигунами, в Києві загальна частка їх залишається досить невеликою – близько 11,5% від усієї кількості автомобілів (рис. 1). Щодо вікового стану автомобілів, то найбільш поширеними є автомобілі з часом перебування в експлуатації більше 10 років (рис. 2).

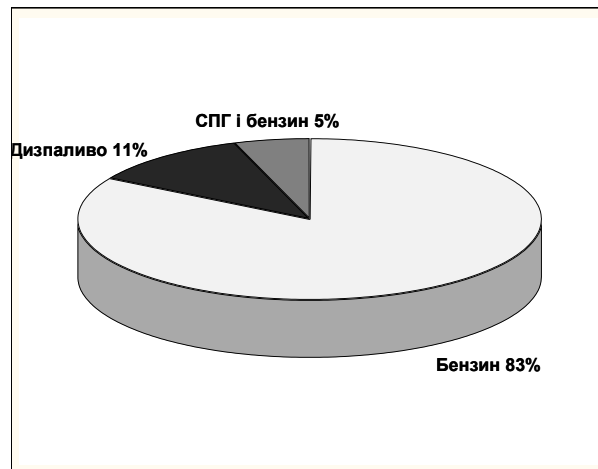


Рисунок 1 – Розподіл автомобілів залежно від типу двигуна у м. Києві

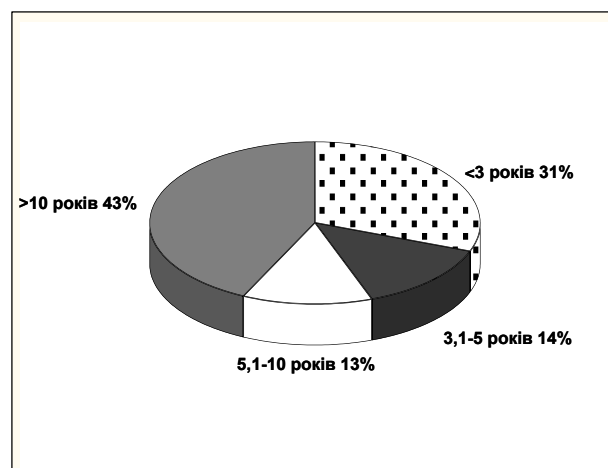


Рисунок 2 – Розподіл автомобілів залежно від часу перебування в експлуатації у м. Києві

Для визначення ефективних транспортних засобів були створені вибірки найбільш поширених автомобілів відповідних категорії (рис. 3). В якості впливових характеристик за якими визначався «ефективний» транспортний засіб були вибрані наступні техніко-експлуатаційні характеристики:

- об'єм двигуна, (см<sup>3</sup>);
- потужність, (кВт);
- витрата палива, (л/100км.);
- маса (повна та споряджена), (кг);
- габарити (довжина, ширина, висота), (мм);
- час перебування в експлуатації;
- тип двигуна.

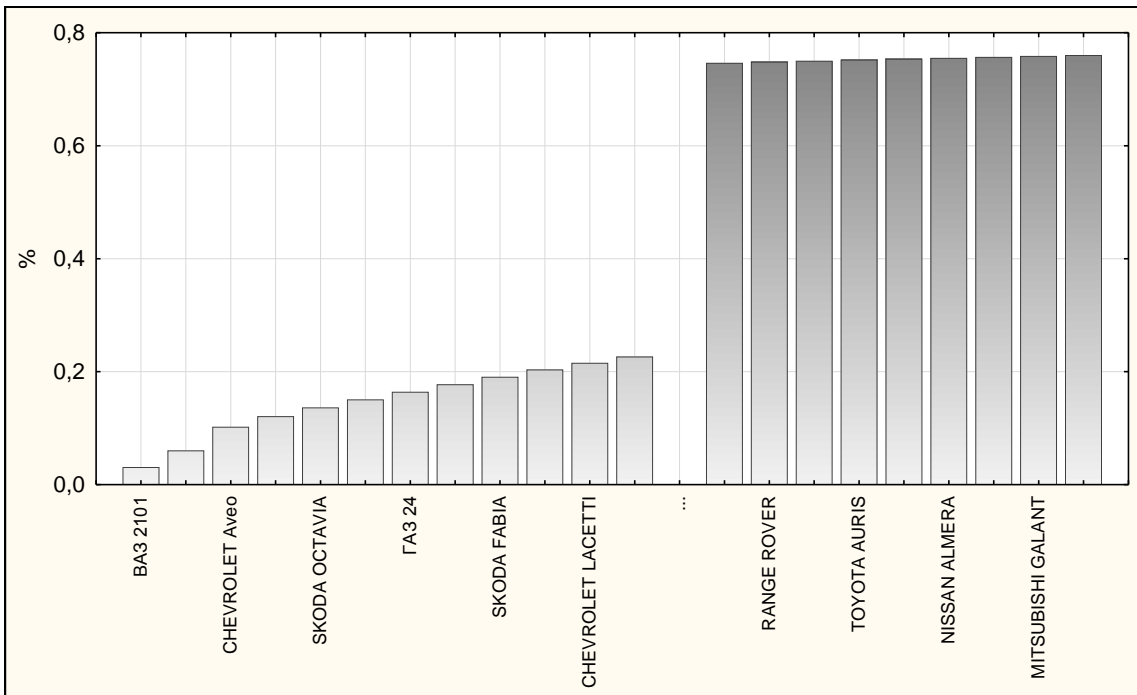


Рисунок 3 – Гістограми кумулятивних частот автомобілів категорії M1

Додатково для транспортних засобів категорії M2 та M3 додавалася характеристика – пасажиромісткість, а для категорії M1 – час розгону до 100 км.

Для того, щоб з'ясувати, які моделі за своїми технічними характеристиками подібні до «ефективного» автомобіля був використаний кластерний аналіз [8]. Основним завданням кластерного аналізу є розбиття множини об'єктів (автомобілів), враховуючи дані, які містяться у множині (технічні характеристики транспортних засобів), на однорідні групи (кластери). При цьому автомобілі, які знаходяться в одному кластері повинні мати подібні технічні характеристики (рис. 4, 5).

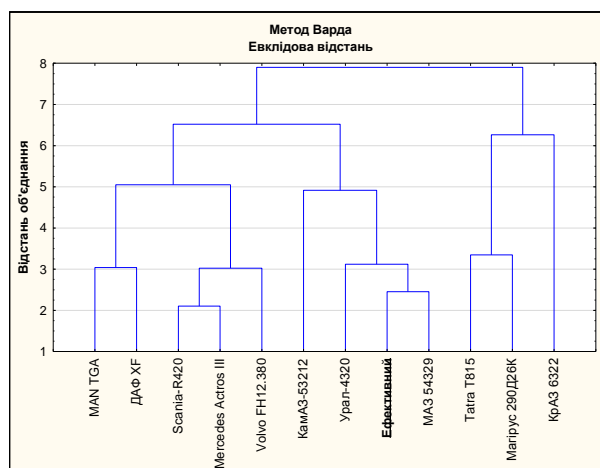


Рисунок 4 – Дендограма транспортних засобів категорії N3

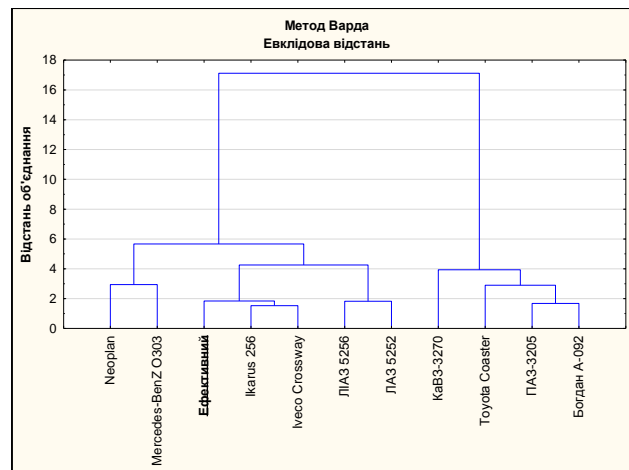


Рисунок 5 – Дендограма транспортних засобів категорії МЗ

У табл. 1 наведені основні техніко-експлуатаційні характеристики «ефективних» автомобілів усіх основних категорій та марки, моделі, серії автомобілів, чиї характеристики найбільш близькі до характеристик «ефективного» автомобіля.

Таблиця 1 – Характеристики «ефективних» автомобілів кожної з категорій

Модель автомобіля	Час розгону до 100 км, с	Об'єм двигуна, см <sup>3</sup>	Потужність, к. с.	Змішана витрата палива, л	Повна маса, кг	Споряджена маса, кг	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Об'єм бензобака, л	Пасажиромісткість
«Ефективний» автомобіль категорії М1	13,5	1750	112	8,3	1718	1232	4332	1717	1495	-	-
Chevrolet Lacetti 1.6 MT SE	11,5	1598	109	8,1	1660	1185	4295	1725	1445	-	-
«Ефективний» автомобіль категорії М2	-	2315	100,3	9,9	3977	2422	5485	2049	2322	72,1	15
ГАЗ 32213	-	2286	98	10,5	3445	2400	5540	2075	2200	70	13
«Ефективний» автомобіль категорії М3	-	7898	192,7	26,6	14045	9126	10019	2528	3112	232,2	59,5
Ikarus 256	-	10350	210	32	15593	10400	10990	2500	3150	300	47
«Ефективний» автомобіль категорії N1	-	1937	84,4	9,9	2838	1650	4908	1952	2190	67,5	-
Isuzu Midi	-	2100	85	10,5	3000	1800	4790	1790	2185	75	-
«Ефективний» автомобіль категорії N2	-	4559	132,3	21	8557	3854	6438	2409	2411	142,4	-
ГАЗ 3307	-	4678	111	19,6	8180	3530	6435	2380	2350	90	-
«Ефективний» автомобіль категорії N3	-	12814	320,5	30	18610	8611	7557	2524	3378	404,4	-
МАЗ 54329	-	14000	240	28,5	16000	7050	7140	2500	2650	350	-

Автомобільний парк міста є динамічною системою оскільки постійно відбувається оновлення його складу. Але в той же час дана система є досить інерційною через значну кількість існуючих автомобілів у порівнянні з тією частиною транспортних засобів, яка змінюється. Тому, визначати «ефективні» транспортні засоби відповідних категорій необхідно з певною періодичністю, а саме не рідше ніж раз на п'ять років.

Таким чином оцінку викидів забруднюючих речовин від транспортного потоку можна проводити шляхом вимірювання екологічних показників реальних транспортних засобів, техніко-експлуатаційні характеристики яких відповідають середньозваженим техніко-експлуатаційним характеристикам автомобілів відповідної категорії.

Висновки. Виконаний аналіз основних вітчизняних та зарубіжних методик оцінки масових викидів забруднюючих речовин транспортними потоками. Результати аналізу дозволили класифікувати дані методики та виявити в них основні недоліки. З врахуванням певних недоліків створено статистичну модель транспортного потоку, яка уявляє собою сукупність «ефективних» транспортних засобів відповідних категорій. Модель «ефективного» транспортного засобу може бути рекомендована до використання при стендових випробуваннях екологічних характеристик автомобілів різних категорій. Отримані результати можуть бути використані при оцінці масових викидів забруднюючих речовин від транспортного потоку та прогнозування рівнів забруднення транспортними потоками міст в різних дорожніх умовах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология: М.: Высш. школа, 2003. – 273 с.
2. Казакова М.А. Обобщенная оценка расчета выбросов вредных веществ с учетом неоднородности транспортного потока / М.А. Казакова // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ": сб. науч. тр. Темат. вып.: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2011. – № 58. – С. 59-63.
3. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом). М.: ОАО "НИИАТ" 1998.
4. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ от автотранспортных средств на территории крупнейших городов. М.: ОАО "НИИАТ" 2008.
5. Методика расчета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. М.: ОАО "НИИАТ" 1997.
6. Патент на корисну модель № 95713 Україна МПК (2015.01) E01C 1/00. Спосіб оцінки потужності джерела забруднення / Бакуліч О.О., Олійник Р.В., Самойленко Є.С. - №201402498; заявл. 13.03.2014; опубл. 12.01.2015.
7. Дмитриченко М.Ф. Використання концепції ефективного автомобіля для моделювання динаміки транспортних потоків у вуличній мережі міста / М.Ф. Дмитриченко, О.О. Бакуліч // Економіка та управління на транспорті. – К.: НТУ, 2016. – Вип. 2.
8. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / О.Ким, Ч.И. Мюллер, У.Р. Клекка, М.С. Олдендерфер. - М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

#### REFERENCES

1. Lukanin V.N. Promyshlenno-transportnaya ekologiya [Industrial and transport environment]. Moskva, Higher. School Publ., 2003. 273 p. (Rus)
2. Kazakova M.A. Obobshchennaya otsenka rascheta vybrosov vrednykh veshchestv s uxetom neodnorodnosti transportnogo potoka [Generalized estimation calculation of emissions, taking into account heterogeneity of the transport stream] / M.A. Kazakov // Vestnik Nats. tekhn. un-ta "KHPI" Kharkov. NTU "KHPI", Publ., 2011. № 58. pp. 59-63. (Ukr)
3. Metodika provedeniya inventarizatsii vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu avtotransportnykh predpriyatiy. Moskva, ОАО "НИИАТ" Publ. 1998. (Rus)
4. Raschetnaya instruktsiya po inventarizatsii vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv ot avtotransportnykh sredstv na territorii krupneyshikh gorodov. Moskva, ОАО "НИИАТ" Publ. 2008. (Rus)

5. Metodika rascheta vybrosov v atmosferu zagryaznyayushchikh veshchestv avtotransportom na gorodskikh magistralyakh. Moskva, OAO "NIAT" Publ. 1997. (Rus)

6. Bakulich O.O., Oliinyk R.V., Samoilenko E.S. Sposib otsinky potuzhnosti dzherela zabrudnennia. [Assessment method of power sources of pollution] Patent UA, no. u 2014 02498, 2015. (Ukr)

7. Dmytrychenko M.F., Bakulich O.O. Vykorystannya kontseptsii efektyvnoho avtomobilya dlya modelyuvannya dynamiky transportnykh potokiv u vulychnii merezhi mista [Use of concept of effective car for simulation of traffic flow dynamics in the urban transport system]. Ekonomika ta upravlinnia na transporti. Kiev, NTU Publ., 2016. issue 2. (Ukr)

8. Kim O., Myuller Ch.I., Klekka U.R., Oldenderfer M.S. Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz [Factor, discriminant and cluster analysis]. Moskva, Financy i statistika Publ., 1989. - 215 p. (Rus)

#### РЕФЕРАТ

Бакуліч О.О. Модель складу транспортного потоку міста / О.О. Бакуліч, Є.С. Самойленко // Економіка та управління на транспорті. – К.: НТУ, 2016. – Вип. 3.

Стаття присвячена висвітленню результатів визначення «ефективних» автомобілів кожної з категорій.

Об'єкт дослідження – розподіл автомобілів, зареєстрованих у підрозділах Державтоінспекції м. Києва за марками та моделями.

Мета роботи – створення статистичної моделі складу транспортного потоку.

Відмічено, що кількісна оцінка техногенного впливу від транспортного потоку, що функціонує в умовах великого міста, є трудомісткою задачею, яка може бути розв'язана лише наближено. У зв'язку з цим, виконаний аналіз основних вітчизняних та зарубіжних методик оцінки масових викидів забруднюючих речовин транспортними потоками. Результати аналізу дозволили класифікувати дані методики та виявити в них основні недоліки.

Створено статистичну модель транспортного потоку, яка уявляє собою сукупність «ефективних» транспортних засобів відповідних категорій. Модель «ефективного» транспортного потоку може бути рекомендована до використання при стендових випробуваннях екологічних характеристик автомобілів різних категорій.

Отримані результати можуть бути використані при оцінці масових викидів забруднюючих речовин від транспортного потоку та прогнозування рівнів забруднення транспортними потоками міст в різних дорожніх умовах.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕФЕКТИВНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, СКЛАД ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ, МАСОВІ ВИКИДИ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, КАТЕГОРІЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, КЛАСТЕРНИЙ АНАЛІЗ.

#### ABSTRACT

Bakulich O.O., Samoilenko E.S. The model of traffic flow of the city. Economics and management on transport. Kyiv. National Transport University. 2016. Vol. 3.

The article highlights the research results the definition of «efficient» vehicles each category.

Object of study - distribution of vehicles registered in the State departments of Kyiv by brand and model.

Purpose of the study – create statistical models of traffic flow.

It is noted that the quantification of anthropogenic impact from traffic flow, operating in large cities, is a time-consuming task that can be solved only approximately. In this regard, the analysis of major domestic and foreign valuation methodologies mass emission of pollutants by transport streams. The analysis allowed to classify these techniques and identify major shortcomings in them.

It is created a statistical model of traffic flow, which represents a combination of «efficient» vehicle respective categories. Model «effective» traffic flow may be recommended for use in bench testing environmental performance of cars in different categories.

The results can be used to assess the mass emissions of pollutants from traffic flow and forecasting of traffic flow pollution levels in cities of different road conditions.

**KEYWORDS:** EFFICIENT VEHICLE, COMPOSITION OF TRAFFIC FLOW, MASS EMISSIONS OF POLLUTANTS, THE TYPES OF VEHICLES, CLUSTER ANALYSIS.

## РЕФЕРАТ

Бакулич Е.А. Модель состава транспортного потока города / Е.А. Бакулич, Е.С. Самойленко // Экономика и управление на транспорте. – К.: НТУ, 2016. – Вып. 3.

Статья посвящена освещению результатов определения «эффективных» автомобилей каждой из категорий.

Объект исследования - распределение автомобилей, зарегистрированных в подразделениях Госавтоинспекции г. Киева по маркам и моделям.

Цель работы – создание статистической модели состава транспортного потока.

Отмечено, что количественная оценка техногенного воздействия от транспортного потока, который функционирует в условиях большого города, является трудоемкой задачей, которая может быть решена только приближенно. В связи с этим, выполнен анализ основных отечественных и зарубежных методик оценки массовых выбросов загрязняющих веществ транспортными потоками. Результаты анализа позволили классифицировать данные методики и выявить в них основные недостатки.

Создана статистическая модель транспортного потока, которая представляет собой совокупность «эффективных» транспортных средств соответствующих категорий. Модель «эффективного» транспортного потока может быть рекомендована к использованию при стендовых испытаниях экологических характеристик автомобилей различных категорий.

Полученные результаты могут быть использованы при оценке массовых выбросов загрязняющих веществ от транспортного потока и прогнозирования уровней загрязнения транспортными потоками городов в различных дорожных условиях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЭФФЕКТИВНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО, СОСТАВ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА, МАССОВЫЕ ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, КАТЕГОРИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ.

**АВТОРИ:**

Бакулич О.О., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, декан факультету менеджменту, логістики та туризму, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, к. 245.

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, аспирант, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1.

**AUTHOR:**

Bakulich O.O., Ph.D. (engineering), National Transport University, dean, faculty of Management, Logistics and Tourism, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, tel. +380937451421, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 245.

Samoylenko E.S., National Transport University, postgraduate, e-mail: sirius27@ukr.net, tel. +380988088008, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str.1.

**АВТОРЫ:**

Бакулич Е.А., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, декан факультета менеджмента, логистики и туризма, e-mail: bakulich.elena@gmail.com, тел. +380937451421, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1, к. 245.

Самойленко Е.С., Национальный транспортный университет, аспирант, e-mail: sirius27@ukr.net, тел. +380988088008, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова, 1.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Оксіюк О.Г., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації, Київ, Україна.

Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Oksiyuk O.G., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Taras Shevchenko National University of Kyiv, head, department of Cyber Security and Information Protection, Kyiv, Ukraine.

Danchuk V.D., Dr. Sc. (phys.-math.), professor, National Transport University, dean, faculty of Transport and Information Technologies, Kyiv, Ukraine.