

В. В. Швець<sup>1</sup>  
В. В. Галіброда<sup>1</sup>  
В. В. Сердюк<sup>2</sup>

## ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНФІГУРАЦІЇ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ НА ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup>Вінницький науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України

*В даній статті наведений аналіз конфігурації вулично-дорожньої мережі міста. Розглянуто геометричні особливості вулично-дорожньої мережі та їх вплив на утворення проблемних ділянок. Запропоновано оптимальні геометричні параметри дорожньої мережі.*

**Ключові слова:** конфігурація вулично-дорожньої, геометричні особливості вулично-дорожньої мережі, структурні елементи вулично-дорожньої мережі.

### Вступ

Транспортна система разом з вулично-магістральною мережею є складною системою просторово-організованих і взаємозалежних матеріальних об'єктів (споруджень, інженерних пристроїв, територій), що забезпечують своєчасну доставку товарів, послуг, вантажів і пасажирів. Вони становлять основу не тільки просторової організації міста і функціонування виробництва, а й усіх інших складових міського господарства.

У сучасному містобудуванні транспортні проблеми загострюються, цьому є дві причини. Перша – підвищення з укрупненням міста щільності розселення, друга – збільшення площі міста і збільшення довжини міських шляхів сполучення. Ці причини призводять до одного наслідку: збільшення числа автомобілів, що знаходяться в місті, яким потрібна велика площа для стоянок і густа мережі вулиць з високою пропускною здатністю. Саме тому виникає необхідність уточнення принципів проектування транспортної мережі.

**Мета роботи:** Виявлення оптимальних геометричних параметрів конфігурації вулично-дорожньої мережі.

**Предметом дослідження** є планувальні схеми вулично-дорожньої мережі (ВДМ).

### Дослідження геометричних особливостей ВДМ

Планувальна схема вулично-дорожньої мережі залежить від планування міста, структури вулично-дорожньої мережі, характеристики основних пасажиропотоків. Застосування різних видів транспорту в транспортній мережі визначається екологією, безпекою, провізними можливостями, найменшими витратами часу сполучення, а також комфортабельністю і регулярністю перевезень. Проектування транспортної мережі тісно пов'язане з плануванням міста.

Конфігурація вулично-дорожньої мережі для кожного міста відрізняється індивідуальністю і залежить від наступних чинників:

- історичних особливостей розвитку (напрямки зв'язків з іншими дорогами);
- розміщення на плані пунктів (фокусів) тяжіння;
- рельєфу місцевості;
- наявності вододілів та інших природних перешкод [1].

У той же час, конфігурація ВДМ наближається до будь-якої правильної геометричної схемою або є комбінацією декількох таких схем. Виділяються наступні геометризовані схеми ВДМ: радіальна, радіально-кільцева, прямокутна, трикутна, прямокутно-діагональна, змішана і вільна [2].

ВДМ в плані може бути комбінацією як прямолінійних, криволінійних ділянок та їх перетинів, так і лише криволінійних ділянок. В якості кривих можуть застосовуватися кругові криві, криві змінного радіуса – клоатоїди, сплайни, коробові криві [3].

Тархов С.А. описує конфігурацію ВДМ за допомогою теорії графів, згідно якої вона складається з таких елементів як: «вершина» – вузол, транспортний пункт, місто або поселення; «ребро» – ділянка дороги між вузлами розв’язок або кінцевими пунктами; «компонент» – частина мережі виділена за морфологічною або функціональною ознакою; «дерево» – гілчаста мережа без замкнутих контурів; «цикл» – замкнутий контур в мережі; «топологічний діаметр» – найкоротша відстань між двома найбільш віддаленими точками мережі, визначається числом ребер на маршруті цього діаметра або метричною довжиною. До структурних елементів відносять цикл - замкнутий контур і гілки (рис. 1), а до компонентів – різні просторові комбінації цих елементів, які мають відносну конфігураційну враженість і щільність. Ті частини мережі, які відірвані від решти мережі, тобто ізольовані від неї (не мають жодного зв’язку), називають автономними компонентами [4].

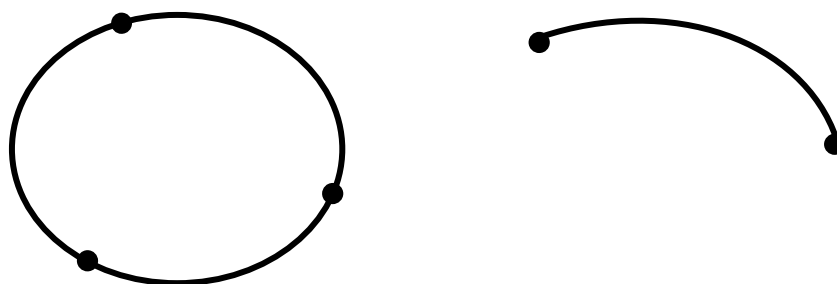


Рис. 1. Структурні елементи транспортної мережі

За наявністю і конфігурацією в мережах віток і циклів усі транспортні мережі діляться на три типи: дерева – складаються тільки з гілок, в них не має замкнутих циклів; циклічні – складаються з циклів і гілок; комірчасті – складаються лише з циклів (рис. 2) [4].

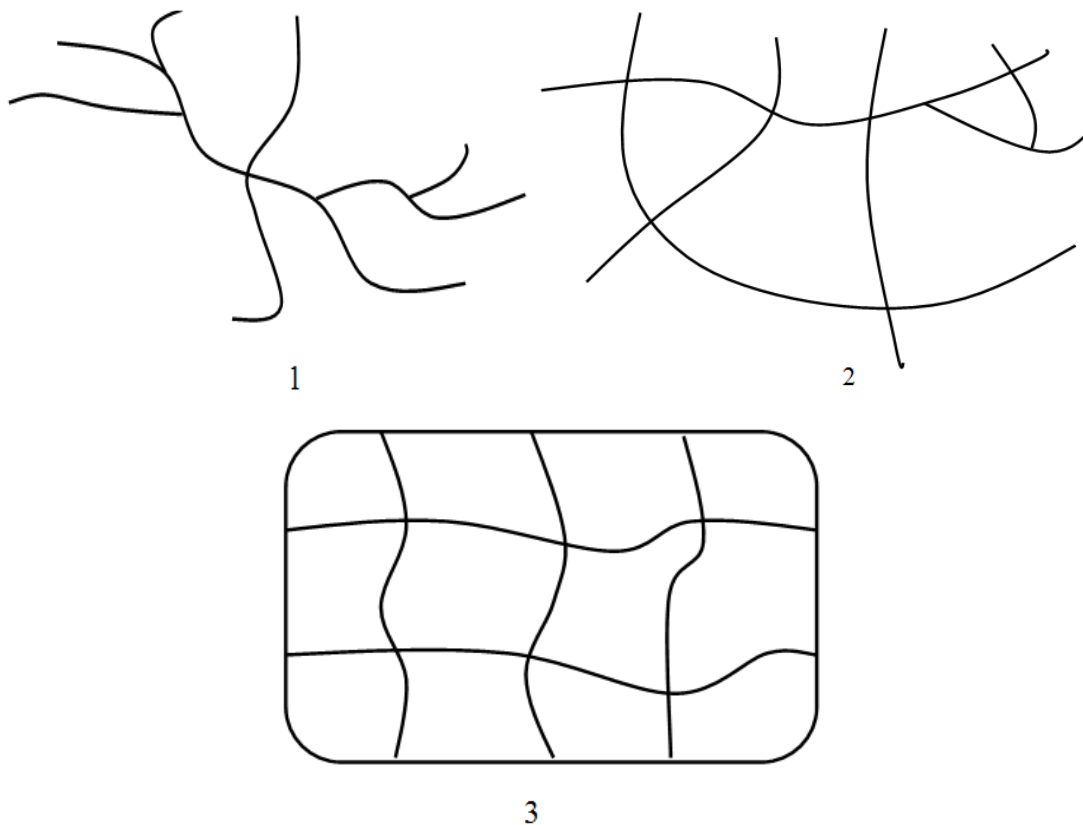


Рис. 2. Типи транспортних мереж за наявністю в них циклічних елементів:  
1 – дерева; 2 – циклічні мережі; 3 – комірчасті мережі

Конфігурація транспортних мереж, як і конфігурація будь-яких інших об'єктів, також володіє геометричними і топологічними властивостями. Але вони відрізняються від аналогічних властивостей площинних і точкових територіальних систем тим, що транспортна мережа має лінійно-дискретний характер [4].

Планувальні особливості та геометричні параметри вуличної мережі мають вирішальний вплив на характеристики транспортних і пішохідних потоків і загальний стан дорожнього руху в місті або регіоні. Адже найкращі умови руху досягаються при забезпеченні постійної швидкості і відсутності необхідності частих гальмувань [5].

Існуючі перетини, що тривалий час знаходяться в експлуатації, можуть мати геометричні параметри, не задовольняють сучасному руху. Кути, під якими перетинаються дороги, не забезпечують достатньої відстані видимості. Розташування перетину на крутому підйомі або спуску ускладнює зупинку автомобілів і зрушення з місця після зупинки. Нерідко причиною подій служить саме те, що учасники дорожнього руху побачили один одного занадто пізно або взагалі не бачили. Норвезьке дослідження (Vodahl og Gjaever, 1986) показує, що перетин в одному рівні, що має геометричні параметри, які не відповідають вимогам сучасних дорожніх норм, має більш високий рівень ризику аварійності, ніж перетин, споруджена з дотриманням вимог норм [5].

Чотиристоронній перетин в одному рівні (X-подібний перетин) пред'являє більш високі вимоги до уваги і поведінки учасників дорожнього руху, ніж тристоронню перетин (Т-подібний перетин). Чотиристоронній перетин має 32 конфліктні точки між транспортними потоками, що проходять через перетин. Тристоронній перетин має всього 9 конфліктних точок. Норвезькі дослідження ризику потрапити в пригороду на перетині (Vodahl of Gjaever, 1986; Gjaever, 1990) показують, що ризик ДТП на X-подібному перехресті в два рази вище, ніж на Т-одібному [5].

При високій інтенсивності руху на примиканнях X-подібного перетину ризик ДТП має особливо високий рівень в порівнянні з Т-подібним перетином. Поділ X-подібного перетину на два Т-подібних перетини повинен знизити кількість конфліктних точок на перетині і тим самим спростити завдання учасників дорожнього руху при проїзді через перетин [5].

Відповідно до норм проектування відомо, що, чим менше радіус кривої в плані, тим більше необхідна ширина проїжджої частини. При появі заторів або пробок на кривих в плані малого радіуса водії використовують всю ширину покриття при зупинці. Іншими словами, водії збільшують щільність автомобілів в заторі шляхом заняття всього простору проїжджої частини, тобто розташуванням автомобілів "ялинкою" або в два ряди, якщо ширина покриття дозволяє це зробити [5].

Мінімальні значення параметрів геометричних елементів плану і поздовжнього профілю слід використовувати тільки у виняткових випадках, коли за місцевими умовами прокласти трасу дороги можна тільки з мінімальними розмірами геометричних елементів [6].

Величини радіусів кривих в плані повинні бути настільки великими, щоб вони гармоніювали за величиною з характером рельєфу місцевості і з вираженими формами ландшафту, а також знаходилися відповідно до проектною лінії поздовжнього профілю за величиною, послідовністю і просторовим положенням [6].

Параметри горизонтальних і вертикальних кривих з умови забезпечення безпеки та зручності руху повинні перевищувати мінімальні значення зазначені в таблицях не менше ніж в 1,5 – 2 рази [6].

Мінімальні радіуси горизонтальних кривих призначають виходячи з умови забезпечення стійкості автомобіля на поворотах під час руху з розрахунковою швидкістю, а також забезпечення необхідної мінімальної відстані видимості на горизонтальних кривих. Слід також враховувати, що при застосуванні кривих в плані великого радіусу відбувається зменшення довжини дороги [3].

Значення радіусів кривих в плані повинні забезпечувати рівномірний режим руху, за рахунок гармонійного співвідношення між фактичною швидкістю  $V_{85}$  і розрахунковою швидкістю і забезпечити плавний перехід з одного рівня фактичних швидкостей до іншого за рахунок підбору відповідних співвідношень радіусів кривих в плані з урахуванням обмежень: різниця між фактичною 85-% швидкістю і розрахунковою швидкістю, прийнятою для визначення основних геометричних елементів, і різниця між фактичною 85 відсотковою швидкістю на суміжних ділянках проектованої дороги, не має перевищувати 10 км/год [6].

На оптимальну довжину прогону прямо пропорційно впливають витрати пов'язані із рухом по внутрішньорайонних шляхах, виїздом на основну магістраль, роз'їздом транспортних засобів на перехресті, утриманням дорожнього покриття внутрішньорайонної дороги, а обернено

пропорційно впливають витрати пов'язані із рухом по магістралі, транзитних транспортних потоків, забрудненням навколишнього середовища та утриманням дорожнього покриття магістральної дороги, що визначається формулою 1 [7].

$$l_{\text{дiл}}^{\text{ОПТ}} = \sqrt{\frac{l_p \cdot k_H \cdot HO \cdot S_T + V_T \cdot t_B \cdot HO \cdot S_T}{HO \cdot S_T + N_{TP} \cdot S_T + (HO + N_{TP}) \cdot N_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} + V_T \cdot C_{1KM}^M} + \frac{V_T \cdot t_{\Gamma P} \cdot (HO + N_{TP}) \cdot S_T + V_T \cdot l_p \cdot k_H \cdot C_{1KM}^P}{1}} \quad (1)$$

де  $l_p$  – відповідно довжина ділянки магістралі та довжина внутрішньорайонних шляхів, км;  
 $HO$  – обсяг відправлень з району, од./добу;  
 $t_B$  – середній час виїзду одного транспортного засобу, год;  
 $N_{TP}$  – кількість транзитних транспортних засобів, од./добу;  
 $N_{\Gamma}$  – кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів, кг/год.;  
 $C_{\Gamma}$  – вартість впливу шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів, грн./кг;  
 $t_{\Gamma P}$  – граничний інтервал, год;  
 $C_{1KM}^M, C_{1KM}^P$  – вартість утримання 1 кілометра магістральної та внутрішньорайонної дороги відповідно, грн./км [7].

Перетину в одному рівні слід, по можливості, розташовувати на прямий в плані, в поздовжньому профілі - на прямий або на увігнутій вертикальній кривій. Слід уникати розташування перетину в одному рівні на кривій в плані і на опуклої вертикальній кривій.

T- подібний перетин вулиць може здійснюватись під кутом  $90^{\circ}$ , менше  $90^{\circ}$  або більше  $90^{\circ}$  (Рис. 3) [6].

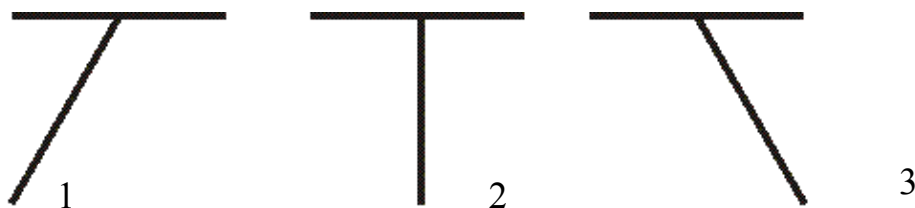


Рис. 3. Типи T-подібних перетинів: 1 – кут менше  $90^{\circ}$ ; 2 – кут  $90^{\circ}$ ; 3 – кут більше  $90^{\circ}$

Згідно з даними досліджень, перетину під кутом  $90$  градусів мають найменшу кількість пригод з травматизмом. У тій мірі, як поліпшуються умови видимості і стає легше здійснювати маневри на перетині, підвищується і пропускна здатність всієї дороги [5].

Поділ X-подібного перетину на два T-подібних перетини може бути виконано двома способами: поділ "вліво-вправо" і поділ "вправо-вліво" (рис. 4).

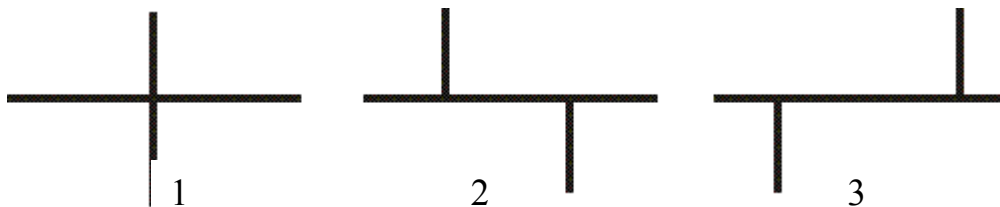


Рис. 4. Поділ X-подібного перетину на два T-подібних:

1 - X-подібний перетин; 2 – перетин «вліво-вправо»; 3 - перетин «вправо-вліво»

Згідно Mahalel, Craus og Polus (1986), перетини з поділом "вправо-вліво" створюють набагато більші перешкоди для руху по головній дорозі, чим перетину з поділом "вліво-вправо". Перешкоди для руху по головній дорозі виникають, коли транспортний засіб з бічної дороги, яка повертає на головну дорогу, змушує транспортний засіб на головній дорозі знизити швидкість з тим, щоб уникнути невеликих затрат часу. Причина того, що перешкод буде більше при поділі "вправо-вліво", ніж при поділі "вліво-вправо", полягає в тому, що водії з бічної дороги будуть

укладатися в менші проміжки часу, коли вони повертають праворуч на головну дорогу, ніж коли вони повертають наліво [5].

Перетини в одному рівні слід проектувати при куті між головною і дорогою, що перетинає, від  $50^\circ$  до  $75^\circ$ . При таких кутах, відсутні закриті зони і водій має найбільш зручні умови оцінки дорожньо-транспортної ситуації (кут відраховується від осі другорядною дороги до осі головної за годинниковою стрілкою). Найбільш вдалі планувальні рішення для примикань забезпечують кути від  $90^\circ$  до  $75^\circ$  [6]. Кути в межах до  $70^\circ$  і відповідно - до  $110^\circ$  повинні бути винятками, які вимагають обґрунтування їх застосування в зіставленні економічних показників з сприятливими кутами [6]. Слід уникати перетинів доріг під кутом менше  $50^\circ$ . Такі перетини слід замінювати примиканнями під кутом  $90^\circ$  з двох сторін головної дороги. Відстань між такими примиканнями ( $L_0$ ) має бути достатньою для розміщення на головній дорозі розділових острівців і смуг для накопичення автомобілів, що виконують ліві повороти. При гострих кутах можливо також влаштування кільцевих перетинів [6].

Радіуси заокруглень проїзних частин вулиць і доріг по їх бортовому каменю та розділювальних смуг на магістральних вулицях (дорогах) і дорогах у промислових і комунально-складських зонах слід приймати не менше 12 м; на транспортних площах - не менше 15 м. В обмежених умовах і при реконструкції допускається зменшувати зазначені радіуси відповідно до 6 та 10 м. На інших вулицях і дорогах радіуси заокруглень повинні бути не менше 6 м [8].

### Висновки

- До сьогодні у містобудуванні ВДМ мережа розглядалась і досліджувалась лише за сімома планувальними схемами: радіально, радіально-кільцевою, прямокутною, трикутною, прямокутно-діагональною, змішаною, і як комбінація прямолінійних, криволінійних ділянок та перетинів. Проте залишаються недослідженими такі аспекти, як наявність в ній замкнутих циклів.
- Планувальні особливості та геометричні параметри вуличної мережі мають вирішальний вплив утворення проблемних ділянок ВДМ. Розташування перетину та його кут впливають на величину видимості та зменшення швидкості транспортного руху, що в свою чергу спричиняє високий рівень аварійності на такій ділянці та малу інтенсивність руху. Також важливе значення на рівень аварійності ділянки має тип перетину: Х-подібний перетин має особливо високий рівень аварійності в порівнянні з Т-подібним перетином, це пов'язано з кількістю конфліктних точок. Малий радіус кривої в плані сприяє збільшенню довжини транспортного затору, щоб цього уникнути потрібно збільшити ширину проїжджої частини.
- Удосконалення геометричних параметрів перетину виконується, в першу чергу, з метою поліпшення видимості, спрощення маневрів повороту і забезпечення учасникам дорожнього руху більшої відстані видимості один одного, що в свою чергу впливає на швидкість руху та інтенсивність транспортного потоку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Санько Я. В Дослідження впливу параметрів транспортних потоків на довжину ділянки вулично-дорожньої / Санько Я. В., Ройко Ю. Я. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – 2012. - № 1. – С. 105 – 109.
2. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: [Учебник для студентов вузов] / Лобанов Е.М. – М.: Транспорт, 1990. – 240с.
3. Гусев В. А. Влияние радиуса кривой в плане на плотность при заторе легковых автомобилей // Научное обозрение. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 145-146.
4. Тархов С. А. Эволюционная морфология транспортных сетей / С.А. Тархов –Москва: Институт географии АН СССР, 1989. –221 с.
5. Рунэ Эльвик Справочник по безопасности дорожного движения / Рунэ Эльвик, Анне Боргер Мюсен, Трулс Ваа; Пер. с норв. Под редакцией проф. В.В. Сильянова. - М.: МАДИ, 2001. - 754с.
6. Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений: Часть 2: Свод правил по проектированию геометрических элементов транспортных пересечений автомобильных дорог / Федеральное дорожное агентство (РОСАВТОДОР). – Москва, 2013.
7. Ройко Ю. Я. Щодо визначення оптимальної довжини ділянки вулично-дорожньої мережі міста // Транспортні технології. – 2012. - № 5. – С. 43-44.
8. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92\*\* - [Чинний від 17.04.1992]. – К.: Державні будівельні норми, 2011. – 142 с.

**Швець Віталій Вікторович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету.

*Галиброда Вікторія Василівна* – аспірантка кафедри будівництва, міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету.

*Сердюк Василь Вікторович* – старший судовий експерт Вінницького науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України.

**V. Shvets**

**V. Halibroda**

**V. Serdyuk**

## CONFIGURATION EFFECT GEOMETRIC FEATURES OF THE ROAD NETWORK ON ITS FUNCTIONING

<sup>1</sup> Vinnytsia National Technical University

<sup>2</sup> Vinnytsia Research Forensic Centre MIA of Ukraine

*In this article the analysis of the configuration of the road network of the city. We consider the geometric features of the road network and their influence on the formation of problem areas. The optimum geometric parameters of road network.*

**Keywords:** street and road configuration, geometric features of the road network, structural elements of the road network.

*Shvets Vitali* – Ph.D., assistant professor of construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University.

*Halibroda Victoria* – postgraduate student professor of construction, urban and architectural Vinnytsia National Technical University.

*Basil Serdyuk* – senior legal expert Vinnytsia Research Forensic Centre by Ministry of Internal Affairs of Ukraine.

**В. В. Швец**

**В. В. Галиброда**

**В. В. Сердюк**

## ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНФИГУРАЦИИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

<sup>2</sup>Винницкий научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр МВД Украины

*В данной статье представлен анализ конфигурации улично-дорожной сети города. Рассмотрены геометрические особенности улично-дорожной сети и их влияние на образование проблемных участков. Предложены оптимальные геометрические параметры дорожной сети.*

**Ключевые слова:** конфигурация улично-дорожной, геометрические особенности улично-дорожной сети, структурные элементы улично-дорожной сети.

*Швец Виталий Викторович* – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.

*Галиброда Виктория Васильевна* – аспірантка кафедри строительства, городского хозяйства и архитектуры Винницкого национального технического университета.

*Сердюк Василий Викторович* – старший судебный эксперт Винницкого научно-исследовательского экспертно-криминалистического центра МВД Украины.