

СОЦІОТЕХНІЧНИЙ ПІДХІД ЯК ШЛЯХ УДОСКОНАЛЕННЯ БЕЗПЕКОВОГО ПРОСТОРУ В ТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ МІСТА

¹Вінницький національний технічний університет

Досліджено соціотехнічний підхід як інтегративний засіб удосконалення безпекового простору в транспортній системі сучасного міста. З огляду на зростаючу урбанізацію, інтенсивність мобільності та ускладнення інфраструктурних зв'язків, питання безпеки набувають комплексного характеру, що потребує переосмислення традиційних підходів. Це зумовлено не лише технічними викликами, але й необхідністю врахування соціальних, поведінкових та культурних чинників, які формують динаміку міської мобільності.

Дослідження обґрунтовує, що ефективна система міського транспорту має поєднувати технічні рішення (інтелектуальні транспортні системи, автоматизовані засоби контролю, цифрові платформи) з соціальними механізмами (поведінкові моделі, громадська участь, інституційне врядування), формуючи єдиний соціотехнічний каркас безпеки. Важливо, щоб технічні інновації супроводжувалися механізмами зворотного зв'язку від громадян, що дозволяє оперативно коригувати управлінські рішення та враховувати локальні потреби. Розгортання автономного транспорту, інтенсивна цифровізація логістичних процесів та впровадження технологій IoT породжують нові загрози для системи міської безпеки. Водночас цифрові рішення є ключовим чинником у формуванні безпечного й адаптивного урбаністичного простору типу Smart City, проте рівень їхньої ефективності прямо залежить від здатності враховувати соціальні та організаційні аспекти.

Запропоновано концептуальну модель соціотехнічної взаємодії, яка передбачає синергію між інженерними інструментами і соціальними практиками в рамках екосистеми міської мобільності. Така модель базується на принципах адаптивності, інклюзивності та взаємної відповідальності, де кожний компонент — від алгоритму до громадянина — відіграє роль у підтримці безпеки.

Результати дослідження можуть бути використані для оптимізації транспортної політики, формування нових стратегій міського розвитку та створення безпечного урбаністичного середовища, де технології не витісняють людину, а працюють на її благо. У цьому контексті соціотехнічний підхід постає не як технократична концепція, а як гуманістична рамка для інтеграції інновацій в реальні життєві сценарії. Застосування соціотехнічного підходу дозволяє перейти до сталого та адаптивного управління безпекою, враховуючи як інженерні аспекти, так і соціокультурний контекст функціонування міських транспортних систем. Це забезпечує створення стійкої, справедливої та орієнтованої на людину міської мобільності.

Ключові слова: соціотехнічний підхід, транспортна безпека, Smart City, урбаністичне середовище, цифрова інфраструктура, інтеграція систем, участь громади, сталий розвиток, система управління мобільністю.

Вступ

Сучасні міста стикаються з низкою викликів у сфері транспортної безпеки, серед яких високий рівень аварійності, складна взаємодія між різними транспортними засобами та недостатня адаптованість інфраструктури до потреб громадян [1], [2]. Традиційні підходи до підвищення безпеки часто акцентуються переважно на технічних рішеннях, ігноруючи соціальний контекст.

Соціотехнічний підхід [3], теоретичні основи якого формувалися з середини XX століття [4], пропонує ширший погляд на проблему: він передбачає інтеграцію технічних систем (інфраструктура, цифрові платформи, моніторинг) з соціальними аспектами (поведінка учасників дорожнього руху, організація мобільності, участь громади). Такий підхід дозволяє створити цілісний безпековий простір, адаптований до потреб сучасного міського середовища.

Аналіз сучасних наукових праць за тематикою застосування соціотехнічного підходу в транспортній системі міста демонструє його багатогранність та адаптивність. Особливу увагу в опублікованих працях приділено системному аналізу, моделюванню та регуляторним механізмам, які можуть сприяти переходу до безпечної, сталої та розумної мобільності.

Зокрема, в роботі [5] проводилась оцінка ступеня інтеграції інфраструктурних компонентів в процесі урбанізації Китаю. Дослідження передбачає створення багатовимірного індексу, який охоплює економіку, громадські об'єкти, людський потенціал, зв'язок і сферу туризму. Індекс дозволяє ранжувати провінції за рівнем розвитку мережевої взаємодії. Його вплив на урбанізацію досліджується на основі даних за 2005–2014 роки. У результаті обґрунтовується важливість цільового інвестування та інтеграції соціальних і технологічних чинників для ефективного урбаністичного розвитку.

Спеціалісти Інституту інженерів з електротехніки та електроніки (IEEE) вважають [6], що стрімка еволюція технологій, особливо з появою 5G та IoT (Інтернету речей), відкриває нові можливості для інженерних розробок. У сучасних умовах особливо важливо спрямовувати інновації на покращення умов життя, зокрема на підвищення безпеки у сферах з високим ризиком. Сучасні технічні рішення в галузі дорожнього руху можуть суттєво знизити рівень небезпеки на дорогах і забезпечити всіх учасників руху.

Автоматизовані транспортні засоби (АТЗ) у найближчому майбутньому будуть інтегровані в змішане транспортне середовище, де взаємодія між людьми на дорозі вже сформована через стабільні поведінкові стратегії. У зв'язку з цим перед розробниками та фахівцями з когнітивної психології постає завдання забезпечення здатності АТЗ до безпечної, прогнозованої та інтуїтивно зрозумілої взаємодії з усіма учасниками дорожнього руху. В рамках дослідження [7] запропоновано застосовувати чотири базові категорії інформації для підтримки конструкторських рішень, що сприяють ефективній взаємодії АТЗ з навколишнім середовищем: режим водіння транспортного засобу, інформація про заплановані маневри, оцінка обстановки довкілля та здатність транспортного засобу до взаємодії з інтелектуальними транспортними системами. Здійснений аналіз наукових джерел у поєднанні з емпіричними результатами проекту CityMobil2 [8], отриманими на основі глибинних інтерв'ю, польового анкетування та фокус-груп, дозволив виявити пріоритети та очікування учасників дорожнього руху щодо дизайну АТЗ. Зокрема, оцінено ефективність конструктивних рішень, що охоплюють конфігурацію кузова, особливості інфраструктури та функціональність зовнішнього інтерфейсу взаємодії людина-машина.

Міські транспортні системи України характеризуються низкою структурних, технічних та соціальних проблем, які істотно впливають на ефективність їх функціонування та рівень безпеки [9]. Застарілі інфраструктурні елементи, зношений рухомий склад та нерозвинене маршрутне планування є типовими ознаками кризового стану міської мобільності. Організація транспортного процесу в багатьох містах не враховує інтеграцію між видами транспорту, відсутні ефективні пересадкові вузли, а система планування маршрутів не орієнтована на реальні потреби населення. Це спричиняє надмірну автомобілізацію, перевантаження вулично-дорожньої мережі, високий рівень заторів та екологічне навантаження на міське середовище [10]. Водночас фрагментарність інституційної відповідальності між органами державної влади, муніципалітетами та приватними операторами унеможливорює реалізацію комплексної транспортної політики. Сукупність вказаних факторів створює складне середовище, яке вимагає принципово нових підходів до організації безпеки – зокрема, впровадження соціотехнічних моделей [11], здатних поєднати технічні рішення з соціальними механізмами адаптації, участі та управління.

Метою статті є обґрунтування та розкриття потенціалу соціотехнічного підходу як інструменту системного вдосконалення безпекового простору в транспортній інфраструктурі міста. Автор прагне дослідити взаємозв'язок технічних рішень, цифрових технологій та соціальних чинників, а також запропонувати концептуальну модель їх інтеграції у контексті розвитку Smart City [12], що забезпечує стійку, ефективну та соціально орієнтовану мобільність.

Теоретичні засади соціотехнічного підходу

Теоретичні засади соціотехнічного підходу формувалися в контексті управління виробництвом, інноваціями та цифровою трансформацією. Їх зародження тісно пов'язано з діяльністю Tavistock Institute of Human Relations (Лондон, Велика Британія, 1950-ті роки), який відіграв ключову роль у формуванні сучасної організаційної психології, системного мислення та гуманізації технологій у

робочому середовищі. Основна ідея соціотехнічного підходу — ефективність системи залежить не лише від технічної досконалості, а й від соціальної адаптації та участі людей. Ключові аспекти підходу [13]:

1. Двоїста система: будь-яка організація або інфраструктура розглядається як поєднання технічної (технології, інструменти, процеси) та соціальної (люди, культура, комунікація) підсистем, які взаємодіють між собою.
2. Принцип спільної оптимізації: не можна вдосконалювати технічну систему без урахування соціального контексту. Наприклад, автоматизація процесу має враховувати вплив на працівників, їх мотивацію та адаптацію.
3. Автономія та участь: користувачі системи мають бути не лише об'єктами, а й суб'єктами управління — через механізми зворотного зв'язку, участі в ухваленні рішень.
4. Емерджентність та адаптивність: взаємодія соціальних і технічних елементів породжує нові властивості системи, які не можна пояснити окремо. Соціотехнічні системи повинні бути гнучкими до змін середовища, технологій та соціальних очікувань.

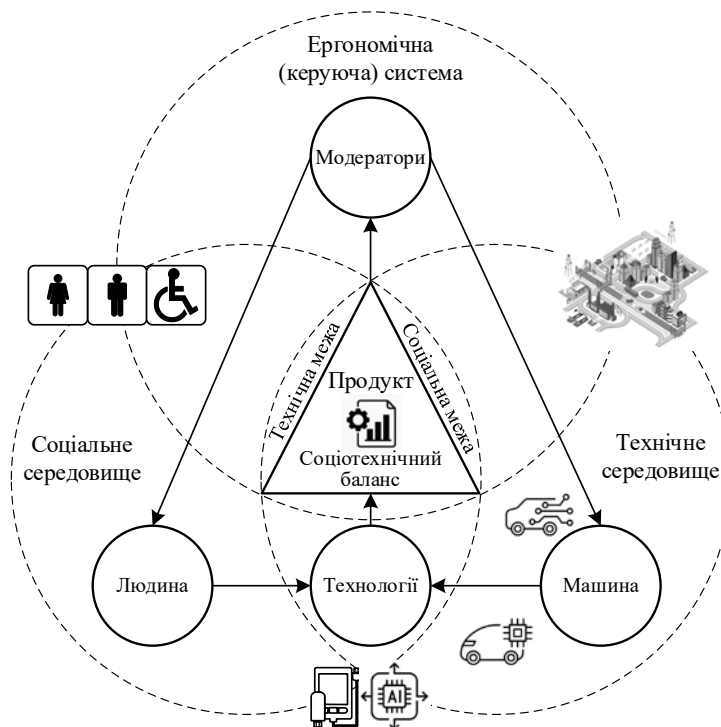


Рис. 1. Механізм функціонування міської транспортної соціотехнічної системи

У контексті міської транспортної системи соціотехнічний підхід (рис. 1) дозволяє:

- враховувати поведінкові моделі учасників дорожнього руху у разі впровадження ІТС (інтелектуальних транспортних систем);
- створювати інклюзивні інфраструктури, адаптовані до потреб різних соціальних груп;
- забезпечувати цифрову прозорість через моніторинг, електронну ідентифікацію, участь громади;
- формувати безпековий простір, де технології не витісняють людину, а підтримують її в ухваленні рішень.

Як випливає з рис. 1, в міській транспортній соціотехнічній системі (СТС), «продукт праці» — це ефективне функціонування транспортної інфраструктури з урахуванням потреб громадян. Технології виступають посередником між споживачами транспортних послуг (соціальним компонентом) і транспортними засобами та

інфраструктурою (технічним компонентом), забезпечуючи їхню взаємодію. Ергономічна система, включно з організаційною культурою, міським плануванням та інноваційним середовищем, координує ці процеси. Модератор у такій структурі може реалізовувати алгоритми управління потоками, маршрутами та інформацією задля узгодженого розвитку всієї транспортної СТС.

Особливості безпекового простору в транспортній системі міста

У сучасному урбанізованому середовищі забезпечення безпеки дорожнього руху (БДР) стало однією з найактуальніших проблем міського планування та транспорту. Зростання мобільності, поява нових форм транспорту (електросамокати, автономні модулі), зміни в культурі водіння — усе це вимагає комплексного, міждисциплінарного підходу.

Безпековий простір у транспортній системі міста (БПТСМ) — це інтегрований урбаністичний та технологічний простір, спроектований для убезпечення всіх учасників дорожнього руху та мінімізації ризиків під час пересування. Рівень безпеки в транспортній системі міста формується через комплекс взаємопов'язаних факторів [14], які охоплюють технічні, соціальні, поведінкові та екологічні аспекти (рис. 2).

Цілі безпекового простору:

- зниження рівня дорожньо-транспортних пригод (ДТП);
- підвищення комфорту й довіри до транспортних рішень;
- адаптація системи до нестандартних ситуацій (нічний рух, погодні умови);
- гуманізація міського простору.



Рис. 2. Фактори формування безпекового простору в транспортній системі міста

Як впливає з рис. 2, урбаністична транспортна інфраструктура — це складна система, яка охоплює матеріальні, цифрові та соціальні компоненти, що забезпечують мобільність, безпеку й ефективність пересування в межах міста.

Ключові компоненти безпекового простору:

1. Фізична інфраструктура:

- дорожнє покриття (проїжджі частини, велодоріжки, тротуари);
- мости та естакади, транспортні вузли;
- паркінги (наземні, підземні, автоматизовані);
- інженерні споруди (освітлення, шумозахист, водовідведення);
- інфраструктура для маломобільних груп (пандуси, ліфти, позначення маршрутів).

2. Транспортні засоби та системи:

- громадський транспорт (автобуси, трамваї, метро, електробуси);
- індивідуальний транспорт (автомобілі, велосипеди, самокати);
- спеціалізований транспорт (логістичні платформи, вантажні автомобілі та автомати);
- автономні платформи (модульні системи, роботизовані транспортні засоби).

3. Цифрова та інтелектуальна інфраструктура:

- IoT-сенсори (моніторинг трафіку, погодних умов, руху пішоходів);
- управлінські системи (регулювання світлофорів, адаптивна маршрутизація);
- інформаційні панелі та табло (реальний час, попередження, навігація);
- системи безпеки (відеоспостереження, реагування на інциденти).

4. Соціальна й управлінська компоненти:

- громадська участь (опитування, співпраця у плануванні мобільності);
- муніципальне управління (політики транспорту, стратегічне планування);
- правове регулювання (норми безпеки, доступність, екологія);

– екосистемна інтеграція (врахування впливу на довкілля, сталий розвиток).

5. Аналітична та симуляційна інфраструктура:

- моделі в Simulink / Simio / PTV Visum (аналіз поведінки транспорту, впливу рішень);
- блокчейн / KEP-системи (цифрова сертифікація, логістична прозорість);
- цифрові двійники міста (Digital Twins) з тестування сценаріїв розвитку.

Поведінкові аспекти та соціальні ризики в транспортній системі міста — це критичні чинники, які впливають на безпеку, ефективність і сприйняття урбаністичного середовища. Їх аналіз дозволяє проектувати транспорт не лише як технічну систему, а як соціотехнічну екосистему.

Типові прояви поведінкових аспектів — того як люди взаємодіють з транспортною інфраструктурою, можна вивчити за допомогою:

- моделювання руху пішоходів і водіїв (перехід у недозволених місцях, адаптація до світлофорів, реакція на транспорт);
- аналізу когнітивного навантаження (стрес від шуму, складність навігації, інформаційне перевантаження);
- дослідження культури дорожньої поведінки (ввічливість, агресивність, схильність до порушення правил);
- використання технологій (вплив смартфонів, GPS-навігаторів на увагу та реакції);
- виявлення довіри до автономних систем (прийняття або відторгнення автономного транспорту, страх або захоплення тощо).

Соціальні ризики — виклики у взаємодії системи з населенням — проявляються у:

- маргіналізації вразливих груп (обмежений доступ до транспорту для людей з інвалідністю, літніх, дітей);
- цифровій нерівності (неможливість використання цифрових сервісів через брак навичок чи пристроїв);
- просторовому виключенні (райони без якісної інфраструктури — транспортна ізоляція);
- недовірі до інновацій (резистентність до автономних систем, страх втрати роботи через автоматизацію);
- кіберзагрозам та контролі (моніторинг поведінки, ризик маніпуляцій через навігаційні платформи);
- конфлікті інтересів (між приватними операторами, муніципалітетом і мешканцями щодо доступності, тарифів, зони впливу).

Оскільки соціотехнічний підхід передбачає врахування поведінкових аспектів та соціальних ризиків в контексті розбудови моделі транспортної безпеки міста, доречно розглянути приклади використання наявних у світовій практиці теоретичних підходів та їхню практичну реалізацію в рамках адаптації до умов України (табл.).

Теоретичні підходи до соціотехнічного аналізу міського транспортного середовища

Підхід	Ключові характеристики	Застосування в транспортній безпеці	Приклад з українських міст
Системний підхід	Сприйняття міста як складної взаємопов'язаної системи	Аналіз інфраструктури, потоків, ризиків, управління	<i>Київ</i> : впровадження системи електронного квитка та GPS-моніторингу громадського транспорту
Соціотехнічний підхід	Інтеграція технічних рішень з соціальними чинниками	Врахування поведінки учасників руху, участі громади, цифрових платформ	<i>Львів</i> : проекти «Мобільність Львова» з акцентом на інклюзивність і громадське обговорення маршрутів
Урбаністичний підхід	Просторове планування, зонування, доступність	Формування безпечного середовища через дизайн вулиць, освітлення, пішохідні зони	<i>Івано-Франківськ</i> : реконструкція центральної частини міста з пріоритетом для пішоходів і велосипедистів
Теорія ризику та безпеки	Аналіз соціальних наслідків технологій, управління ризиками	Оцінка вразливості інфраструктури, поведінкових ризиків	<i>Харків</i> : дослідження безпеки на перехрестях з високим рівнем ДТП, впровадження камер спостереження
Концепція Smart City	Використання цифрових технологій для управління містом	Інтелектуальні транспортні системи, IoT, електронна ідентифікація	<i>Дніпро</i> : впровадження платформи «Smart Dnipro» для управління транспортом і безпекою
Інтегрований соціотехнічний підхід	Поєднання технічних рішень з соціальними моделями мобільності	Створення безпечового простору, використовуючи аналіз поведінки, інфраструктури та цифрових даних	<i>Вінниця</i> : концепція сталої мобільності, соціологічне дослідження, виділені смуги для громадського транспорту

Модель соціотехнічної взаємодії в контексті транспортної безпеки

На основі аналізу даних таблиці та результатів досліджень, виконаних за вибраною тематикою, пропонується соціотехнічна модель транспортної безпеки міста (рис. 3), створена шляхом адаптації методології ETHICS (Effective Technical and Human Implementation of Computer Systems) Енід Мамфорд [15].

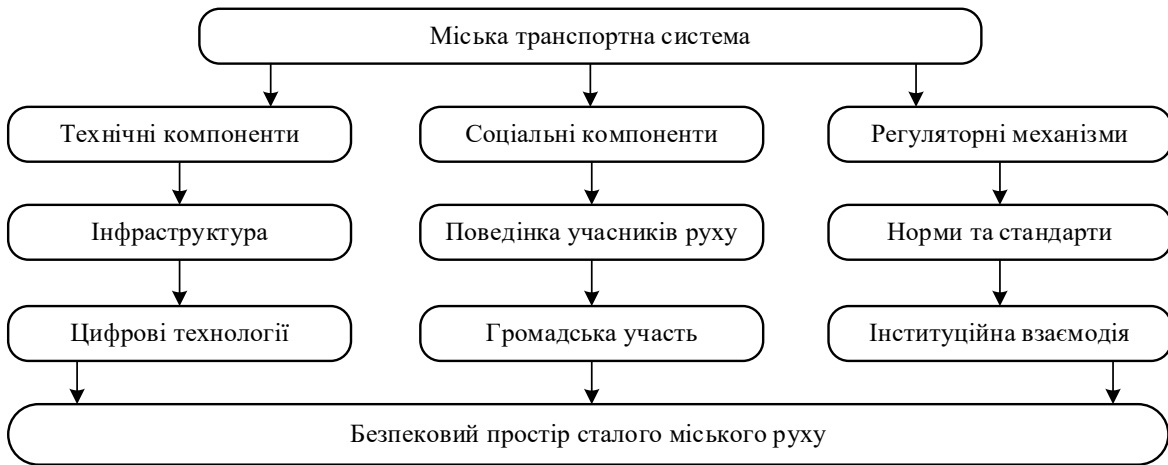


Рис. 3. Модель соціотехнічної взаємодії в контексті транспортної безпеки

Як випливає з рис. 3, міська транспортна система — центральний елемент моделі, який репрезентує сукупність інфраструктурних, соціальних та управлінських компонентів, що забезпечують мобільність населення. Розглядається як складна адаптивна система, яка реагує на зміни середовища, технологій та поведінкових паттернів. Технічні компоненти складаються з фізичної інфраструктури (дорожні мережі, зупинки громадського транспорту, велосипедні та пішохідні шляхи, світлофорні об'єкти, електротранспортні колії, пересадкові вузли) та цифрових рішень (системи GPS, датчики руху, електронні квитки, ІТС, IoT-рішення для моніторингу транспортних потоків і керування навантаженням), що забезпечують функціонування транспортної системи. Соціальні компоненти формуються через участь мешканців (публічні консультації, соціологічні дослідження, участь у формуванні маршрутів, зворотний зв'язок через цифрові платформи), їхню поведінку у транспортному середовищі (вибір маршрутів, дотримання правил, адаптація до змін організації руху) та соціальні очікування. Регуляторні механізми створюють інституційне (узгодження дій між муніципалітетами, транспортними операторами, поліцією та іншими регуляторами, що забезпечують реалізацію політики мобільності) та нормативне (Правила дорожнього руху, технічні регламенти, стандарти безпеки, контракти на обслуговування) підґрунтя для функціонування системи. Безпековий простір сталого міського руху — підсумковий блок моделі, який формується на основі ефективної взаємодії між технічними, соціальними та регуляторними компонентами. Він репрезентує синергію інфраструктури, цифрових рішень, поведінкових практик і управлінських механізмів, що забезпечують адаптивне, передбачуване та інклюзивне середовище для міської мобільності.

Модель базується на динамічній системі зворотного зв'язку, що описується такими компонентами:

$$\begin{cases} \frac{dS(t)}{dt} = f(R(t), M(t), U(t)), \\ R(t) = \sum_{i=1}^n (r_i \cdot H_i(t)), \\ M(t) = g(C(t), A(t)), \\ U(t) = h(E(t), T(t), P(t)), \end{cases} \quad (1)$$

де $S(t)$ — рівень безпеки системи в момент часу (t) ; $R(t)$ — агрегований ризик; $M(t)$ — ефективність модераторів (технічних, організаційних, поведінкових); $U(t)$ — вплив урбаністичних факторів (інфраструктура, щільність, політика); $H_i(t)$ — індивідуальні небезпеки (наприклад, перевищення швидкості, несправність транспортного засобу); r_i — вагові коефіцієнти небезпек; $C(t)$, $A(t)$ — контрольні та адаптивні механізми.

Модератори безпеки — це механізми, що знижують ризики: технічні (автоматичне гальмування, GPS-моніторинг); організаційні (регулювання потоків, світлофори, розмітка); поведінкові (освітні кампанії, штрафи). Їхній вплив моделюється через функцію

$$M(t) = \sum_{j=1}^m (\mu_j \cdot F_j(t)), \quad (2)$$

де $F_j(t)$ — функція ефективності модератора j , μ_j — його вага.

Для забезпечення прозорості та адаптивності ETHICS-модель може включати:

- IoT-сенсори для збору даних про трафік, ДТП, погодні умови;
- блокчейн для фіксації подій, дій модераторів, рішень управління.

Цільова функція оптимізації — мінімізувати ризик при максимальній ефективності системи

$$R(t) \rightarrow \min, \text{ subject to } S(t) \geq S_{\min}, \quad (3)$$

де $S_{\min}$ — пороговий рівень безпеки, допустимий для міської системи.

Для оцінювання ефективності безпекового простору пропонуються:

- кількісні метрики (зниження кількості ДТП, середня швидкість руху, час реагування на інциденти);
- якісні метрики (сприйняття безпеки, рівень задоволення користувачів, індекс доступності);
- інструменти (GIS, Simulink-моделювання, аналітика даних з ІТС, соціологічні опитування).

Для моделювання безпекового простору в міській транспортній системі можна скористатись алгоритмом, показаним на рис. 4.



Рис. 4. Блок-схема алгоритму моделювання БПМТС за моделлю ETHICS

Деталізація компонентів модулів ETHICS-моделі БПМТС виглядає так.

Модуль 1: Ідентифікація потреб.

1. Аналіз типів учасників руху (пішоходи, велосипедисти, маломобільні групи).
2. Карта конфліктних зон (перехрестя, зупинки, школи).
3. Індекс ризику на основі статистичних даних ДТП.
4. Вхід для думок мешканців (опитування, сенсори поведінки).

Модуль 2: Генерація альтернатив.

1. Модель адаптивної швидкості.
2. Зони автоматичного реагування (наприклад, гальмування в присутності пішоходів).
3. Варіанти розміщення камер, сенсорів, світлофорів.
4. Інтерфейс для побудови варіантів Simulink-логіки.

Модуль 3: Симуляція сценаріїв.

1. SLAM-логіка для навігації.
2. GPS/IMU модулі з похибками для реалістичності.
3. Блок погодних умов (сніг, дощ, туман).
4. Імітація трафіку в реальному часі.

Модуль 4: Оцінка соціального ефекту.

1. Індекс зон безпеки (на основі кількості ризиків, близькості до критичних об'єктів).
2. Показники доступності для вразливих груп.
3. Оцінка прийняття (на основі UX-сценаріїв або громадського тестування).
4. Порівняльна матриця ефективності сценаріїв.

Модуль 5: Зворотний зв'язок і адаптація.

1. Інтерфейс для опитувань або віртуального тестування.
2. Аналіз поведінкових даних (через сенсори, камери, мобільні додатки).
3. Автоматичне оновлення параметрів моделі Simulink.
4. Панель ризиків: прогнозування ситуацій із підвищеним ризиком.

Вихідні результати.

1. Сценарій впровадження (етапи, ресурси, відповідальні сторони).
2. Технічна схема інтерфейсів та зв'язків між системами.
3. Документація для презентації перед муніципалітетом.
4. Еталонна симуляція для цифрового містобудування.

Висновки

Соціотехнічний підхід є потужним інструментом для побудови безпечного міського середовища. Його ефективність залежить від синергії між соціальними інтересами, технологічним потенціалом і політикою управління транспортною системою.

Інтеграція автономних транспортних систем, глибша цифровізація логістики, застосування ІоТ — усе це відкриває нові виклики для безпеки. Цифрові технології — необхідна умова створення безпечного, адаптивного міського середовища у форматі Smart City, але їхня ефективність залежить від урахування людських і організаційних чинників.

Важливим є створення інституціональних умов, за яких інновації будуть адаптовані користувачами й підтримані організаціями. Впровадження має здійснюватися поетапно: через тестування, громадські консультації, освітні кампанії. Системи мають бути прозорими, зрозумілими користувачу, та підлягати оцінці з погляду соціального впливу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. А. Кашканов, і О. В. Пальчевський, «Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах,» *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, № 1 (18). с. 97-102. 2022. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i18.764>.
- [2] А. А. Кашканова, і В. В. Біліченко, «Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст України,» *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, № 1 (22). с. 170-181. 2024. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1358>.
- [3] S. Sorrell, "Explaining sociotechnical transitions: A critical realist perspective," *Research Policy*, no. 47 (7), pp. 1267-1282, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.04.008>.
- [4] L. Ackoff Russell, E. Emery Fred, *On Purposeful Systems*. Aldine. Atherton. Chicago & New York. 1972.
- [5] Heshmati Almas; Koohborfardhaghighi Somayeh; Summers Christopher R. "Integration of Technological and Social Components in a Smart Urban Development Model: A Case Study of China," *IZA Discussion Papers*, no. 15211, Institute of Labor Economics (IZA), Bonn. 2022. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/10419/263427>.
- [6] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Public Safety Technology. *Advances in Road Safety Technology*. [Electronic resource]. Available: <https://publicsafety.ieee.org/topics/advances-in-road-safety-technology/>.
- [7] A. Schieben, M. Wilbrink, et al. "Designing the interaction of automated vehicles with other traffic participants: design considerations based on human needs and expectations," *Cognition, Technology & Work*, no. 21, pp. 69-85, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0521-z>.
- [8] R. Madigan, et al., "Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): An Adaptation of the UTAUT Model," *Transportation Research Procedia*, no. 14, pp. 2217-2226, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.237>.

- [9] С. О. Ключев, С. В. Цимбал, і А. Є. Сігонін, «Розвиток інтелектуальних транспортних систем», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2(18), с. 80-86, 2023. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-80-86>.
- [10] Н. М. Довженко, Н. П. Мазур, Ю. В. Костюк, і С. Л. Рзаєва, «Інтеграція IoT та штучного інтелекту в інтелектуальні транспортні системи», *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, № 2(26), с. 430-444, 2024. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2024.26.708>.
- [11] О. П. Сакно, і О. О. Рогозін, «Дослідження соціотехнічної системи «водій-автомобіль-дорога-середовище». Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»: Тези XVII міжнародної науково-практичної конференції 21-23 жовтня 2024 року. Житомир: Житомирська політехніка, 2024, с. 202-203.
- [12] О. О. Лобашов, та ін., *Розумний транспорт і логістика для міст*, навч. посіб. Житомир: Житомирська політехніка, 2021, 612 с.
- [13] A. A. Imanghaliyeva, P. Thompson, P. Salmon, and N. A. Stanton A., "Synthesis of Sociotechnical Principles for System Design," Rebelo F., Soares M. (eds). *Advances in Ergonomics in Design. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 955. Springer, Cham, 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-20227-9-63>.
- [14] А. А. Кашканова, і В. В. Біліченко, «Проблемні питання науково-методичного забезпечення аудиту безпеки дорожнього руху», *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, № 2 (23), с. 97-108, 2024. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i23.1531>.
- [15] E. Mumford, *Designing human system for new technology: the ETHICS method*, Manchester Business school. Manchester, 1985.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 21.07.2025

Кашканова Анастасія Андріївна — аспірантка кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kashkanov9a@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

A. A. Kashkanova¹

Sociotechnical Approach as a Way to Improve the Safety Space in the City's Transport System

¹Vinnitsia National Technical University

The article is devoted to the study of the socio-technical approach as an integrative means of improving the security space in the transport system of a modern city. Given the growing urbanization, the intensity of mobility and the complexity of infrastructure connections, security issues are becoming complex, requiring rethinking of traditional approaches. This is due not only to technical challenges, but also to the need to take into account social, behavioral and cultural factors that shape the dynamics of urban mobility.

The study underlines that effective urban transport system should combine technical solutions (intelligent transport systems, automated control tools, digital platforms) with social mechanisms (behavioral models, public participation, institutional governance), forming a single socio-technical security framework. It is important that technical innovations are accompanied by feedback mechanisms from citizens, which allows for prompt correction of management decisions and taking into account local needs.

The potential of implementing Smart City technologies, in particular real-time monitoring systems, IoT, electronic identification and blockchain solutions, as factors for increasing transparency, manageability and trust in the transport sector is analyzed. Such technologies are able not only to optimize flows, but also to enhance the perception of safety among infrastructure users.

A conceptual model of socio-technical interaction is proposed, which assumes synergy between engineering tools and social practices within the urban mobility ecosystem. Such a model is based on the principles of adaptability, inclusiveness and mutual responsibility, where each component – from the algorithm to the citizen — plays a role in maintaining safety.

The results of the study can be used to optimize transport policy, form new urban development strategies and create a safe urban environment, where technologies do not displace people, but work for their benefit. In this context, the socio-technical approach appears not as a technocratic concept, but as a humanistic framework for integrating innovations into real-life scenarios. The application of the socio-technical approach allows for a transition to sustainable and adaptive safety management, taking into account both engineering aspects and the socio-cultural context of the functioning of urban transport systems. This ensures the creation of more sustainable, equitable and human-centered urban mobility.

Keywords: sociotechnical approach, transport safety, Smart City, urban environment, digital infrastructure, systems integration, public participation, sustainable development, mobility management system.

Kashkanova Anastasiia A. — Post-Graduate Student of the Chair of Automobiles and Transport Management, e-mail: kashkanov9a@gmail.com