



## KAPITEL 3 / CHAPTER 3<sup>3</sup>

### FEATURES OF THE FUNCTIONING OF CITY TRANSPORT NETWORKS UNDER THE INFLUENCE OF STOCHASTIC FACTORS GLOBAL CHARACTER

DOI: 10.30890/2709-2313.2022-13-02-009

#### Вступ

В сучасних умовах, коли Україна мусить протистояти збройній агресії, перед транспортними мережами міст стоїть низка надзвичайно складних завдань, спрямованих не лише на забезпечення безперервного руху транспорту, але й на збереження життя та здоров'я громадян, що ним користуються. Ці тези в рівному ступені актуальні для громадського й особистого транспорту, для великих міст і малих населених пунктів.

Розглядаючи бойові дії як стохастичний фактор, тобто вплив чи комплекс впливів, що не піддається точному прогнозуванню, можна створити методологічну основу для оперативних коригувань транспортних потоків. При цьому доцільно розглядати війну не як відокремлений чинник, а як складову в ієрархії глобальних стохастичних факторів, що, в свою чергу, потребує створення такої ієрархії та встановлення вертикальних і горизонтальних зв'язків між її елементами. Це є першим кроком до чіткого розуміння транспортних проблем, викликаних війною й іншими катастрофами, та розробки шляхів усунення їх наслідків.

Важливо розуміти, що кожна складова глобального впливу на транспортну систему, хоч і не може розглядатися окремо, є невід'ємним, а інколи й одним з ключових елементів у довгому ланцюгу чинників, які зумовлюють нормальне функціонування транспортної мережі міста. Кожен, навіть незначний на перший погляд елемент може стати рушійною силою, яка зсуне систему з точки рівноваги, після чого неминучі процеси дестабілізації та деградації, які лише прогресуватимуть з часом. Саме тому, стохастичні фактори глобального характеру є одними з найнебезпечніших викликів до транспортної мережі.

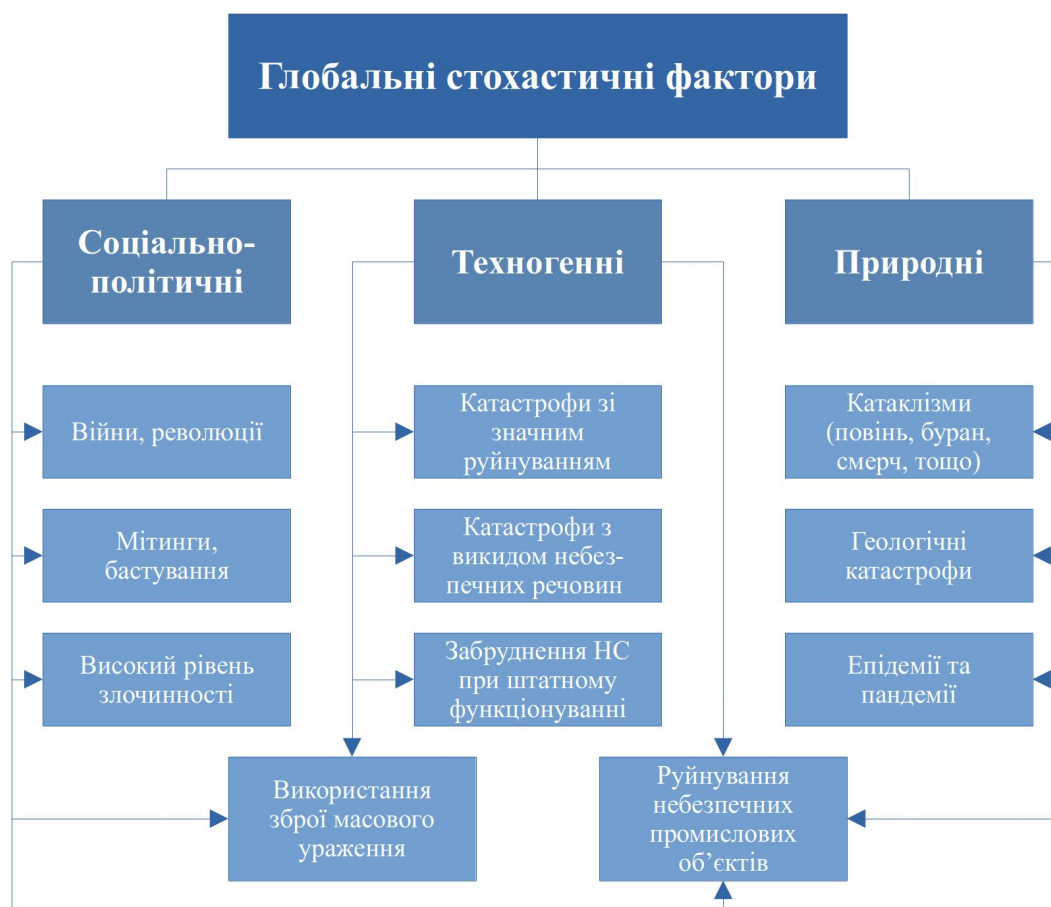
---

<sup>3</sup>Authors: Hanzheiev Dmytro



### 3.1. Різновиди, особливості та внутрішні зв'язки глобальних стохастичних факторів

Глобальними стохастичними факторами називають неконтрольовані впливи на транспортну систему, пов'язані з природними чи людськими чинниками. Їх характерною рисою є вплив не на певну ділянку чи вузол транспортної мережі, а на систему в цілому. У порівнянні зі стохастичними факторами інших видів, глобальні відрізняються масовістю, бурхливим перебігом, значними фізичними й економічними збитками.



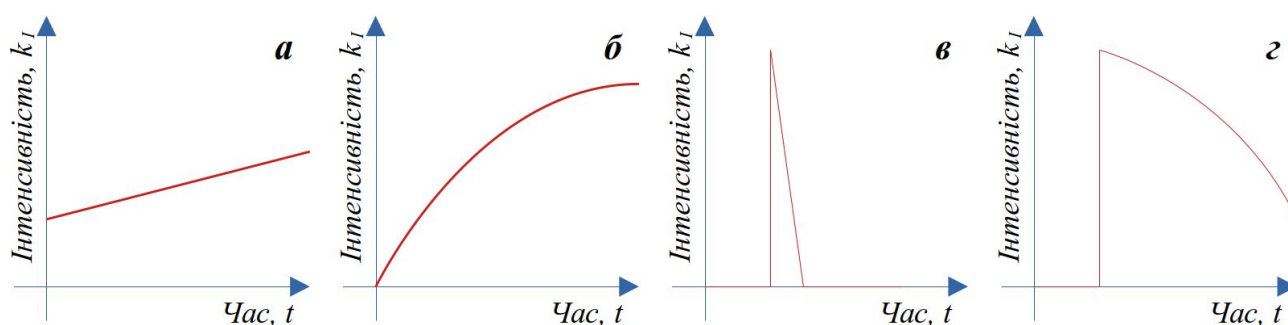
Малюнок 1 – Узагальнена класифікація глобальних стохастичних факторів

За характером виникнення виділяють три основні групи глобальних стохастичних факторів: соціально-політичні, техногенні, природні. Перша група об'єднує мирні та збройні протистояння загальноміського, регіонального, державного та світового значення. Чим масштабніше конфлікт, тим більше в ньому можна виділити локальних підсистем й елементів, які завдають впливу



на певні частини транспортної системи. Тому важливо проводити грамотне структурування фактору на складові елементи, орієнтуючись при виборі ступенів такого структурування на протяжність чинника в часі та ймовірнісний рівень загрози. Більш детально цей процес розглянуто у другому розділі дослідження.

Глобальні техногенні фактори враховують впливи на транспортну систему порушень в нормальному функціонуванні промислових, гірничих, енергетичних та інших об'єктів народного господарства. При цьому на умовному таймлайні кризові впливи можуть носити лінійний (малюнок 2, а), нелінійний (малюнок 2, б) та точковий (малюнок 2, в) характер. У першому випадку негативний вплив постійний, рівномірний, відносно контрольований (наприклад, стійке забруднення повітря у місті), у другому – спостерігається зменшення чи збільшення впливу з перебігом часу. Найбільшу небезпеку несуть точкові впливи, коли одна певна подія призводить до значних руйнувань, забруднення навколишнього середовища тощо. Такі події називають техногенними катастрофами. Якщо вони трапляються на об'єктах, де є токсичні, біологічні, радіоактивні загрози, то такий стохастичний фактор може мати комбінований вплив за точково-нелінійною схемою (малюнок 2, г).



**Малюнок 2 – Часова проекція глобальних стохастичних факторів**

Найбільші складнощі виникають при спробах класифікувати глобальні стохастичні фактори природного характеру, бо вони тісно споріднені з групою погодно-кліматичних стохастичних факторів, яка, в свою чергу, не є глобальною. Загальноприйняті тези встановлюють рівень небезпеки та площу впливу як основні критерії для диференціювання цих груп. Треба наголосити, що глобальні стохастичні фактори можуть стати наслідком дії погодно-кліматичних (тоді говорять про стихійні лиха), а можуть виникати як первинний чинник, що особливо характерно для катастроф геологічного



походження.

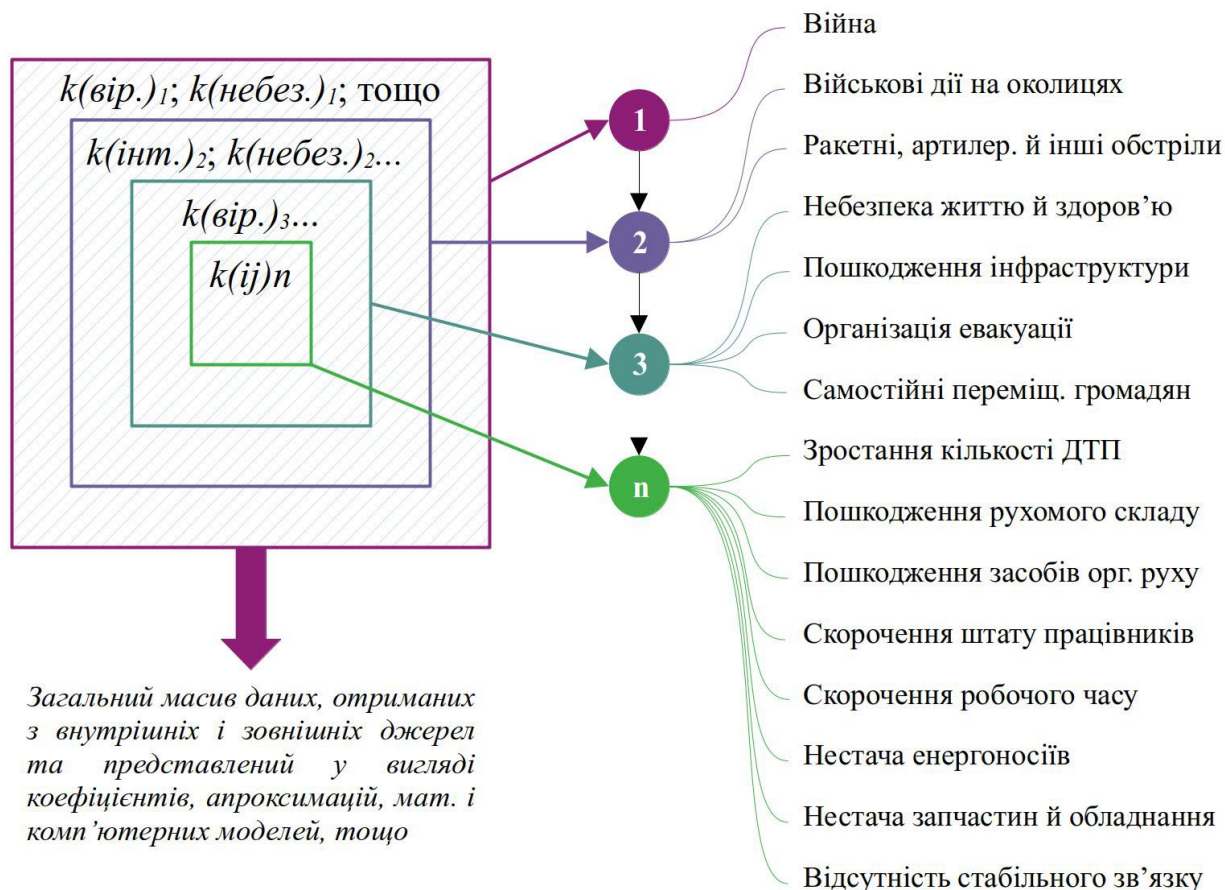
Підсистеми глобальних стохастичних факторів можуть взаємодіяти одна з однією за певними алгоритмами, створюючи комбіновані групи як наслідок одночасної чи послідовної дії основних чинників. Наприклад, використання зброї масового ураження може носити комбінований соціально-політичний і техногенний характер, запускаючи ланцюг руйнувань. Можна навести й інші види багаторівневого впливу, і, зазвичай, чим більше ланок приєднується до процесу, тим тяжчі його наслідки.

### 3.2. Процеси структурування та дослідження окремих підсистем у складі глобальних стохастичних факторів

Планово-аналітичні системи та комплекси потребують своєчасного надання похідної інформації в кількості, достатній для опрацювання та прийняття рішень. Коли йдеться про вплив глобального стохастичного фактору, очевидно, що інформаційний потік буде значно перевищувати необхідний мінімум, що ускладнить, а головне – сповільнить процеси прогнозування ситуації та прийняття рішень. Саме тому, похідні дані важливо диференціювати, структурувати та фільтрувати за рівнем значущості. Графічно цей процес можна представити у вигляді малюнка 3.

Загальний масив похідних даних (назвемо його первинною матрицею), містить інформацію рівнів  $1...n$ , де  $1$  – це власне узагальнений опис глобального фактору, що спостерігається, а  $n$  – найменші значущі впливи на окремі ділянки чи вузли транспортної системи. Наприклад, якщо інформацією першого рівня є війна в країні, то інформацією останнього,  $n$ -ного рівня може бути ушкодження конкретної одиниці рухомого складу громадського транспорту. Безперечно, що з кожним новим рівнем обсяг інформації зростатиме в геометричній прогресії, будуючи деревоподібну структурну схему стохастичного фактору.

Відмінність аналізу глобального стохастичного фактору від аналізу фактору іншого типу полягає в тому, що розрахунок статистичних коефіцієнтів, наведення графічних і математичних апроксимацій, процеси імітаційного, математичного або комп'ютерного моделювання не передують диференціюванню проблеми та прийняттю управлінських рішень, а проводяться одночасно з ними. Ця умова продиктована вкрай швидкими



**Малюнок 3 – Спрощений приклад структуризації первинного масиву даних, що описують глобальний стохастичний фактор (див. Розділ 3)**

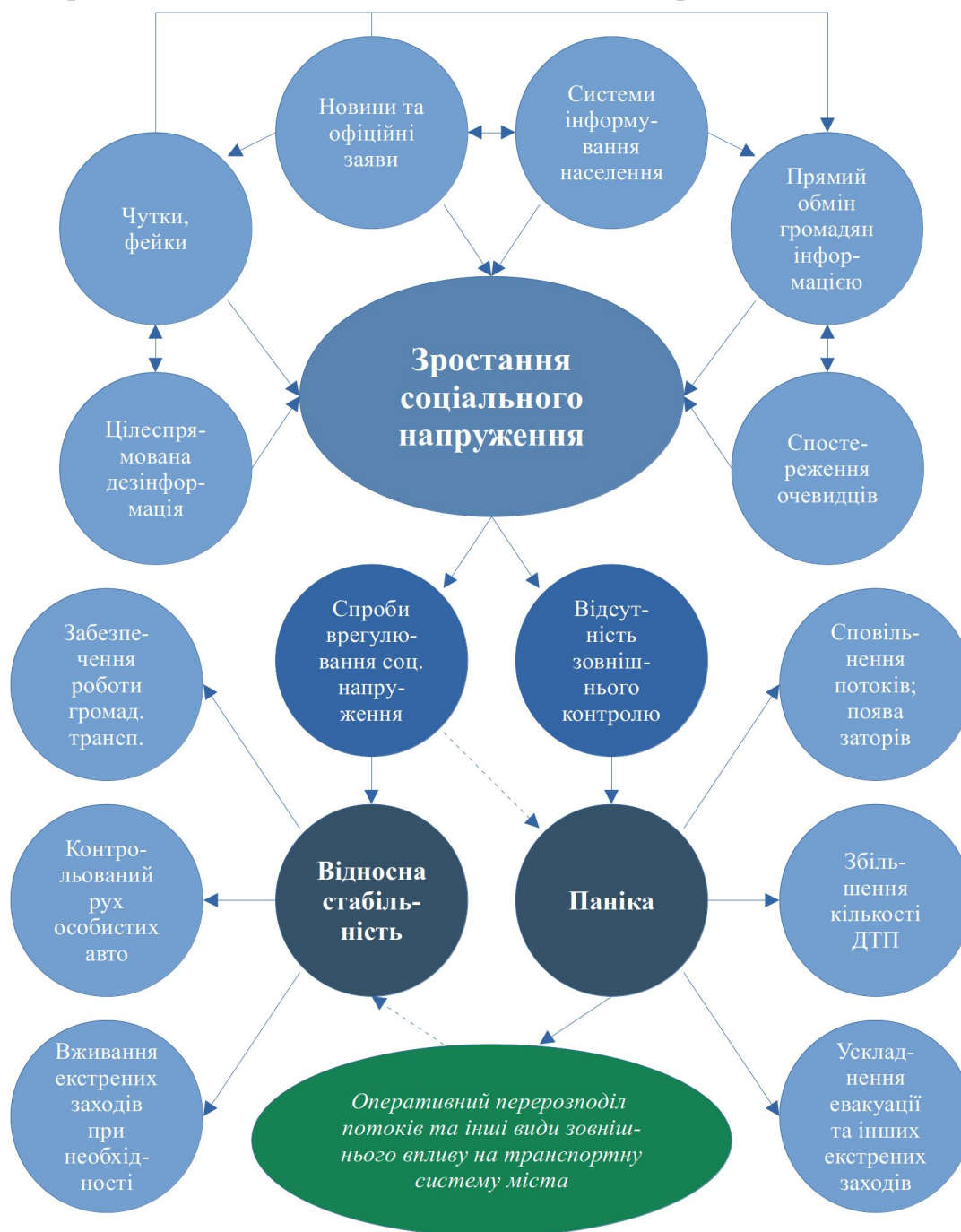
змiнами реального стану транспортної системи і, хоча й містить низку складнощів, є на даний час єдиним можливим засобом своєчасного реагування на кризові виклики. В першу чергу, це стосується глобальних стохастичних факторів соціального-політичного характеру.

Реалії війни показують, що від здатності транспортних департаментів та військово-цивільних адміністрацій міст приймати оперативні рішення, спираючись на факти й глибокий аналіз ситуації на ВДМ, залежить не лише рівень транспортної безпеки, але й здатність системи функціонувати взагалі. Ефективними рішеннями при цьому можуть бути:

- швидка модифікація графіків руху пасажирського транспорту;
- організація внутрішніх евакуаційних процесів у межах міста;
- перерозподіл пасажиропотоків на більш безпечні види транспорту (зокрема, метрополітен);
- регулювання потоків особистого транспорту за допомогою смарт-об'єктів

дорожньої інфраструктури;

- введення комендантської години для зменшення навантаження на ВДМ в темний час доби;
- зменшення пікових навантажень за рахунок зміни часу роботи великих пасажиропоглинаючих пунктів (промислові підприємства, торговельні центри тощо);
- використання дистанційних та змішаних типів роботи та навчання.



**Малюнок 4 – Вплив інформаційного середовища на поточну ситуацію, появу нових криз і ризиків під дією глобального стохастичного фактору**



Це далеко не повний перелік заходів, які можуть бути вжиті для боротьби з деструктивними змінами у функціонуванні транспортної системи міста під дією глобального стохастичного фактору. Вибір конкретних дій лишається за адміністративними структурами, але має базуватися на глибокому транспортному аналізі.

Важливою є також інформаційна робота з населенням, його своєчасне сповіщення про зміни в поточній ситуації в цілому та транспортній ситуації в окремоті, попередження розповсюдження чуток і фейків, боротьба з панікою, попередження безпідставних переміщень.

Багаторівневість впливу глобального стохастичного фактору на транспортну систему, разом з нестабільністю інформаційного середовища та вкрай швидкими змінами ситуації, створює сприятливу середу для виникнення інших небезпечних чинників, як стохастичного, так і передбачуваного характеру. Боротьба з ними не є пріоритетною, але теж повинна враховуватися при розробці засобів протидії кризі.

### 3.3. Розробка математичного опису структурованих підсистем глобальних стохастичних факторів і встановлення їх зовнішніх зв'язків

Питання адаптації явищ глобального характеру до форм, сумісних з планово-аналітичними системами, як вказувалося вище, ускладнене багаторівневістю таких явищ. Саме тому, використання статистичних коефіцієнтів, рекомендоване для стохастичних факторів інших типів, потребує суттєвих коригувань у кожній певній ситуації. Перш за все, слід виділити три великі групи коефіцієнтів, які можна застосовувати у розрахунках.

1. Коефіцієнти вірогідності  $k(vip.)$  – можуть використовуватися на будь-якому структурному рівні та вказують на очікуваний ризик виникнення певного кризового стану транспортної системи, її підсистеми або елемента.

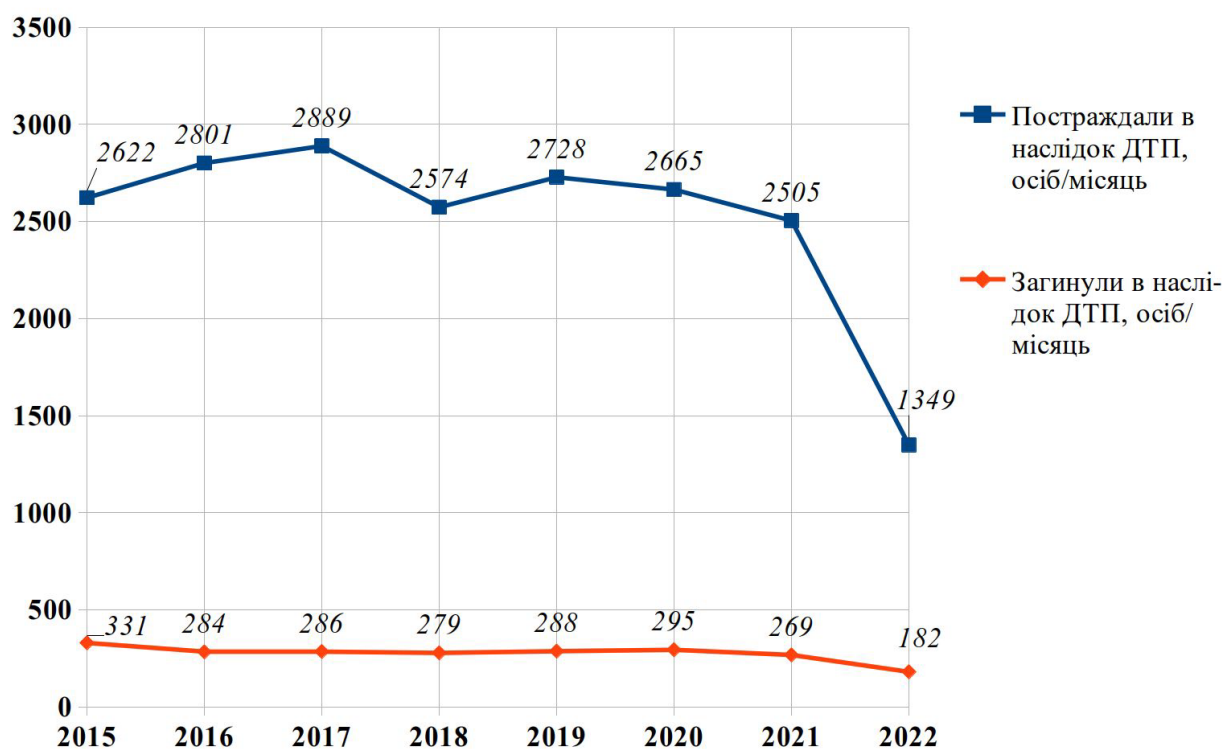
2. Коефіцієнти безпеки  $k(небез.)$  – вказують на ступінь загрози певного чинника для нормального функціонування транспортної системи, її підсистеми чи елемента; можуть оцінюватися як при теоретичному розгляді ймовірного глобального фактору, так і безпосередньо під час його дії.

3. Коефіцієнти інтенсивності  $k(інт.)$  – споріднені з коефіцієнтами безпеки, фактично є їх проекцією на певний проміжок часу.



Ці групи узагальнюють більшість впливів, але далеко не всі явища, пов'язані з дією глобального фактору. З урахуванням його типу та індивідуальних особливостей, доцільно вводити нові коригувальні коефіцієнти, спираючись на натурні дослідження та результати моделювання.

Також варто враховувати, що антикризові заходи, вже вжиті повноважними органами, здатні не лише нівелювати негативні впливи глобального стохастичного фактору, але й призвести до певних позитивних змін. Якщо системи інформування населення, контролю переміщень, забезпечення захисту учасників транспортного процесу достатньо ефективні, можна спостерігати навіть зниження інтенсивності взаємопов'язаних стохастичних факторів (малюнок 5).



**Малюнок 5 – Динаміка кількості постраждалих та загиблих внаслідок ДТП в Україні за вісім років**

Аналізуючи наведений графік, можна помітити загальну тенденцію до зменшення тяжких наслідків ДТП, котра, проте, не була суттєвою до поточного року. З початком війни кількість постраждалих та загиблих внаслідок ДТП значно знизилась (на 46 % і 32 % відповідно), що пов'язано, по-перше, із загальним зменшенням транспортної мобільності населення і, по-друге, зі зростанням рівня відповідальності водіїв. Останнє, в свою чергу, викликане достатньо жорсткими контрольними заходами військового стану. Найбільш





суттєво знизилась частка ДТП, викликаних водінням в нетверезому стані. Серед найпоширеніших причин, які в 2022 році призводили до ДТП в нашій країні (за відносною часткою в загальній кількості пригод):

- перевищення безпечної та дозволеної швидкості руху;
- порушення правил маневрування;
- наявність штучних споруд на дорогах (блокпости, загорожі тощо);
- демонтаж дорожніх знаків в місцях, де вони можуть допомагати ворогові;
- порушення правил проїзду перехресть;
- порушення правил проїзду пішохідних переходів;
- наїзд на пішоходів у період «блекауту» (вимкнення вуличного освітлення з причин світломаскування й економії електроенергії);
- недотримання безпечної дистанції.

Ця статистика не враховує ДТП, які сталися під впливом чинників, викликаних власне бойовими діями, їх наслідками або підготовкою до них (наїзд на міни та боєприпаси, осколки й уламки, технічні несправності автомобілів внаслідок їх ураження зброєю тощо). Фактично, такі пригоди є комбінованими стохастичними факторами, суміжними з глобальним та загальним впливами.

## Висновки

Вплив глобальних стохастичних факторів на транспортну систему не може розглядатися узагальнено та враховуватися у вигляді одного певного коригувального коефіцієнту. Обов'язковим кроком для ефективного використання інформації у транспортному плануванні та керуванні роботою транспортної системи є структурування глобального стохастичного фактору, тобто побудова багаторівневої системи ієрархічних зв'язків з урахуванням взаємовпливу підсистем і компонентів, зовнішніх впливів на них, зворотних зв'язків при впровадженні протикризисових заходів.

Після структурування стає можливим адаптація фактору до надання в аналітично-обчислювальній системі у вигляді рівнянь з низкою коефіцієнтів, інших математичних або графічних апроксимацій, деталізованих моделей різного типу. На цьому етапі, окрім зв'язків і впливів системи, вкрай важливе врахування інформаційного середовища, в якому будуть впроваджуватися прийняті оперативні рішення.