

**В.Є. Титаренко, к.т.н., доц.**  
**В.П. Шумляківський, к.т.н.**  
**В.І. Корніков, магістрант**  
**К.М. Мацкевич, магістрант**  
**Р.В. Соболевський, д.т.н., проф.**

*Житомирський державний технологічний університет*

## **Оцінка екологічного стану транспортних перехресть доріг за шумовим навантаженням від автотранспорту в місті Житомирі**

*Зазначена проблема є щоденною, з загостреннями в часи пікових зростань інтенсивності транспортних потоків. Як показує дослідження літературних джерел це проблема середніх і великих міст всього цивілізованого світу. Її вирішенням займалось багато науковців країн-лідерів економічного розвитку. Це має продовження і на Україні: НУ «Львівська політехніка», Кіровоградський НТУ та інші.*

*Вивчення набутого досвіду є корисним для ефективного розв'язання аналогічних або подібних проблем в нашому місті. Так науковці КНТУ вирішили подібну задачу оцінки екологічності за шумовим навантаженням від автотранспорту розробкою власної моделі його оцінки в м. Кіровограді. Однак, розробка Національного стандарту України ДСТУ-НБВ.1.1-33:2013 зобов'язує використання його для вирішення подібних задач.*

*Нами було поставлене завдання оцінки екологічності транспортних перехресть доріг м. Житомира, з використанням методики ДСТУ.*

*В процесі роботи було виявлено не повну придатність методики стандарту для умов руху транспортних потоків на перехрестях магістралей. Нами було запропоновано введення додаткових поправок для забезпечення можливості перенесення методики для прогону на перехрестя, де одночасно є прогон з рухомих потоком автотранспорту і працюючі двигуни зупинених автомобілів на перехресному напрямі руху.*

*Запропоновані уточнення були перевірені для типового перехрестя автотранспортних потоків міста експериментальним методом вимірювання розрахункового параметру еквівалентного рівня звуку спеціалізованими засобами за стандартною методикою.*

*Результати досліджень на основі уточненої стандартної методики показали перевищення санітарних норм для житлових районів міста з певним наближенням у 1,4 рази.*

**Ключові слова:** екологічний стан; інтенсивність; перехрестя; автотранспорт; шум.

**Постановка проблеми.** Період становлення та розвитку автотранспорту тісно пов'язаний з проблемою екологічності, якою з різних позицій займалось багато науковців країн-лідерів економічного розвитку. Проблемою великих міст, як доведено в роботах [1, 2, 3], є екологічна безпека, пов'язана зі станом повітря, а також шумовими забрудненнями, в місцях найбільшої інтенсивності транспортних потоків, якими, перш за все, є перехрестя. Встановлено [4, 5], що у великих містах наближено половина мешканців несе навантаження від шуму, який у 80 % має джерело походження від автотранспорту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** На даному етапі проблема екологічності поставлена надзвичайно гостро із-за збільшення кількості автомобільного транспорту на автошляхах міст. Це доведено багатьма науковими публікаціями НУ «Львівська політехніка», Кіровоградського НТУ та іншими [5, 6]. В них показано шляхи вирішення певних складових загальної проблеми стосовно конкретних умов і особливостей транспортної інфраструктури, але не виявлено розв'язання аналітичних задач оцінки шумового навантаження перехрестя від автотранспортних потоків.

**Постановка завдання.** Оцінка екологічності транспортних перехресть доріг міста за викидами шкідливих речовин автомобільних двигунів була показана в попередній роботі [7]. Для визначення шумового навантаження перехресть нами була поставлена задача розрахунку еквівалентного рівня звуку, який по дії на людину тотожний реальному шуму від автотранспорту на перехрестях м. Житомира з найбільшою інтенсивністю транспортних потоків, де встановлені камери відеоспостереження, на основі національного стандарту України [8].

Актуальність поставленої задачі підтверджується напрямом транспортної стратегії України про забезпечення екологічної безпеки, обов'язкового дотримання екологічних стандартів і нормативів під час проведення діяльності у галузі транспорту [9–12].

Для відпрацювання розрахункової методики спочатку було проведено дослідження одного типового перехрестя вул. Жуйка – вул. Велика Бердичівська розрахунковими та експериментальними методами. Після перевірки розрахункової методики була поставлена задача проведення моніторингу екологічного стану за шумовими навантаженнями всіх основних перехресть м. Житомира.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** План вибраного перехрестя наведено на рисунку 1. Розрахункові точки, як і точки вимірювання, знаходяться на відстані 7,5 м від осі найближчої полоси руху транспорту, на висоті 1,2 м від поверхні проїзної частини.

Склад транспортного потоку та інтенсивність руху транспортних засобів визначались за результатами аналізу відеоспостережень із стаціонарних камер.

Параметри швидкості визначались як усереднені значення швидкостей руху транспортних засобів за їх категоріями програмними засобами «Intellect» компанії «Аххон Софт».

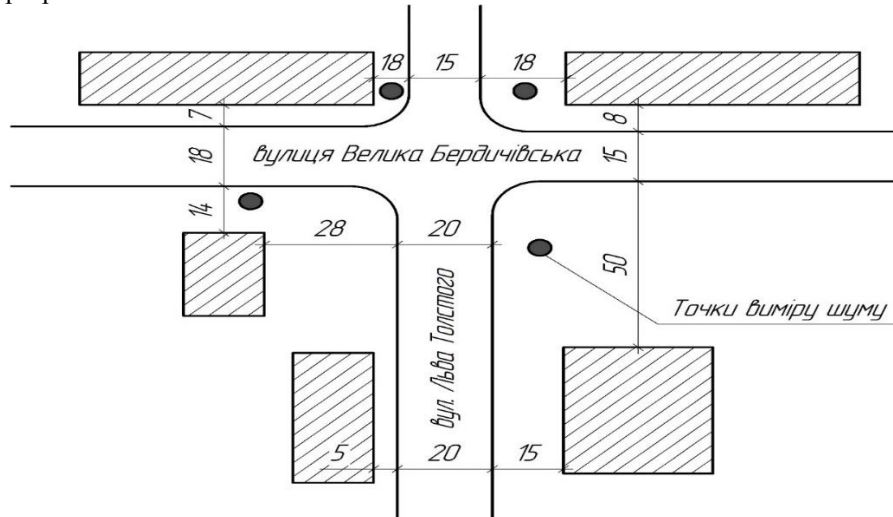


Рис. 1 План перехрестя вул. Жуйка – вул. Велика Бердичівська

Для вибору розрахункової методики оцінки шумового навантаження перехрестя транспортних потоків було проведено аналіз існуючих методів, який показав відсутність стандарту для розрахунку еквівалентного рівня звуку ( $L_{A \text{ екв}}$ ) для транспортних потоків перехрестя. Діючий національний стандарт України ДСТУ-НБВ.1.1-33:2013 містить розрахунковий метод для визначення еквівалентного рівня звуку  $L_{A \text{ екв}}$  тільки для перегону.

В зв'язку з тим, що регульовані перехрестя мають одночасно рухомі і нерухомі потоки транспорту з працюючими двигунами, то для рухомих потоків запропоновано використати методику стандарту [7, с. 4–7], а нерухомі, з працюючими двигунами, врахувати поправкою, яка зазначається в методиці джерела [6]. Іншими словами, розрахунковий еквівалентний рівень звуку для перехрестя пропонується визначати за формулою (1):

$$L_{A \text{ екв}}^{\text{перехр.}} = L_{A \text{ екв}} + \Delta L_A, \quad (1)$$

де:  $L_{A \text{ екв}}$  – еквівалентний рівень звуку рухомого потоку транспорту, що визначається за ДСТУ;  
 $\Delta L_A$  – поправка, що враховує шум від двигунів нерухомого потоку транспорту.

Для розрахунку величини еквівалентного рівня звуку  $L_{A \text{ екв}}$  рухомого потоку транспортних засобів на вибраному типовому перехресті за ДСТУ [7] загальну кількість транспортних засобів цього потоку було розділено за класифікацією методики та визначено швидкість і інтенсивність руху цих складових, наведених в таблиці 1. Це послужило вихідними даними для розрахунку основного параметра шумового навантаження для рухомого потоку транспорту перехрестя. Використовуючи основні формули методики ДСТУ в кінцевому результаті було розраховано величину  $L_{A \text{ екв}}$ , яка в нашому випадку склала 69 дБА.

Величину  $L_{A \text{ екв}}$  визначалась за формулою (2):

$$L_{A \text{ екв}} = 44 + 0,26V + 10 \lg(N_3/V_3) + \Delta L_{A \text{ покp}} + \Delta L_{A \text{ ухил}}, \quad (2)$$

Таблиця 1

Параметри складових рухомого потоку автотранспорту перехрестя

Швидкість та інтенсивність руху	Складові рухомого потоку
$V_{л} = 30$ км/год $N_{л} = 2691$ од/год	Легкові автомобілі та їх модифікації для перевезення вантажів, а також вантажні автомобілі з дозволеною максимальною масою до 3,5 т включно. (Легкі автомобілі)
$V_{вл} = 22$ км/год $N_{вл} = 316$ од/год	Вантажні автомобілі та автобуси з дозволеною максимальною масою до 5 т включно. (Вантажні легкі автомобілі)
$V_{вс} = 22$ км/год $N_{вс} = 180$ од/год	Вантажні автомобілі з дозволеною масою від 5 т до 12 т включно, а також тролейбуси. (Вантажні середні автомобілі)
$V_{вв} = 22$ км/год $N_{вв} = 98$ од/год	Вантажні автомобілі та автобуси з дозволеною масою понад 12 т. (Вантажні важкі автомобілі)

де:  $V$  – середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год, яку визначають за формулою (3):

$$V = \frac{(V_L N_L + V_{ВЛ} N_{ВЛ} + V_{ВС} N_{ВС} + V_{ВВ} N_{ВВ})}{N_L + N_{ВЛ} + N_{ВС} + N_{ВВ}}, \quad (3)$$

де:  $V_L, N_L$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху легкових автомобілів та їхніх модифікацій для перевезення вантажів, а також вантажних автомобілів з дозволеною максимальною масою до 3,5 т включно, од/год (легкові автомобілі);

$V_{ВЛ}, N_{ВЛ}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів з дозволеною максимальною масою до 5 т включно, од/год (вантажні легкі автомобілі);

$V_{ВС}, N_{ВС}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів з дозволеною максимальною масою від 5 т до 12 т включно, а також тролейбусів од/год (вантажні середні автомобілі);

$V_{ВВ}, N_{ВВ}$  – відповідно швидкість та інтенсивність руху вантажних автомобілів та автобусів з дозволеною максимальною масою понад 12 т, од/год (вантажні важкі автомобілі);

$N_3$  – зведена (за звуковою енергією) інтенсивність руху в од/год, яку визначають за формулою (4):

$$N_3 = N_L + 4N_{ВЛ} + 6N_{ВС} + 8N_{ВВ}, \quad (4)$$

де:  $V_3$  – зведена (відносно швидкості легких автомобілів) середня швидкість транспортного потоку на перегоні, км/год, яку визначають за формулою (5):

$$V_3 = V_L + 1.14V_{ВЛ} + 1.18V_{ВС} + 1.22V_{ВВ}, \quad (5)$$

де:  $\Delta L_{Апокр}$  – поправка у дБА, що враховує тип покриття проїзної частини вулиці або дороги;

$\Delta L_{Аухил}$  – поправка у дБА, що враховує похил вулиці або дороги.

Із джерела [6] вводимо поправку  $\Delta L_A$  на регульоване перехрестя, що враховує шумове навантаження від нерухомого потоку з працюючими двигунами:  $\Delta L_A = 8-10$  дБА. Приймемо середнє значення поправки, тоді  $L_{Аекв}^{перехр.} = 69 + 9 = 78$  дБА, що у 1,4 рази перевищує санітарні норми (55 дБА) для жилих районів міста.

Як показали дослідження [5 с. 77] та [6 с. 13], основними причинами збільшення рівня шумового навантаження над допустимими значеннями як в місті Житомирі так і в інших містах України є:

- збільшення кількості автотранспорту в місті;
- погіршення технічного стану автопарку із-за недостатнього рівня його технічного обслуговування;
- недосконалість існуючої вулично-дорожньої мережі, відсутність захисних екранів із-за відставання темпів її розвитку;
- складнощі в системі контролю великої кількості приватного і транзитного транспорту;
- недостатній розвиток та впровадження законодавчої бази для ефективного управління транспортною інфраструктурою.

Для перехресть, де встановлено відеоспостереження, було набрано статистику для усереднення даних і проведення моніторингу з метою порівняльної оцінки екологічної ситуації. Результати досліджень представлені в таблиці 2.

Порівняння вихідних даних таблиці 1 і таблиці 2 показують в першому наближенні тотожність стану екологічної ситуації на всіх досліджуваних перехрестях міста.

Така екологічна обстановка на перехрестях міста, що показана в попередніх дослідженнях та даній роботі, вимагає розробки та впровадження термінових заходів для покращення ситуації.

Таблиця 2

Результати дослідження транспортних потоків і шумового навантаження основних перехресть в місті Житомирі.

Вихідні параметри							
Назва перехрестя							
$V_L$ , км/год	$N_L$ , од/год	$V_{ВЛ}$ , км/год	$N_{ВЛ}$ , од/год	$V_{ВС}$ , км/год	$N_{ВС}$ , од/год	$V_{ВВ}$ , км/год	$N_{ВВ}$ , од/год
вул. Київська – проспект Незалежності							
30	3096	22	342	22	174	22	72
вул. Київська – вул. Хлібна							
30	1290	22	222	22	90	22	0
вул. Київська – вул. Театральна							
30	1302	22	120	22	114	22	6
майдан Перемоги – вул. Перемоги							
30	984	22	150	22	36	22	6
вул. Східна – проспект Незалежності							

Закінчення табл. 2

Назва перехрестя							
V <sub>л</sub> , км/год	N <sub>л</sub> , од/год	V <sub>вл</sub> , км/год	N <sub>вл</sub> , од/год	V <sub>вс</sub> , км/год	N <sub>вс</sub> , од/год	V <sub>вв</sub> , км/год	N <sub>вв</sub> , од/год
30	2370	22	114	22	96	22	72
вул. Київська – вул. Небесної сотні							
30	1422	22	186	22	102	22	0
Результати розрахунків							
Назва перехрестя							
N <sub>з</sub> , од/год		V, км/год		L <sub>Аекв</sub> , дБА		L <sub>Аекв</sub> <sup>перехр.</sup> , дБА	
вул. Київська – проспект Незалежності							
6084		28,723		70,23		79,23	
вул. Київська – вул. Хлібна							
2718		28,442		66,658		75,658	
вул. Київська – вул. Театральна							
2514		28,755		66,401		75,401	
майдан Перемоги – вул. Перемоги							
1848		28,694		65,048		74,048	
вул. Східна – проспект Незалежності							
3978		29,149		68,496		77,496	
вул. Київська – вул. Небесної сотні							
2778		28,653		66,808		75,808	

Для зменшення наслідків існуючої проблеми попередніми рекомендаціями можуть бути наступні:

1) Розвиток дорожньої мережі за рахунок впровадження сучасних засобів інтелектуальних транспортних систем.

2) Перерозподіл транспортних потоків вдосконаленими системами регулювання.

3) Вилучення з інтенсивних транспортних потоків автомобілів з дизельними двигунами великої потужності, особливо маршрутних транспортних засобів.

4) Покращення звукоізоляції будинків.

5) Вдосконалення ходової і моторної частини транспортних засобів.

**Висновок.** В роботі показана можлива методика оцінки картини шумового навантаження житлових масивів типового перехрестя транспортних потоків в м. Житомир, яка була перевірена експериментальним методом вимірювання еквівалентного рівня звуку на тому ж перехресті (вул. Жуйка – вул. Велика Бердичівська) в розрахункових точках. Вимірювання проводили стандартним шумоміром типу ВШВ-003-М2 в чотирьох точках перехрестя. Усереднений результат замірів еквівалентного рівня звуку склав 79,6 дБА. Максимальне значення вимірюваного еквівалентного рівня звуку  $L_{A\text{макс}}$  складає 84,5 дБА.

Співставлення результатів розрахунку за методикою з результатами експерименту показує задовільну узгодженість з похибкою 2 %.

Виходячи з висновку досліджень наступні задачі будуть пов'язані з розробкою більш детальних пропозицій, впровадження яких покращить екологічну ситуацію в місті.

#### Список використаної літератури:

1. *Стольберг Ф.В.* Екологія міста (урбоекологія) / *Ф.В. Стольберг.* – К. : Лібра, 2000. – 464 с.
2. *Луканін В.Н.* Промислово-транспортна екологія : підручник для вузів / *В.Н. Луканін, Ю.В. Трофименко* ; за ред. *В.Н. Луканіна.* – М. : Вища школа, 2003. – 273 с.
3. Екологія та автомобільний транспорт : навчальний посібник для студентів ВНЗ / *Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун* та інші / М-во освіти і науки України, НТУ. – 2-ге вид., перероб. та доп. – К. : Арістей, 2008. – 296 с.
4. *Фоменко А.Я.* Снижение автотранспортного шума в городах / *А.Я. Фоменко, АА. Белятинский, Н.Е. Тодоренко.* – К. : Техника, 1979. – 104 с.
5. *Качмар Р.Я.* Оцінювання екологічних та економічних втрат від шуму транспортних потоків міста Львова / *Р.Я. Качмар* // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України». – 2013. – № 1. – С. 10–13.
6. *Бевз О.В.* Оцінка дії автотранспортних потоків на акустичне середовище міської території (на прикладі міста Кіровограда) / *О.В. Бевз, С.О. Магонець* // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Серія : Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2013. – Вип. 26. – С. 71–78.
7. *Титаренко В.С.* Дослідження екологічного стану транспортних перехресть за викидами автомобільних двигунів у місті Житомирі / *В.С. Титаренко, В.О. Нестеренко* // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2016. – № 2. – С. 267–273.
8. Настанова з розрахунку та проектування захисту від шуму сельбищних територій : ДСТУ-НБВ.1.1-33 : наказ Міністерства на 10.07. 2013 р. – № 306 чинний з 1 лютого 2014.
9. Розпорядження КМУ станом на 20 жовтня 2010 р. № 2174-р «Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.

10. Біла Книга – Транспорт. План розвитку єдиного європейського транспортного простору — на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи. – Видавничий центр Європейського Союзу в Люксембурзі. – 2011. – 43 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.tur.org.ua/sites/default/files/white\\_book\\_transport\\_2050\\_ukr\\_0.pdf](http://www.tur.org.ua/sites/default/files/white_book_transport_2050_ukr_0.pdf).
11. Ukraine National transport strategy update. Policy-Measures-Actions. – Rational and approach. – Access mode : [http://mtu.gov.ua/files/0\\_National\\_Transport\\_Strategy\\_Update\\_AASISTS\\_Project\\_DrAshraf\\_Hamed.pdf](http://mtu.gov.ua/files/0_National_Transport_Strategy_Update_AASISTS_Project_DrAshraf_Hamed.pdf).
12. Проєкт Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://pt.slideshare.net/Ministerstvo/2030-74882937>.

**References:**

1. Stol'berg, F.V. (2000), *Ekologija mista (urboekologija)*, Libra, Kyi'v, 464 p.
2. Lukanin, V.N. and Trofymenko, Ju.V. (2003), *Promyslovo-transportna ekologi, pidruchnyk dlja vuziv*, in Lukanina, V.N. (ed.), *Vyshha shkola*, Moskva, 273 p.
3. Gutarevych, Ju.F., Zerkalov, D.V. and others (2008), *Ekologija ta avtomobil'nyj transport, navch. posibnyk*, 2<sup>nd</sup>, pererob. i dop., Aristej, Kyi'v, 296 p.
4. Fomenko, A.Ja., Beljatynskij, A.A. and Todorenko, N.E. (1979), *Snizhenie avtotransportnogo shuma v gorodah*, Tehnika, Kiev, 104 p.
5. Kachmar, R.Ja. (2013), «Ocinjuvannja ekologichnyh ta ekonomichnyh vtrat vid shumu transportnyh potokiv mista L'vova», *Naukovo-vyrobnychyj zhurnal «Avtoshljahovyk Ukraïny»*, No. 1, pp. 10–13.
6. Bevz, O.V. and Magopec', S.O. (2013), «Ocinka dii' avtotransportnyh potokiv na akustychnе seredovyshe mis'koi' terytorii' (na prykladі mista Kirovograda)», *Zbirnyk naukovykh prac' Kirovograds'kogo nacional'nogo tehničnogo universytetu*, Serija *Tehnika v sil's'kogospodars'komu vyrobnyctvi, galuzeve mashynobuduvannja, avtomatyzacija*, Vol. 26, pp. 71–78.
7. Tytarenko, V.Je. and Nesterenko, V.O. (2016), «Doslidzhennja ekologichnogo stanu transportnyh perehrest' za vykydamy avtomobil'nyh dvyguniv u misti Zhytomyri», *Visnyk ZhDTU*, Serija *Tehnični nauky*, No. 2 (77), pp. 267–273.
8. DSTU (2013), «Nastanova z rozrahunku ta proektuvannja zahistu vid shumu sel'bishchnih teritorij», DSTU-NBV.1.1-33, nakaz Minregion stanom na 10 lypnja, chinnij z 1 sichnja 2014, No. 306.
9. Rozporjadzhennja KMU (2010), «Pro shvalennja Transportnoi' strategii' Ukraïny na period do 2020 roku», stanom na 20 zhovtnja, No. 2174, available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>
10. Bila knyga EU (2011), «Transport. Plan rozvytku jedyного jevropejs'kogo транспортного простору – na shljahu do konkurentospromozhnoi' ta resursoefektyvnoi' transportnoi' systemy», *Vydavnychyj centr Jevropejs'kogo Sojuzu v Ljuksemburzi*, 43 p., available at: [http://www.tur.org.ua/sites/default/files/white\\_book\\_transport\\_2050\\_ukr\\_0.pdf](http://www.tur.org.ua/sites/default/files/white_book_transport_2050_ukr_0.pdf)
11. Ukraine National transport strategy update. Policy-Measures-Actions, «Rational and approach», available at: [http://mtu.gov.ua/files/0\\_National\\_Transport\\_Strategy\\_Update\\_AASISTS\\_Project\\_DrAshraf\\_Hamed.pdf](http://mtu.gov.ua/files/0_National_Transport_Strategy_Update_AASISTS_Project_DrAshraf_Hamed.pdf)
12. Ministerstva infrastruktury Ukraïny, «Proekt Nacional'noi' transportnoi' strategii' Ukraïny na period do 2030 roku», available at: <https://pt.slideshare.net/Ministerstvo/2030-74882937>

**Титаренко Володимир Євгенійович** – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- надійність і міцність машин, проблеми вібронавантажуваності несучих систем і екологічні проблеми автомобільного транспорту;
- сучасні енергозберігаючі технології.

E-mail: [Voldtit@gmail.com](mailto:Voldtit@gmail.com).

**Шумляківський Володимир Петрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- інтелектуальні транспортні системи, експлуатація транспортних засобів.

E-mail: [shumliakivskyiv@gmail.com](mailto:shumliakivskyiv@gmail.com).

**Корніков Володимир Ігорович** – магістрант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- екологічна безпека, ресурсозберігаючі технології.

E-mail: [korn0671560284@gmail.com](mailto:korn0671560284@gmail.com).

**Мацкевич Катерина Миколаївна** – магістрант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- експлуатація автотранспортних засобів, екологія автомобільного транспорту.

E-mail: [liovazhitomyr@gmail.com](mailto:liovazhitomyr@gmail.com).

**Соболєвський Руслан Вадимович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри маркшейдерії Житомирського державного технологічного університету.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2018.