

DOI: 10.32347/2412-9933.2020.43.192-199

УДК 005.31:519.8

Яремко Зіновій Михайлович

Доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності, orcid.org/0000-0001-8508-7763
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

Писаревська Соломія Василівна

Кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, orcid.org/0000-0003-4043-1692
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

Фірман Володимир Михайлович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності, orcid.org/0000-0003-0549-8373
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ НА ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДАХ

Анотація. Безпека пішоходів у сучасному великому населеному пункті залишається актуальною проблемою, вирішення якої вимагає нових підходів до управління сукупністю транспортних і пішохідних потоків. Складність такого управління полягає як у неоднозначності критеріїв, які обирають для забезпечення безпеки руху транспорту і пішоходів, так і у наявності багатьох обмежень, які супроводжують функціонування інфраструктури великого населеного пункту. Обґрунтовано використання системного ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою на пішохідних переходах у великих населених пунктах. Принциповою відмінністю запропонованого ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою на пішохідних переходах є визначення дорожньо-транспортної події як сукупності послідовних, паралельних (одночасних) чи послідовно-паралельних небезпечних подій, які розвиваються у часі та просторі і за певних обставин можуть спричинити небажані наслідки. Запропоновано структурно-логічні моделі дорожньо-транспортних подій на трьох типах пішохідних переходів: регульований, позначений і непозначений. Складність цих моделей зростає від непозначеного до регульованого переходу. На основі цих моделей оцінені ймовірності виникнення дорожньо-транспортних пригод на розглянутих пішохідних переходах. Характерною особливістю розглянутих моделей є наявність чинників, пов'язаних із психофізіологічним станом та рівнем відповідальності учасників руху. Засвідчено, що одним із ефективних заходів щодо запобігання дорожньо-транспортним пригодам є усунення людського чинника із причин їхнього виникнення шляхом формування відповідальності як у пішоходів, так і у водіїв за власні дії під час пересування. У двох учасників дорожнього руху – пішоходів та водіїв – виявлено різнонаправлені тенденції у змінах рівнів їхньої відповідальності під час переміщення по пішохідним переходам різних видів: регульованими, позначеними та непозначеними. Очевидно, що такі різнонаправлені тенденції не сприяють підвищенню рівня безпеки руху транспорту та пішоходів і підтверджують необхідність подальшого комплексного вивчення цього питання й обґрунтування відповідних заходів.

Ключові слова: дорожньо-транспортна подія; людський чинник; пішохід; ризик-орієнтований підхід; управління безпекою

Вступ

Сукупність транспортних і пішохідних потоків у сучасному великому населеному пункті формує складну динамічну систему, оптимізація функціонування якої передбачає розв'язання багатокритеріальної задачі із багатьма обмеженнями. Складність такого управління полягає як у неоднозначності критеріїв, які обирають для забезпечення безпеки руху транспорту та пішоходів, так і у наявності багатьох обмежень,

які супроводжують функціонування інфраструктури великого населеного пункту. За таких умов проблема управління безпекою на пішохідних переходах є далекою до вирішення, надалі залишається актуальною і вимагає науково обґрунтованих алгоритмів її вирішення. Зазвичай, в управлінні автоматизованими системами можуть використовувати як машиноцентричний, так і людиноцентричний підхід, але характерною особливістю цієї системи є те, що сама людина є її складовою частиною і тим самим привносить певні

особливості у її функціонування і пошук ефективних підходів до її дослідження.

Аналіз сучасних досліджень і формулювання проблеми

Питання особливостей системи безпеки життєдіяльності людини як об'єкта управління було обговорено у праці [1], де визначено, що ця система охоплює скінченну множину функціональних елементів, яка виокремлена для певної мети, та співвідношень між ними. Одним із головних принципів такого управління є забезпечення оптимальності – досягнення заданих результатів за найменших матеріальних і фінансових витрат за певний проміжок часу.

Безпечна життєдіяльність сучасного міста забезпечується логістичною інфраструктурою, яка охоплює функціонування багатьох міських підсистем, що підтримують рух людських, матеріальних, фінансових, інформаційних, сервісних та пасажирських потоків у міському середовищі [2]. Складність такої соціально-економічної та організаційно-технічної системи вимагає постійного пошуку нових підходів до вивчення її окремих складових і зміни парадигми управління ними [3]. Потребує також нових підходів управління якістю міського середовища загалом [4].

Рівень дорожньо-транспортного травматизму в Україні значно вищий, ніж у країнах Європейського Союзу, тож особливе занепокоєння викликають дорожньо-транспортні події за участю пішоходів, у яких відмічається найвища смертність. Сучасні наукові дослідження з питань безпеки дорожнього руху мають різну спрямованість і направлені на комплексне вирішення цієї проблеми [5 – 14]. Серед них можна виокремити аналіз світових тенденцій у забезпеченні безпеки дорожнього руху пішоходів [5]. Дослідженню взаємодії транспортних та пішохідних потоків в умовах інтенсивного руху автотранспортних засобів присвячені роботи [6 – 9]. Актуальним питанням у цьому напрямі досліджень на сьогодні є впровадження досягнень сучасних інформаційних технологій у вирішення проблеми безпеки дорожнього руху [10] і використання критеріїв ризик-орієнтованого підходу до оцінювання безпеки функціонування автомобільно-дорожньої системи [11].

Вивчаються також питання законодавчого оформлення державно-управлінських механізмів забезпечення безпеки дорожнього руху [12]. У працях [13; 14] детально проаналізовано причинно-наслідковий зв'язок між порушеннями правил дорожнього руху як пішоходами, так і водіями та виникненням дорожньо-транспортних подій.

Значна увага приділяється вивченню ролі людського чинника у підвищенні безпеки

дорожнього руху як на рівні формування правосвідомості водіїв та пішоходів [15], так і формування елементів культури безпеки в сучасному суспільстві через використання ризик-орієнтованого підходу до аналізу дорожньо-транспортних небезпек [16; 17].

Характерною особливістю взаємодії транспортних і пішохідних потоків є їхня складність та відсутність повної інформації про конкретний стан у певний момент часу. За таких умов виникає необхідність проактивного управління з усуненням неповноти та/або надмірності інформації [18], а отже, стає актуальним безпеко-орієнтоване управління проектами розвитку складних організаційно-технічних систем [19].

Мета статті

Метою статті є обґрунтування можливості застосування системного ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою на пішохідних переходах на основі визначення дорожньо-транспортної події як сукупності послідовних, паралельних (одночасних) чи послідовно-паралельних небезпечних подій, які розвиваються у часі та просторі і за певних обставин можуть спричинити небажані наслідки.

Виклад основного матеріалу

В умовах сучасного демократичного суспільства свобода розпоряджатися власним здоров'ям і життям є головним та невід'ємним атрибутом особистої свободи, який у реальному житті зумовлює зниження відповідальності особи за власні дії і часто спричинює нещасні випадки з втратою життя. Оскільки згідно з концепцією допустимого ризику досягнути абсолютної безпеки є неможливо, тому на сьогодні актуальним є впровадження системного ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою руху, за якого досягається прийнятний рівень безпеки на дорогах за прийнятного балансу вигод і витрат як у межах окремого регіону (міста), так і держави загалом [20].

Аналіз процесів управління техногенною безпекою засвідчив, що використання парадигми ризик-орієнтованого підходу і парадигми культури безпеки, на відміну від парадигми абсолютної безпеки середовища перебування людини, дає змогу суттєво підвищити рівень безпеки [21]. Цей висновок став вагомим обґрунтуванням використання ризик-орієнтованого підходу, який використовує ймовірнісне структурно-логічне моделювання небезпечних подій з використанням методів загальної теорії управління випадковими процесами, теорії графів, імітаційного моделювання та булевої алгебри [21].

У цій праці розглянуто питання управління безпекою пішоходів під час їхнього переміщення пішохідними переходами. Усі пішохідні переходи у населеному пункті можна поділити на три групи:

1. Регульовані переходи – це пішохідні переходи, для яких характерні інтенсивні потоки автотранспорту та пішоходів, і які, зазвичай, обладнані технічними засобами регулювання руху – світлофорами.

2. Позначені переходи – це пішохідні переходи, які зовнішньо позначені дорожніми знаками – пішохідний перехід та/або позначеннями типу “зебра”.

3. Непозначені переходи – це пішохідні переходи, які є продовженням тротуарів у внутрішньоквартальному середовищі міста.

На рис. 1 – 3 наведено структурно-логічні моделі дорожньо-транспортних подій на цих пішохідних переходах. Усі події, які характерні для дорожньо-транспортних подій, та причини, які їх зумовили, мають випадковий характер, тому їхній аналіз проведено із використанням основних положень теорії ймовірності та булевої алгебри.

Дорожньо-транспортна подія на незначеному переході (рис.1) наступить з ймовірністю P_1 тоді, коли одночасно на цьому переході з’являться пішохід з ймовірністю P_2 і автотранспорт з ймовірністю P_3 .

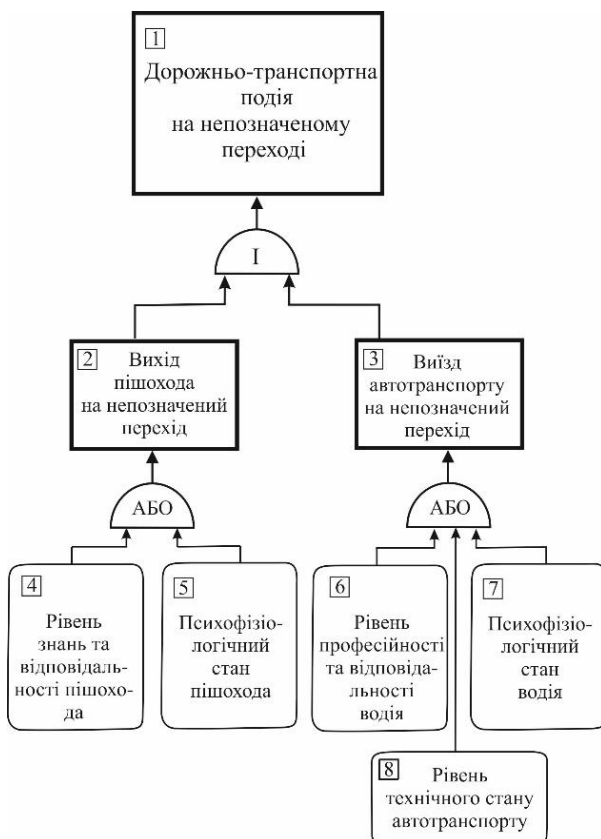


Рисунок 1 – Структурно-логічна модель дорожньо-транспортної події на незначеному переході

За правилами булевої алгебри ймовірність настання цієї дорожньо-транспортної події дорівнює:

$$P_1 = P_2 \cdot P_3. \quad (1)$$

Вихід пішохода на незначений перехід з ймовірністю P_2 залежить від наявності двох випадкових умов (причин):

4. рівня знань та відповідальності пішохода за безпеку під час переміщення по цьому переходу з ймовірністю P_4 ;

5. психофізіологічного стану пішохода з ймовірністю P_5 .

Із двох названих умов (причин) достатньо, щоб тільки одна із них реалізувалася. Тому ймовірність виходу пішохода на незначений перехід P_2 за таких умов визначають за формулою:

$$P_2 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5. \quad (2)$$

Вийзд автотранспорту на незначений перехід з ймовірністю P_3 залежить від наявності трьох випадкових умов (причин):

1) рівня професійності і відповідальності водія з ймовірністю P_6 ;

2) психофізіологічного стану водія з ймовірністю P_7 ;

3) рівня технічного стану автотранспорту з ймовірністю P_8 .

Автотранспорт виїде на незначений перехід тоді, коли настане хоча б одна із трьох названих умов (причин), і ймовірність такого виїзду визначають за формулою:

$$P_3 = P_6 + P_7 + P_8 - (P_6 \cdot P_7 + P_7 \cdot P_8) + P_6 \cdot P_7 \cdot P_8. \quad (3)$$

Дорожньо-транспортна подія на позначеному переході (рис. 2) настане з ймовірністю P_1 , яку можна визначити за формулою (1), проте умови виходу пішохода та виїзду автотранспорту на цьому переході є дещо іншими.

Вихід пішохода на позначений перехід з ймовірністю P_2 залежить від наявності уже чотирьох випадкових умов (причин):

1) рівня знань та відповідальності пішохода за безпеку під час переміщення по цьому переходу з ймовірністю P_4 ;

2) психофізіологічного стану пішохода з ймовірністю P_5 ;

3) рівня контролю за станом позначення переходу з ймовірністю P_9 ;

4) рівня обґрунтованості переходу у визначеному місці з ймовірністю P_{10} .

Пішохід може з’явитися на такому переході, коли настане одна із чотирьох умов (причин) і ймовірність цього виходу визначають за формулою:

$$P_2 = P_4 + P_5 + P_9 + P_{10} - (P_4 \cdot P_5 + P_4 \cdot P_9 + P_4 \cdot P_{10} + P_5 \cdot P_9 + P_5 \cdot P_{10} + P_9 \cdot P_{10}) + (P_4 \cdot P_5 \cdot P_9 + P_4 \cdot P_5 \cdot P_{10} + P_5 \cdot P_9 \cdot P_{10}) - P_4 \cdot P_5 \cdot P_9 \cdot P_{10} \quad (4)$$

$$P_3 = P_6 + P_7 + P_8 + P_9 - (P_6 \cdot P_7 + P_6 \cdot P_8 + P_6 \cdot P_9 + P_7 \cdot P_8 + P_7 \cdot P_9 + P_8 \cdot P_9) + (P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 + P_6 \cdot P_7 \cdot P_9 + P_7 \cdot P_8 \cdot P_9) - P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 \quad (5)$$

Дорожньо-транспортна подія на регульованому переході (рис. 3) є ще складнішою випадковою подією у порівнянні з двома попередніми випадками. Її ймовірність також можна визначити за формулою (1), проте умови виходу пішохода та виїзду автотранспорту на цьому переході є ще різноманітнішими.

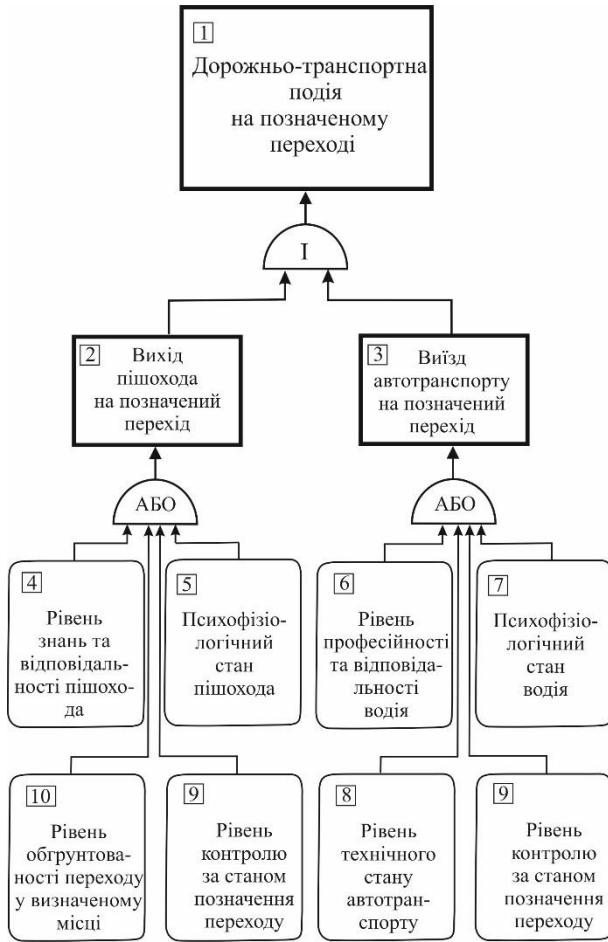


Рисунок 2 – Структурно-логічна модель дорожньо-транспортної події на позначеному переході

Виїзд автотранспорту на позначений перехід з ймовірністю P_3 залежить також від наявності чотирьох випадкових умов (причин):

- 1) рівня професійності і відповідальності водія з ймовірністю P_6 ;
- 2) психофізіологічного стану водія з ймовірністю P_7 ;
- 3) рівня технічного стану автотранспорту з ймовірністю P_8 ;
- 4) рівня контролю за станом позначення переходу з ймовірністю P_9 .

Щоб автотранспорт виїхав на цей перехід, треба, щоб реалізувалася одна із чотирьох наведених умов (причин). Ймовірність виїзду автотранспорту на позначений перехід за таких умов визначають за формулою:

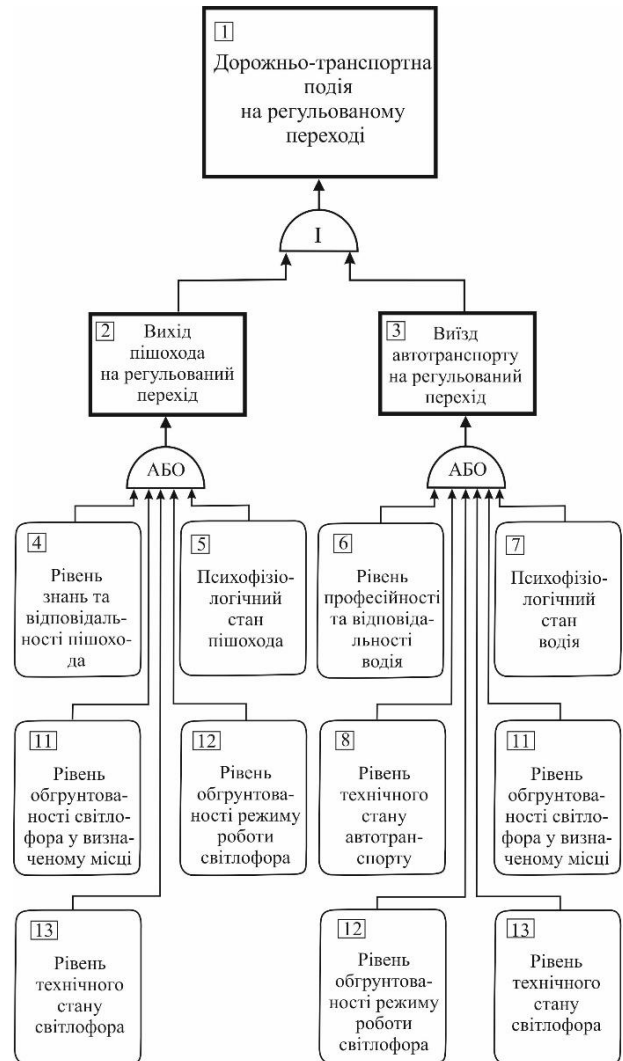


Рисунок 3 – Структурно-логічна модель дорожньо-транспортної події на регульованому переході

Вихід пішохода на регульований перехід з ймовірністю P_2 залежить від наявності п'яти випадкових умов (причин):

- 1) рівня знань і відповідальності пішохода за безпеку під час переміщення по цьому переходу з ймовірністю P_4 ;
- 2) психофізіологічного стану пішохода з ймовірністю P_5 ;
- 3) рівня обґрунтованості світлофора у визначеному місці з ймовірністю P_{11} ;

4) рівня обґрунтованості режиму роботи світлофора з ймовірністю P_{12} ;

5) рівня технічного стану світлофора з ймовірністю P_{13} .

Вихід пішохода на цей регульований перехід відбудеться тоді, коли настане одна із п'яти наведених умов (причин). Ймовірність такого виходу пішохода на регульований перехід можна визначити за формулою:

$$P_2 = P_4 + P_5 + P_{11} + P_{12} + P_{13} - (P_4 \cdot P_5 + P_4 \cdot P_{11} + P_4 \cdot P_{12} + P_4 \cdot P_{13} + P_5 \cdot P_{11} + P_5 \cdot P_{12} + P_5 \cdot P_{13} + P_{11} \cdot P_{12} + P_{11} \cdot P_{13} + P_{12} \cdot P_{13}) + (P_4 \cdot P_5 \cdot P_{11} + P_4 \cdot P_5 \cdot P_{12} + P_4 \cdot P_5 \cdot P_{13} + P_5 \cdot P_{11} \cdot P_{12} + P_5 \cdot P_{11} \cdot P_{13} + P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}) - (P_4 \cdot P_5 \cdot P_{11} \cdot P_{12} + P_4 \cdot P_5 \cdot P_{11} \cdot P_{13} + P_5 \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}) + P_4 \cdot P_5 \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}. \quad (6)$$

Виїзд автотранспорту на регульований перехід з ймовірністю P_3 залежить від наявності шести випадкових умов (причин):

1) рівня професійності і відповідальності водія з ймовірністю P_6 ;

2) психофізіологічного стану водія з ймовірністю P_7 ;

3) рівня технічного стану автотранспорту з ймовірністю P_8 ;

4) рівня обґрунтованості світлофора у визначеному місці з ймовірністю P_{11} ;

5) рівня обґрунтованості режиму роботи світлофора з ймовірністю P_{12} ;

6) рівня технічного стану світлофора з ймовірністю P_{13} .

Автотранспорт з'явиться на цьому переході тоді, коли реалізується одна із шести умов (причин). Ймовірність такого виїзду автотранспорту на регульований перехід можна визначити за формулою

$$P_3 = P_6 + P_7 + P_8 + P_{11} + P_{12} + P_{13} - (P_6 \cdot P_7 + P_6 \cdot P_8 + P_6 \cdot P_{11} + P_6 \cdot P_{12} + P_6 \cdot P_{13} + P_7 \cdot P_8 + P_7 \cdot P_{11} + P_7 \cdot P_{12} + P_7 \cdot P_{13} + P_8 \cdot P_{11} + P_8 \cdot P_{12} + P_8 \cdot P_{13} + P_{11} \cdot P_{12} + P_{11} \cdot P_{13} + P_{12} \cdot P_{13}) + (P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 + P_6 \cdot P_7 \cdot P_{11} + P_6 \cdot P_7 \cdot P_{12} + P_6 \cdot P_7 \cdot P_{13} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{12} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{13} + P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{12} + P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{13} + P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}) - (P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} + P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_{12} + P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_{13} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{12} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{13} + P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}) - (P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{12} + P_6 \cdot P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{13} + P_7 \cdot P_8 \cdot P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13}). \quad (7)$$

Зазвичай, ймовірності настання умов (причин)

$P_4 - P_{13}$ та небезпечних подій 2 і 3 є досить малими, тому їхніми добутками можна знехтувати у разі приблизного оцінювання настання дорожньо-транспортної події 1. За таких умов ймовірності небезпечних подій 2 і 3 можна обчислити за приблизними формулами:

$$\text{– у разі непозначеного переходу} \\ P_2 \approx P_4 + P_5 \text{ і } P_3 \approx P_6 + P_7 + P_8, \quad (8)$$

$$\text{– у разі позначеного переходу} \\ P_2 \approx P_4 + P_5 + P_9 + P_{10} \text{ і } P_3 \approx P_6 + P_7 + P_8 + P_9, \quad (9)$$

$$\text{– у разі регульованого переходу} \\ P_2 \approx P_4 + P_5 + P_{11} + P_{12} + P_{13} \\ \text{і } P_3 \approx P_6 + P_7 + P_8 + P_{11} + P_{12} + P_{13}. \quad (10)$$

Аналіз одержаних залежностей (8) – (10) показує, що кількість умов (причин), які можуть спричинити дорожньо-транспортну подію зростає від непозначеного переходу до регульованого переходу. Характерною особливістю цих залежностей є те, що в кожній із них є наявні умови (причини), які пов'язані з людським чинником P_4 , P_5 , P_6 і P_7 .

Очевидно, що за таких умов важливим моментом управління безпекою на пішохідних переходах є формування відповідальності учасників дорожнього руху, першоосною якого є усвідомлення небезпеки під час переміщення по цих переходах. З цією метою було проведене опитування пішоходів щодо безпечного переміщення по пішохідних переходах різного типу за такою анкетой:

1. Опишіть як, зазвичай, Ви перетинаєте перехрестя, яке регулюється світлофором:

а) переходжу дорогу тільки на зелене світло, відразу як загориться зелений сигнал світлофора;

б) перед переходом обов'язково пересвідчуюсь, чи відсутній автомобіль на дорозі, чи транспорт зупинився, а тоді на зелений сигнал переходжу дорогу;

в) якщо відсутній автомобіль на дорозі інколи переходжу на останніх секундах червоного світла світлофора ще до того, як загориться зелене світло.

2. Опишіть як, зазвичай, Ви здійснюєте перехід дороги у місці, яке позначене пішохідним переходом ("зеброю"):

а) відразу здійснюю перехід через дорогу в місці пішохідного переходу, не чекаючи зупинки транспорту, оскільки водій зобов'язаний зупинитись;

б) перед переходом обов'язково пересвідчуюсь, чи відсутні автомобілі на дорозі, чи транспорт зупинився або далеко, а тоді здійснюю перехід.

3. Опишіть як, зазвичай, Ви здійснюєте перехід дороги у місці, яке не позначене пішохідним переходом ("зеброю"):

а) відразу здійснюють перехід через дорогу в місці пішохідного переходу, не чекаючи зупинки транспорту, оскільки водій зобов'язаний зупинитись;

б) перед переходом обов'язково пересвідчуюсь, чи відсутні автомобілі на дорозі, чи транспорт зупинився або далеко, а тоді здійснюють перехід.

Серед запропонованих відповідей найбезпечніший перехід передбачає відповідь б): перед переходом обов'язково пересвідчуюсь, чи відсутні автомобілі на дорозі, чи транспорт зупинився або далеко, а тоді здійснюють перехід.

Залежно від виду пішохідного переходу відповіді опитаних розподілилися таким чином, що у випадку регульованого переходу цю відповідь дали 73 % опитаних, позначеного переходу – 93 % і позначеного переходу – 98 %. Отже, за результатами опитування рівень відповідальності за власні дії під час переміщення по пішохідному переходу зменшується від позначеного переходу до регульованого. Це можна розглядати як спробу опитуваних перекласти частку відповідальності за безпечний перехід на інших учасників дорожнього руху – водіїв, через відповідні технічні засоби: позначення чи світлофор. Водночас спостереження показують, що водії дотримуються правил дорожнього руху під час проїзду пішохідних переходів у випадку регульованих на 98%, позначених – 87% і позначених – 71%.

Отже, у двох учасників дорожнього руху – пішоходів та водіїв – виявлені різнонаправлені тенденції у змінах рівнів відповідальності під час переміщення пішохідними переходами різних видів. Очевидно, що такі різнонаправлені тенденції не сприяють підвищенню рівня безпеки руху транспорту і підтверджують необхідність комплексного вивчення цього питання та обґрунтування.

Висновки

Отже, використання системного ризик-орієнтованого підходу до управління безпекою на пішохідних переходах у великих населених пунктах показує, що одним із ефективних заходів щодо запобігання дорожньо-транспортним подіям на пішохідних переходах є усунення людського чинника із причин їхнього виникнення шляхом формування особистої відповідальності як у пішоходів, так і у водіїв за власні дії під час переміщення. Нині важко собі уявити конкурентоспроможну професійну діяльність та комфортну повсякденну діяльність без засобів сучасних інформаційних мобільних технологій, тому важливий вклад у вирішення цього питання можуть внести подальші наукові дослідження з їхнього використання у формуванні ризик-орієнтованого мислення через пізнання розвитку складних систем, в середовищі яких перебуває людина.

Список літератури

1. Полежаев А. М. Особенности системы «Безопасность жизнедеятельности человека» как объекта управления / А. М. Полежаев, С. О. Ковжого, Е. В. Карманний, О. Д. Манько // Системы обработки информации. – 2012. – Вып. 3(101), т. 2. – С. 245 – 247.
2. Бушуев С. Д. Концепция онтологий в моделировании системы управления городской логистической инфраструктурой [Текст] / С. Д. Бушуев, О. И. Чуб // Управление развитием сложных систем. – 2019. – № 40. – С. 17 – 23; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11968938
3. Бушуев С. Д. Зміна парадигм в управлінні інфраструктурними проектами і програмами [Текст] / С. Д. Бушуев, Д. А. Бушуев, Б. Ю. Козир // Управление развитием сложных систем. – 2019. – № 36. – С. 6 – 12; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783149
4. Азарова И. Б. Управление качеством городской среды в проектах развития городских территорий [Текст] / И. Б. Азарова // Управление развитием сложных систем. – 2018. – № 35. – С. 13 – 20.
5. Степанов А. В. Мировые тенденции в сфере обеспечения безопасности дорожного движения пешеходов / А. В. Степанов, А. В. Рябушенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – № 61 - 62. – С. 95 – 101.
6. Єрмак О. М. Дослідження взаємодії транспортних та пішохідних потоків / О. М. Єрмак // Комунальне господарство міст. – 2013. – № 110. – С. 249 – 253.
7. Калигин Д. В. Проблема моделирования транспортных потоков на пешеходных переходах / Д. В. Калигин, А. А. Морозов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – Т. 6, № 12. – С. 592 – 596.
8. Соколова Н. О. Формалізація характеристик взаємодії транспортних засобів та пішоходів у конфліктних областях на площі перехрестя / Н. О. Соколова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 3, № 3. – С. 17– 23.
9. Мироненко С. В. Моделювання транспортного руху на основі пропускної здатності вулично-дорожньої мережі / С. В. Мироненко, А. С. Венгер, С. В. Атамжов // Вісник Харківського нац. автомобільно-дорожнього ун-ту. – 2017. – № 76. – С. 40 – 45.

10. Боровский А. Е. Внедрение интеллектуальных транспортных систем в рамках национальных программ повышения безопасности дорожного движения / А. Е. Боровский, И. А. Новиков, А. Г. Шевцова // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного ун-та. – 2013. – № 61-62. – С. 279 – 283.
11. Внукова Н. В. Основні засади використання критеріїв ризику до оцінювання безпеки функціонування АДС / Н. В. Внукова // Вісник Харківського нац. автомобільно-дорожного ун-ту. – 2015. – № 71. – С. 138 – 145.
12. Леонтьева Л. В. Национальное законодательство в отношении государственно-управленческих механизмов обеспечения безопасности дорожного движения / Л. В. Леонтьева, И. Ю. Гончарова, О. А. Ильченко // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного ун-та. – 2013. – № 61 – 62. – С. 91 – 94.
13. Овчинников С. С. Щодо визначення ймовірності виникнення ДТП на вулично-дорожній мережі з врахуванням людського фактору / С. С. Овчинников, О. І. Єрмак, А. І. Сумець // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2011. – № 1. – С. 50 – 54.
14. Гредасова О. Ю. Алгоритм оценки безопасности движения с учетом функционального состояния водителя / О. Ю. Гредасова, А. Г. Батракова // Вестник Харьковского нац. автомобильно-дорожного ун-та. – 2016. – № 75. – С. 33 – 38.
15. Крупко М. О. Правосвідомість водіїв та пішоходів як головний чинник дисципліни на шляхах України / М. О. Крупко // Держава і право. – 2011. – Вип. 53. – С. 292 – 297.
16. Яремко З. М. Безпека на дорогах – наша спільна відповідальність / З. М. Яремко, І. Р. Муць // Безпека життєдіяльності. – 2012. – № 1. – С. 25 – 27.
17. Степанов О. В. Безпека автомобільного транспорту в транспортній галузі / О. В. Степанов // Вісник Харківського нац. автомобільно-дорожного ун-ту. – 2015. – № 70. – С. 137 – 141.
18. Гайда А. Ю. Классификация проектов на основе неполно-избыточных данных / А. Ю. Гайда, В. К. Кошкин // Управление развитием сложных систем. – 2015. – № 24. – С. 30 – 35.
19. Зачко О. Б. Методологічний базис безпеко-орієнтованого управління проектами розвитку складних систем / О. Б. Зачко // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 23. – С. 51 – 55.
20. Яремко З. М. Безпека життєдіяльності / З. М. Яремко. – Львів : ВЦ ЛНУ імені Івана Франка, 2005. – 301 с.
21. Бегун В. В. Методологічні основи інформаційної технології управління безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу : дис... доктора техн. наук : 05.13.06 / Бегун Василь Васильович. – Київ : Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, 2020. – 533 с.

Стаття надійшла до редколегії 03.09.2020

Yaremko Zinovi

DSc (Chemistry), Professor, Head of Life Safety Department, orcid.org/0000-0001-8508-7763
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

Pysarevska Solomiya

PhD (Chemistry), Associate Professor, Associate Professor of Life Safety Department, orcid.org/0000-0003-4043-1692
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

Firman Volodymyr

PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Life Safety Department, orcid.org/0000-0003-0549-8373
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

SYSTEMATIC APPROACH TO SAFETY MANAGEMENT AT PEDESTRIAN CROSSINGS

Abstract. Pedestrian safety in today's big cities remains an actual problem and it requires new approaches to the management of all traffic and pedestrian flows. The complexity of such management lies in the ambiguity of the criteria chosen to ensure the safety of traffic and pedestrians, and in the presence of many restrictions that accompany the functioning of the infrastructure of big city. The substantiation of systematic risk-based approach use to the management of safety at pedestrian crossings in big cities has been presented in the article. The fundamental difference of proposed risk-based approach to the management of safety at pedestrian crossings is the definition of road traffic accident as a set of consecutive, parallel (simultaneous) or sequentially parallel dangerous events that develop in time and space and under certain circumstances can cause undesirable consequences. The structural and logical models of road traffic accident at three types of pedestrian crossings (regulated, marked and unmarked) have been developed using methods of general theory of random processes management, graphs theory, imitation modeling and Boolean algebra. The proposed structural and logical models allowed estimation of the probability of road traffic accident at each considered pedestrian crossings. Complexity of these models increases from unmarked to regulated crossings. Based on these models, the probabilities of road accidents at the considered pedestrian crossings were estimated. A characteristic feature of all considered models is the presence of factors that are related to the psychophysiological state and level of responsibility of road users. It has been showed that one of the effective measures towards prevention of road traffic accidents is elimination of human factor as one of the reasons of their occurrence by forming the responsibility of both pedestrians and drivers for their own actions while moving. It has been observed multidirectional tendency in the change of level of responsibility in two participants of road traffic – pedestrians and drivers- when moving on pedestrian crossings of different types: regulated, marked and unmarked. Obviously, such multidirectional tendencies do not contribute to improving the level of safety of road traffic and pedestrians and confirm the need for further comprehensive study of this issue and substantiation of appropriate measures.

Key words: road traffic accident; human factor; pedestrian; risk-based approach; safety management

References

1. Polezhaev, A. M., Kovzhoza, S. O., Karmannyj, E. V., Manko, O. D. (2012). Features of the system "Safety of human life" as an object of management. *Information processing system*, 3(101), 2, 245–247. [In Ukrainian].
2. Bushuyev, S. D., Chub, O. I. (2019). Ontology concept in modeling a control system urban logistics infrastructure. *Management of Development of Complex Systems*, 40, 17–23; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.11968938 [In Ukrainian].
3. Bushuyev, S. D., Bushuyev, D. A., Kozyr, B. Yu. (2019). Paradigm shift in the management of infrastructure projects and programs. *Management of Development of Complex Systems*, 37, 6–12; dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9783149 [In Ukrainian].
4. Azarova, I. B. (2018). Quality management of the city environment in city territorial development projects. *Management of Development of Complex Systems*, 35, 13–20. [In Russian].
5. Stepanov, A. V., Ryabushenko, A. V. (2013). World tendencies in the field of providing of road traffic safety for pedestrians. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 61-62, 95 – 101. [In Russian].
6. Yermak, O. M. (2013). Study of the interaction of traffic and pedestrian flows. *Municipal economy of cities*, 110, 249–253. [In Ukrainian].
7. Kalitin, D. V., Morozov, A. A. (2011). The problem of modeling traffic flows at pedestrian crossings. *Mining informational and analytical bulletin*, 6 (12), 592 – 596. [In Russian].
8. Sokolova, N. O. (2014). Formalization of characteristics of interaction of vehicles and pedestrians in conflict areas in the crossroad territory. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(3), 17–23. [In Ukrainian].
9. Myronenko, S. V., Venger, A. S., Atmazhov, S. V. (2017). Traffic modeling based on road capacity of the road network. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 76, 40 – 45. [In Ukrainian].
10. Borovskoy, A., Novikov, I., Shevtsova, A. (2013). Introduction of intelligent transport systems in the framework of national programs of road safety improvement. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 61-62, 279 – 283. [In Russian].
11. Vnukova, N. V. (2015). The main principles of using risk criteria for evaluation of RAE system safe functioning. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 71, 138–145. [In Ukrainian].
12. Leontieva, L., Goncharova, I., Ilchenko, A. (2013). National legislation, in respect of public management mechanisms for ensuring road traffic safety. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 61-62, 91–94. [In Ukrainian].
13. Ovchinnikov, S. S., Yermak, O. M., Sumets, A. I. (2011). Regarding the determination of the probability of an accident on the road network, taking into account the human factor. *Bulletin of the Donetsk Academy of Automobile Transport*, 1, 50–54. [In Ukrainian].
14. Gredasova, O. Yu., Batrakova, A. H. (2016). Algorithm for estimating road traffic safety taking into account the driver's functional state. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 75, 33 – 38. [In Ukrainian].
15. Krupko, M.O. (2011). Legal awareness of drivers and pedestrians as the main factor of discipline on the roads of Ukraine. *State and law*, 53, 292 – 297. [In Ukrainian].
16. Yaremko, Z. M. (2012). Road safety - our joint responsibility. *Life Safety*, 1, 25–27. [In Ukrainian].
17. Stepanov, O. V. (2015). Automobile transport safety in the transport sector. *Bulletin of Kharkiv national automobile and highway university*, 70, 137 – 141. [In Ukrainian].
18. Gaida, A. Yu., Koshkin, V. K. (2015). Project classification based on noncomplete – overbandant data. *Management of Development of Complex Systems*, 24, 30 – 35. [In Ukrainian].
19. Zachko, O. B. (2015). Methodological basis of safety-oriented project management of complex systems. *Management of Development of Complex Systems*, 23, 51 – 55. [In Ukrainian].
20. Yaremko, Z. M. (2005). *Life Safety*. Lviv: Publishing center of Ivan Franko National University of Lviv. [In Ukrainian].
21. Begun, V. V. (2020). *Methodological basis of information technology of safety management based on risk-oriented approach. Doctor's thesis*. Kyiv: Institute of Mathematical Machines and Systems Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine. [In Ukrainian].

Посилання на публікацію

- APA Yaremko, Z. M., Pysarevska, S., V., & Firman, V., M., (2020). Systematic approach to safety management at pedestrian crossings. *Management of Development of Complex Systems*, 43, 192 – 199 [In Ukrainian], dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.192-199.
- ДСТУ Яремко, З. М. Системний підхід до управління безпекою на пішохідних переходах [Текст] / З. М. Яремко, С. В. Писаревська, В. М. Фірман // Управління розвитком складних систем. – 2020. – № 43. – С. 192 – 199, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.192-199.