

УДК 656.13

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.88-106](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.88-106)

О.Л. Ляшук¹, проф., д-р техн. наук, Д.В. Міронов¹, доц., канд. техн. наук, С.В. Лисенко², доц., канд. техн. наук, А.Б. Гупка¹, доц., канд. техн. наук, Ю.Д. Бодоряк³

¹ Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

² Центральнотернопільський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

³ Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, м. Тернопіль, Україна
e-mail: oleglashuk@ukr.net

Статистичний аналіз дорожньо-транспортних пригод у Тернопільській області та заходи щодо зниження аварійності

Проведено статистичний аналіз динаміки причин та наслідків дорожньо-транспортних пригод (ДТП) у Тернопільській області за останні п'ять років. Виявлено значне зростання кількості ДТП, що досягло 2547 випадків у 2023 році, з їх основними видами: зіткнення, наїзд на перешкоду, наїзд на транспортний засіб, що стоїть, та наїзд на пішохода.

Виявлено основні причини ДТП для регіону і їх вплив на травматизм осіб, а саме: порушення правил маневрування, перевищення швидкості, недотримання дистанції, керування у нетверезому стані та порушення правил проїзду перехресть.

Запропоновано стратегію зниження аварійності на автошляхах Тернопільської області, яка включає наступні заходи: впровадження штучних нерівностей, встановлення світлофорів із регульованими таймерами, додаткових дорожніх знаків, розмітки пішохідних переходів з підсвічуванням та використання камер спостереження для зниження аварійності.

Розроблено заходи, які сприятимуть підвищенню безпеки дорожнього руху, зменшенню кількості ДТП та їх тяжкості, а також зниженню економічних втрат, пов'язаних з дорожньо-транспортними пригодами.

дорожньо-транспортні пригоди, безпека дорожнього руху, причини ДТП, зниження аварійності, травматизм на дорогах, порушення ПДР, прогнозування ДТП

Постановка проблеми. Місто Тернопіль є одним з економічних, політичних і культурних центрів заходу України. Володіючи значними матеріальними, фінансовими та людськими ресурсами, місто має тісні зв'язки з іншими регіонами країни. Особливо активно ці взаємовідносини розвивалися з 2022 року, що призвело до значного збільшення транспортних потоків між Тернополем та іншими регіонами. Цей швидкий ріст автопарку спричинив серйозне збільшення інтенсивності дорожнього руху та навантаження на дорожньо-транспортну інфраструктуру міста, яка вже не відповідає сучасним потребам. Все це веде до зростання негативних наслідків транспортної діяльності, зокрема дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та супутніх їм матеріальних та людських втрат. Наразі в Тернополі зареєстрована велика кількість різноманітних засобів наземного транспорту і кожного дня в місті перебувають тисячі транспортних засобів з інших регіонів країни. Тому статистичне дослідження динаміки та структури ДТП та їх наслідків є вкрай важливим для підвищення ефективності та безпеки дорожнього руху, а також для розробки комплексу заходів щодо зменшення кількості ДТП і тяжкості їхніх наслідків.

Проблема аварійності на автотранспорті здобула особливої гостроти в останні

десятиліття через невідповідність наявної дорожньо-транспортної інфраструктури потребам суспільства та держави, неефективність системи забезпечення безпеки дорожнього руху та вкрай низьку дисципліну учасників дорожнього руху. Загалом за останні 5 років у Тернополі було скоєно 8870 ДТП [1], із них було скоєно 1957 ДТП з потерпілими в яких загинуло 294 особи і 2570 осіб було травмовано. Згідно з оцінками експертів Світового банку, Україна втрачає через ДТП 4,5 мільярди доларів щорічно, що еквівалентно приблизно 3,4% від її ВВП. Ці дані враховують як матеріальні витрати, пов'язані з пошкодженням майна, так і втрати продуктивності праці та людські втрати через травми або смерть внаслідок аварій. У 2016 році глава "Укравтодору" Славомир Новак зазначив, що економічні збитки України від ДТП становлять від 1,5 до 2,5% ВВП країни, що приблизно дорівнює 40 мільярдам гривень щорічно. Вирішення проблеми забезпечення безпеки дорожнього руху є одним з пріоритетних завдань розвитку країни, що пояснює актуальність теми даної роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичною базою дослідження стали результати аналізу стану аварійності на вулично-шляховій мережі Тернопільської області згідно даних патрульної поліції Тернопільської області, а також публікації, які присвячені дослідженню вітчизняного та міжнародного досвіду з питань якісного вирішення проблем зниження аварійності на автомобільних шляхах.

За даними звіту Міжнародної організації міграції (МОМ) [2] з початку повномасштабної війни в Тернопільській області проживало 786 тис. осіб. Напротязі 2022-2023 рр. максимальна чисельність осіб, що мігрували за кордон і повернулися склала 45 тис. Станом на кінець 2023 року максимальна фактична чисельність ВПО у Тернопільській області становила 84 тис. осіб. Таким чином, сумарна максимальна чисельність населення Тернопільської області на 2023 рік становила 894 тис. осіб.

Недостатньо розвинута дорожня мережа м. Тернополя та її невисока якість не були готові до швидкого збільшення кількості автотранспорту, що спричинило значні проблеми з розміщенням, технічним обслуговуванням та експлуатацією транспортних засобів. Ці фактори безпосередньо впливають на безпеку дорожнього руху та збільшують ризик дорожньо-транспортних пригод. Таке навантаження на інфраструктуру вимагає негайних заходів з модернізації та покращення дорожньої мережі, для зниження кількості ДТП та підвищення безпеки всіх учасників дорожнього руху.

Загальна довжина доріг у Тернопільській області складає 5,6 тисяч кілометрів [3], з яких 5,1 тисячі кілометрів мають тверде покриття. На кожну тисячу квадратних кілометрів території припадає в середньому 405 кілометрів автомобільних шляхів, з яких 358 кілометрів мають тверде покриття (для порівняння, в Україні ці показники становлять відповідно 270 і 247 кілометрів). Розподіл доріг за значенням наступний:

- державні дороги – 1394 км або 25%;
- місцеві дороги – 4152 км або 75%.

За видами покриття:

- асфальтобетонні – 1371 км або 25% від загальної довжини доріг;
- чорне шосе – 2373 км або 43%;
- білощобне шосе – 1385 км або 25%;
- бруківка – 78 км або 1%;
- ґрунтові дороги – 339 км або 6%.

В той же час за даними Головного управління статистики в Тернопільській області [4] вантажообіг різними видами транспорту у 2023 році склав 159,4 млн.ткм (що на 149,7% більше за аналогічний показник 2022 року), із них 52,9 млн.ткм припало на автомобільний транспорт (що на 108,8% більше за аналогічний показник 2022 року).

Щодо пасажирських перевезень, то у 2023 році пасажирообіг склав 95,4 млн.пас.км (що на 120,9% більше за аналогічний показник 2022 року). У розрізі типів транспорту пасажирообіг розподілився наступним чином: автомобільний – 49,1 млн.пас.км (на 116,9% більше за аналогічний показник 2022 року), тролейбусний – 1,5 млн.пас.км (на 105,1% більше за аналогічний показник 2022 року). Виходячи з цих статистичних даних, навантаження на вулично-шляхову мережу Тернопільської області зросло майже в два рази.

У зв'язку з цим статистичне дослідження динаміки та структури ДТП, виявлення причин та закономірностей їх виникнення має виняткове значення для покращення транспортної діяльності та підвищення рівня безпеки його функціонування. Такий аналіз дозволяє розробити ефективні стратегії зниження аварійності та забезпечити більш безпечні умови на дорогах.

Основними видами пасажирського транспорту в Тернопільській області є автобуси і тролейбуси (в прив'язці до м. Тернопіль) [4]. Автобусні маршрути охоплюють всю область, і ними курсує понад 2,5 тисячі автобусів і мікроавтобусів. У Тернополі функціонує міський електротранспорт. Довжина тролейбусних маршрутів становить 70 кілометрів, і в місті працює в середньому 50 тролейбусів. Серед тролейбусів, що використовуються, є моделі таких виробників, як Skoda, ЮМЗ та ЛАЗ.

Розвиток автотранспорту в Тернополі в останні роки характеризується двома тенденціями. З одного боку, відбувається значне зменшення частки державного транспорту на користь приватного та особистого, з іншого боку — процес роздрібнення автопарків у результаті їх приватизації. Ці зміни негативно впливають на безпеку дорожнього руху, збільшуючи число дорожньо-транспортних пригод та тяжкість їх наслідків. На дорогах Тернополя спостерігається зростання кількості некваліфікованих водіїв-аматорів, що є однією з основних причин аварій. Додатково, відсутність достовірної інформації про технічний стан особистих та приватних транспортних засобів, середній термін їхньої експлуатації та рівень підготовки водіїв створюють певні труднощі при статистичному аналізі ДТП та їх наслідків.

Безпека дорожнього руху є комплексною категорією, що включає:

- а) відсутність аварійності дорожнього транспорту;
- б) мінімізацію (або відсутність) дорожньо-транспортних пригод;
- в) підвищення екологічної безпеки дорожнього руху.

Дорожньо-транспортна пригода [5] — це подія, що виникає під час руху транспортного засобу на дорозі та з його участю, яка призводить до загибелі або поранення людей, пошкодження транспортних засобів, вантажів чи завдає іншої матеріальної шкоди. Учасниками ДТП є водії, пасажирів та пішоходи. Окрім показників динаміки та структури ДТП, значущими є абсолютні та відносні показники тяжкості ДТП. Абсолютні показники включають кількість загиблих та поранених у ДТП. До відносних показників належить коефіцієнт тяжкості ДТП (співвідношення кількості постраждалих до кількості ДТП з постраждалими), коефіцієнт смертності в ДТП (співвідношення кількості загиблих до кількості ДТП з постраждалими), загальний коефіцієнт тяжкості ДТП (співвідношення кількості постраждалих до кількості зареєстрованих ДТП) [6].

Постановка завдання. Метою даної роботи є дослідження аварійності та основних причин виникнення ДТП у Тернопільській області та розробка методики вибору комплексів і заходів з підвищення безпеки дорожнього руху.

Виклад основного матеріалу. Основною причиною дорожньо-транспортних пригод є порушення правил дорожнього руху (ПДР). Динаміка загальної кількості

порушень ПДР у м. Тернопіль [1], а також порушень з вини водіїв та пішоходів, представлена у таблиці 1 та на рис. 1.

Таблиця 1 – Динаміка дорожньо-транспортних пригод та їх наслідків

Рік	ДТП	ДТП з потерпілими	Загинуло	Травмовано
2019	1245	268	52	361
2020	1271	262	33	323
2021	1509	323	37	427
2022	2298	541	96	742
2023	2547	563	76	717

Джерело: розроблено автором

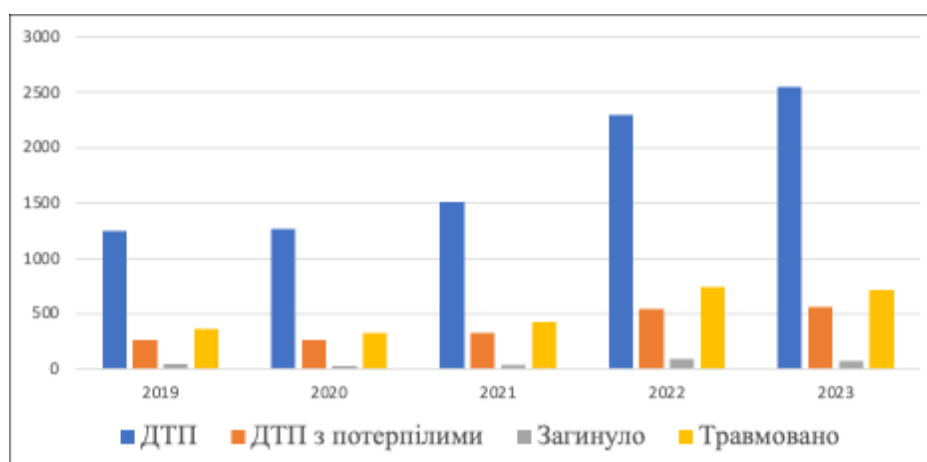


Рисунок 1 – Динаміка дорожньо-транспортних пригод та їх наслідків

Джерело: розроблено автором

Згідно з даними, внесеними до підсистеми «ДТП» ШНІ, за період з січня по грудень 2023 року на вулично-дорожній мережі Тернопільської області було зареєстровано 2547 дорожньо-транспортних пригод (ДТП), що на 11% більше порівняно з аналогічним періодом минулого року (2022 рік – 2298 ДТП).

Водії у 2023 році скоїли близько 69 % порушень ПДР. При цьому основними причинами порушень правил дорожнього руху залишаються:

- зіткнення 1274 ДТП
- наїзд на транспортний засіб, що стоїть 413 ДТП
- наїзд на перешкоду – 486 ДТП
- наїзд на пішохода – 199 ДТП
- перекидання ТЗ – 99 ДТП
- наїзд на велосипедиста – 31 ДТП
- падіння вантажів – 9 ДТП
- падіння пасажирів – 11 ДТП
- наїзд на тварин – 23 ДТП
- наїзд на гужовий транспорт – 1 ДТП

Очевидно, що основні види порушень ПДР пішоходами та водіями є основними причинами скоєння ДТП і визначають тяжкість їх наслідків.

Основним показником безпеки дорожнього руху є структура і динаміка кількості ДТП з потерпілими та їх наслідки. За аналізований період було зареєстровано 563 ДТП з постраждалими (табл. 1), що на 4% більше у порівнянні з аналогічним періодом минулого року (2022 рік - 541ДТП). З початку року у ДТП загинуло 76 осіб, що на 21% менше ніж за аналогічний період минулого року (2022 рік - 96 осіб загинуло). За січень-грудень 2023 року в ДТП травмовано 717 осіб, за аналогічний період 2022 року травмовано 742 особи.

Для характеристики структури ДТП з постраждалими у дослідженні широко використовувалися групування ДТП за різними ознаками [7]:

- а) за приналежністю автотранспорту юридичним та фізичним особам;
- б) за місцем реєстрації автотранспортних засобів;
- в) розподіл кількості постраждалих за категоріями учасників руху з виділенням водіїв, пасажирів та пішоходів;
- г) розподіл кількості ДТП за виною учасників руху (водії та пішоходи);
- д) за видами ДТП (зіткнення, перекидання, наїзд на перешкоду, стоячий транспорт, на пішохода, на велосипедиста чи мотоцикліста, на тягловий транспорт; інші причини ДТП);
- е) структура ДТП за виною водія та їхніми видами;
- ж) структура ДТП за виною пішоходів та їхніми видами.

На основі цих групувань була складена таблиця 2, що характеризує залежність травматизму від видів ДТП, які його спричиняють.

Таблиця 2 – Динаміка дорожньо-транспортних пригод та їх наслідків

Вид ДТП	Усього ДТП	ДТП з постраждалими	Загинуло осіб	Травмовано осіб
зіткнення	1274	233	25	364
наїзд на транспортний засіб, що стоїть	413	7	1	12
наїзд на перешкоду	486	67	6	86
наїзд на пішохода	199	177	26	160
перекидання ТЗ	99	43	14	61
наїзд на велосипедиста	31	26	3	24
падіння вантажів	9	0	0	0
падіння пасажира	11	9	1	8
наїзд на тварин	23	0	0	0
наїзд на гужовий транспорт	1	1	0	2
ЗАГАЛОМ	2546	563	76	717

Джерело: розроблено автором

На основі даних табл. 2 можна зробити висновки як про структуру ДТП, так і про причини, що спричиняють ДТП з вини водіїв. Найпоширенішими видами автопригод є: зіткнення (50%), наїзд на перешкоду (19%), наїзд на транспортний засіб, що стоїть (16%), та наїзд на пішохода (8%), що загалом складає близько 95% від усіх дорожньо-транспортних пригод.

Найбільша кількість смертей відбувається при таких видах автопригод:

- наїзд на пішохода (34%);
- зіткнення ТЗ (33%).

Щодо травматизму, найбільш значущими є:

- зіткнення (50%);
- наїзд на пішохода (22%);
- наїзд на перешкоду (12%).

Для оцінки видів ДТП, які найбільше впливають на безпеку руху автошляхами Тернопільської області за даними табл. 2 побудовано діаграми Парето [8] для загальної кількості ДТП, ДТП з постраждалими, ДТП у результаті яких загинули та травмувались особи, які представлені на рис. 2-5.

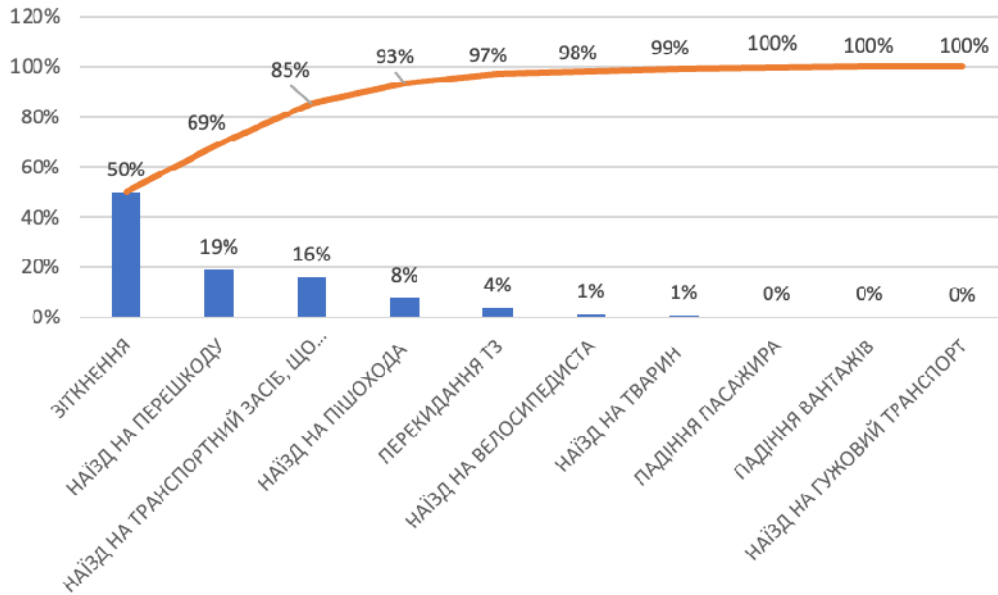


Рисунок 2 – Діаграма Парето для загальної кількості ДТП

Джерело: розроблено автором

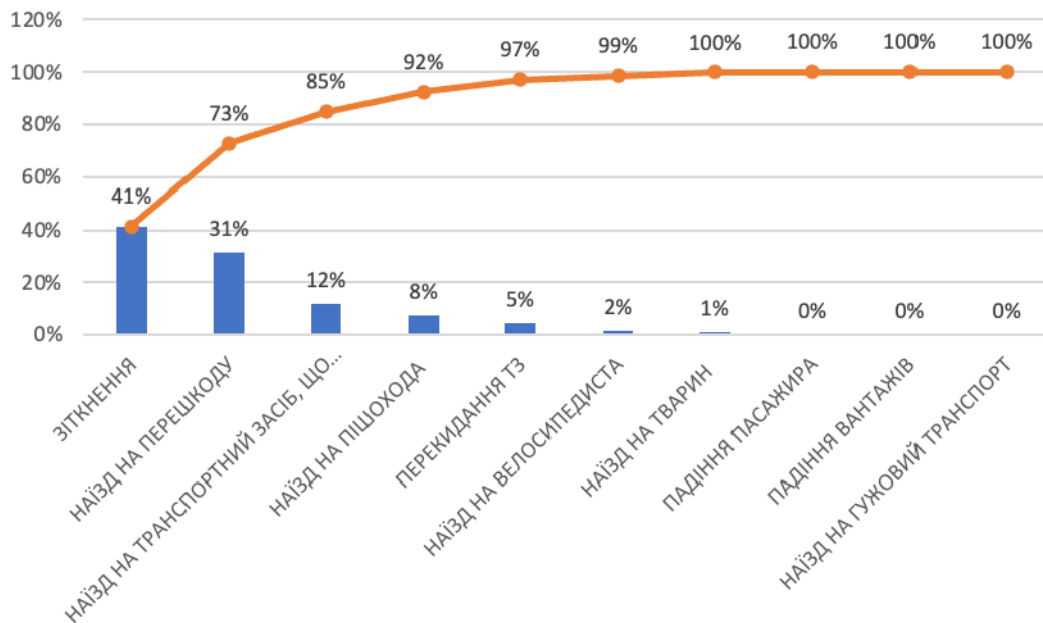


Рисунок 3 – Діаграма Парето для ДТП з постраждалими

Джерело: розроблено автором

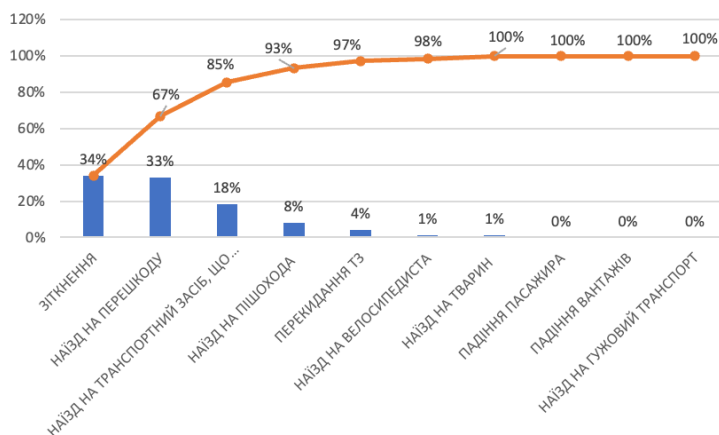


Рисунок 4 – Діаграма Парето для ДТП з загиблими особами

Джерело: розроблено автором

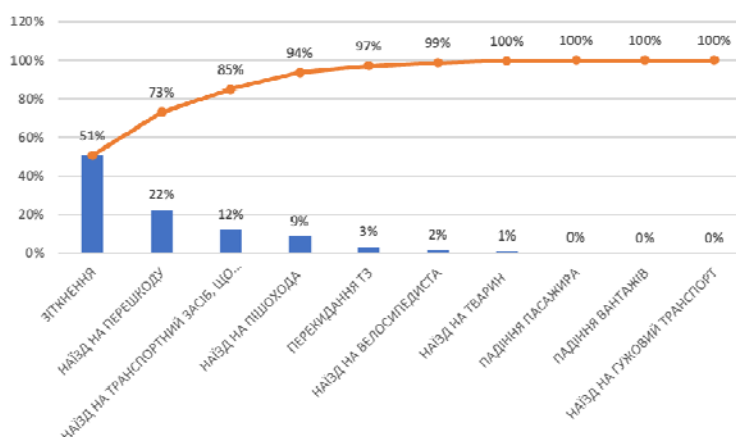


Рисунок 5 – Діаграма Парето для ДТП з травмованими особами

Джерело: розроблено автором

Аналіз діаграм показує наступне:

- превалююча частина ДТП виникла з причин зіткнення (50%), наїзд на перешкоду (19%) та наїзд на транспортний засіб, що стоїть (16%);
- основною причиною ДТП є зіткнення, внаслідок якого в 2023 році було скоєно 50% всіх транспортних пригод;
- зіткнення (41%), наїзд на перешкоду (31%) та наїзд на транспортний засіб, що стоїть (12%) були основними видами ДТП, в яких було зафіксовано постраждалих у 2023 році;
- головними видами ДТП, в яких фіксувалась загибель людей, є зіткнення (34%), наїзд на перешкоду (33%) та наїзд на транспортний засіб, що стоїть (18%). В цьому випадку доля загиблих в результаті зіткнень та наїздів складає сумарно 60% від загальної кількості видів ДТП;
- зіткнення (51%), наїзд на перешкоду (22%) та наїзд на транспортний засіб, що стоїть (12%) також були основними видами ДТП, в результаті яких були травмовані люди. Причому зіткнення є причиною половини від всієї кількості транспортних пригод з травмуванням осіб.

Додатково було проведено аналіз розподілу ДТП за причинами їх виникнення (табл. 3).

Таблиця 3 – Розподіл ДТП за причинами виникнення

Причина виникнення	Загальна кількість ДТП	ДТП з постраждалими	Загинуло осіб	Травмовано осіб
порушення правил маневрування	537	78	6	110
перевищення безпечної швидкості	335	89	14	144
недодержання дистанції	214	17	0	29
порушення правил проїзду перехресть	85	16	0	16
керування транспортним засобом у нетверезому стані	116	24	0	12
порушення правил надання безперешкодного проїзду	31	6	0	8
виїзд на смугу зустрічного руху	54	24	6	33
порушення правил проїзду пішохідних переходів	31	31	2	32
перевищення встановленої швидкості	5	2	0	6
невиконання вимог сигналів регулювання	4	1	0	1
перехід у невстановленому місці	15	15	3	15
порушення правил зупинки і стоянки транспортного засобу	8	1	0	1
порушення правил обгону	20	7	1	11
неочікуваний вихід на проїзну частину	7	7	5	2
порушення правил утримання автодоріг та вулиць	31	0	0	0
управління несправним транспортним засобом	4	0	0	0
порушення правил проїзду залізничних переїздів	1	0	0	0
порушення правил перевезення вантажів	5	0	0	0
пішохід у нетверезому стані	0	0	0	0
перевтома, сон за кермом	0	0	0	0
порушення правил перевезення пасажирів	3	3	0	6
пішоходи невиконання вимог сигналів регулювання	0	0	0	0
порушення правил користування освітлювальними приладами	0	0	0	0
порушення техніки безпеки пасажиром	3	2	0	2

Продовження таблиці 3

порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту	0	0	0	0
порушення правил проїзду великогабаритних та великовагових ТЗ	0	0	0	0
порушення правил буксирування	0	0	0	0
порушення вимог ПДР погоничем тварин	0	0	0	0
ЗАГАЛОМ	1509	323	37	427

Джерело: розроблено автором

Для оцінки причин виникнення ДТП, які найбільше впливають на безпеку руху автошляхами Тернопільської області за даними табл. 2 побудовано діаграми Парето для загальної кількості ДТП, ДТП з постраждалими, ДТП у результаті яких загинули та травмувались особи, які представлені на рис. 6-9.

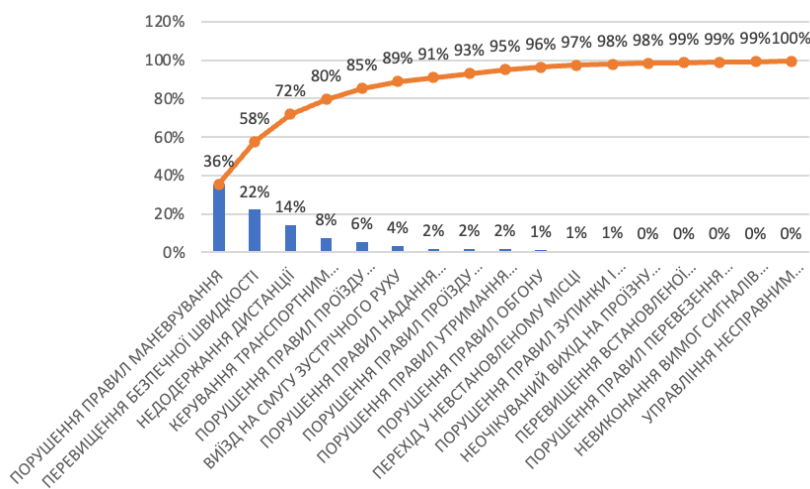


Рисунок 6 – Діаграма Парето причин виникнення для загальної кількості ДТП

Джерело: розроблено автором

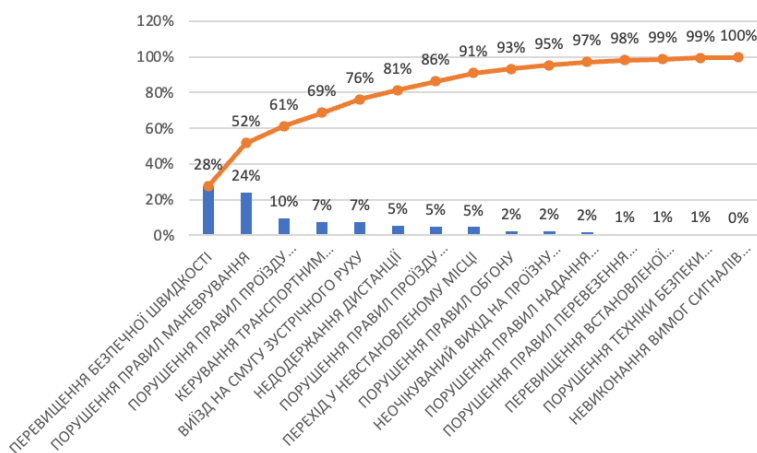


Рисунок 7 – Діаграма Парето причин виникнення для ДТП з постраждалими

Джерело: розроблено автором

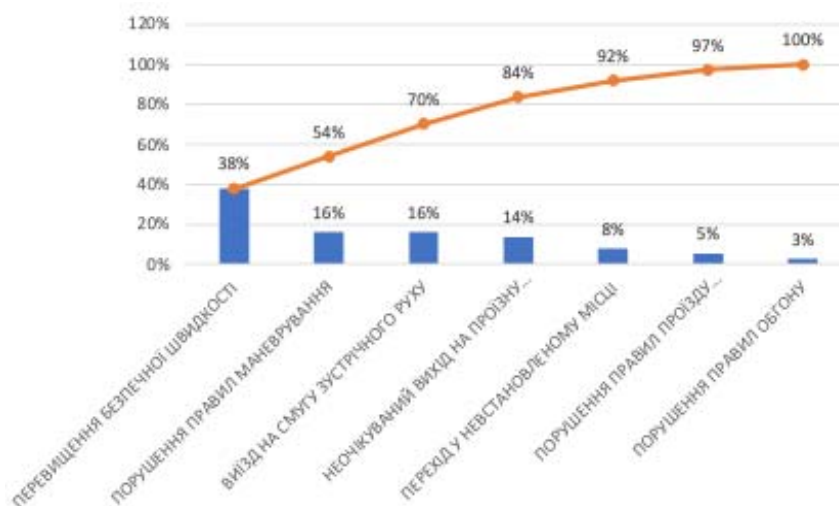


Рисунок 8 – Діаграма Парето причин виникнення для ДТП з загиблими особами
Джерело: розроблено автором

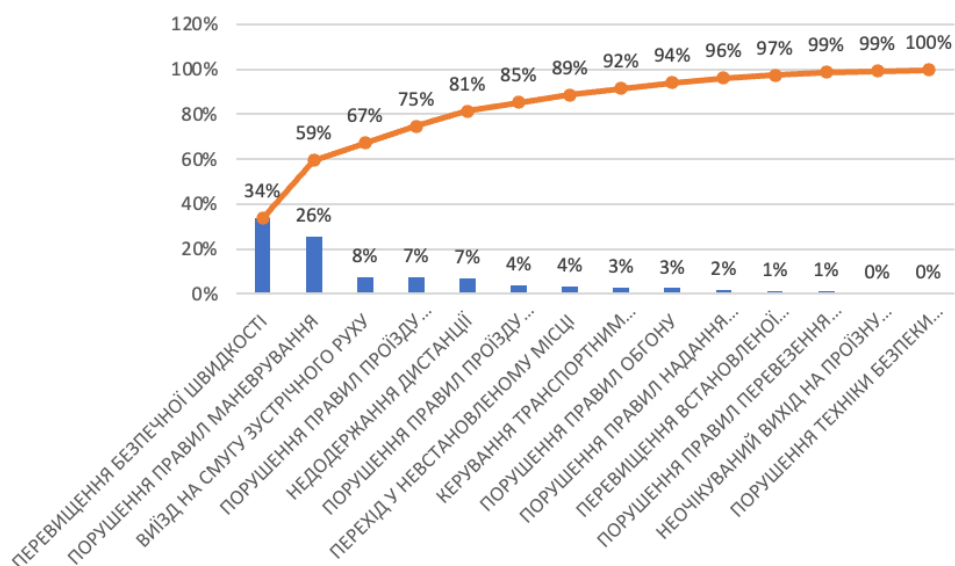


Рисунок 9 – Діаграма Парето причин виникнення для ДТП з травмованими особами
Джерело: розроблено автором

Згідно діаграм можна визначити наступне:

- основними причинами автопригод, які сталися протягом звітного періоду, є порушення правил маневрування – 1032 автопригоди (40% від усіх ДТП), перевищення безпечної швидкості – 593 ДТП (23%), недодержання дистанції – 261 ДТП (10%), керування транспортним засобом у нетверезому стані – 166 ДТП (7%), порушення правил проїзду перехресть – 123 ДТП (5%), та порушення правил проїзду пішохідних переходів – 63 ДТП (3%).

- найбільш поширеними причинами автопригод з постраждалими протягом звітного періоду є: перевищення безпечної швидкості – 163 автопригоди (29%), порушення правил маневрування – 147 ДТП (26% від усіх ДТП із постраждалими), порушення правил проїзду пішохідних переходів – 58 ДТП (10%), виїзд на смугу зустрічного руху – 30 ДТП (5%), та перехід у невстановленому місці – 10 ДТП (2%), що загалом становить 70% усіх ДТП з постраждалими.

Структура ДТП з вини пішоходів значно відрізняється від структури ДТП з вини водіїв. Згідно з аналізом, 31% ДТП з постраждалими з усієї кількості ДТП з постраждалими відбуваються за участю пішоходів і є одним із видів ДТП, у яких травмується значна кількість осіб. За звітний період 2023 року, відповідно до Інформаційно-комунікаційної системи Інформаційного порталу Національної поліції України (ІКС ПНП), на території Тернопільської області було зареєстровано 183 ДТП за участю пішоходів, що становить 8% від загальної кількості ДТП (2314 ДТП).

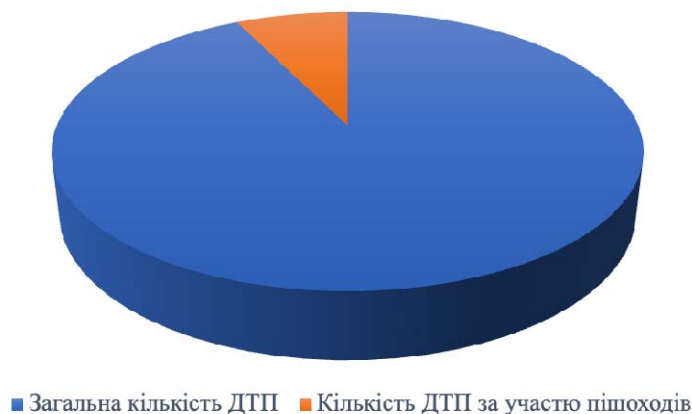


Рисунок 10 – Співвідношення загальної кількості ДТП та ДТП за участю пішоходів
Джерело: розроблено автором

Протягом зазначеного періоду сталося 165 ДТП з постраждалими за участю пішоходів, що складає 31% від загальної кількості ДТП з постраждалими (всього 526 ДТП). У цих пригодах загинули 22 особи та отримали травми 152 особи.



Рисунок 11 – Співвідношення загальної кількості ДТП з постраждалими та ДТП з постраждалими за участю пішоходів
Джерело: розроблено автором

Для вивчення сезонності дорожньо-транспортних пригод у роботі надано аналіз сезонності за днями тижня та часом доби. Що стосується розподілу ДТП за днями тижня, то тут також встановлена певна закономірність (рис. 12).

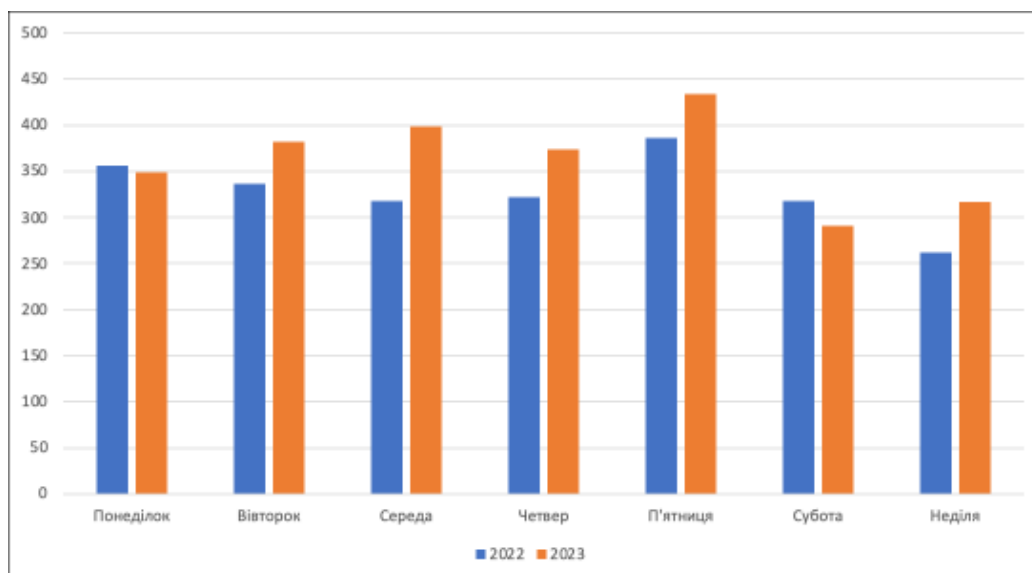


Рисунок 12 – ДТП по днях у порівнянні з попереднім періодом

Джерело: розроблено автором

У робочі дні (вівторок, середа, четвер та п'ятниця) кількість ДТП приблизно однакова — 380-430 пригод. У середу та п'ятницю відбувається найбільша кількість ДТП (33% від загальної кількості), а на суботу та неділю припадає мінімальна кількість ДТП (11%). Така динаміка пояснюється тим, що у робочі дні транспортні потоки стабільні, а у суботу та неділю люди відпочивають.

За аналізований період найбільше ДТП з постраждалими відбулося у вівторок, середу та п'ятницю – 49% від усіх ДТП з постраждалими за вказані дні тижня (рис. 13).

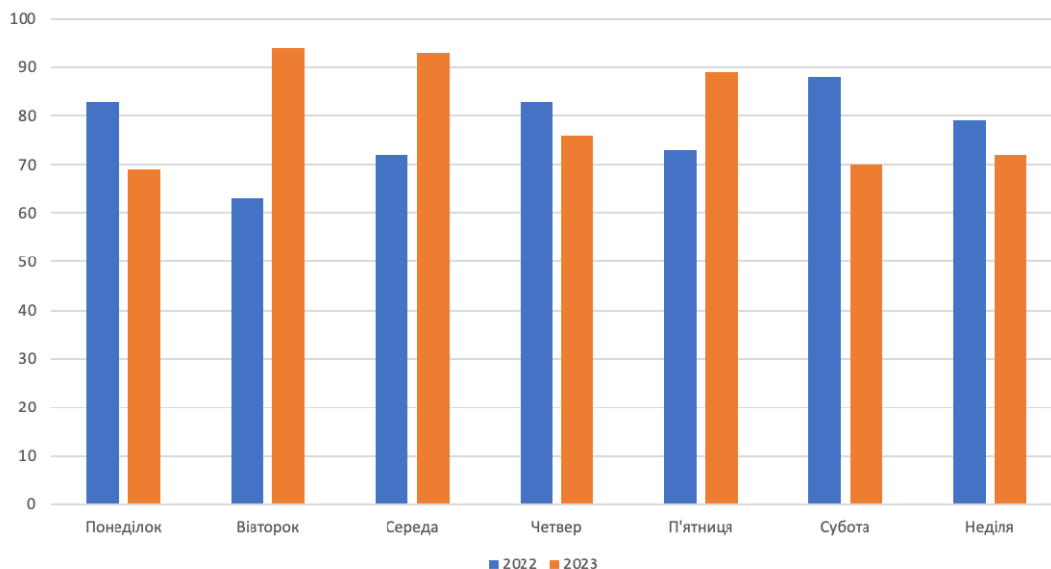


Рисунок 13 – ДТП з постраждалими по днях у порівнянні з попереднім періодом

Джерело: розроблено автором

Важливим фактором, що визначає кількість ДТП та ступінь їх тяжкості, є час доби, протягом якого відбуваються ДТП. Для статистичного вивчення впливу цього фактора на кількість ДТП та ступінь їх тяжкості ми використали одногодні інтервали (рис. 14).

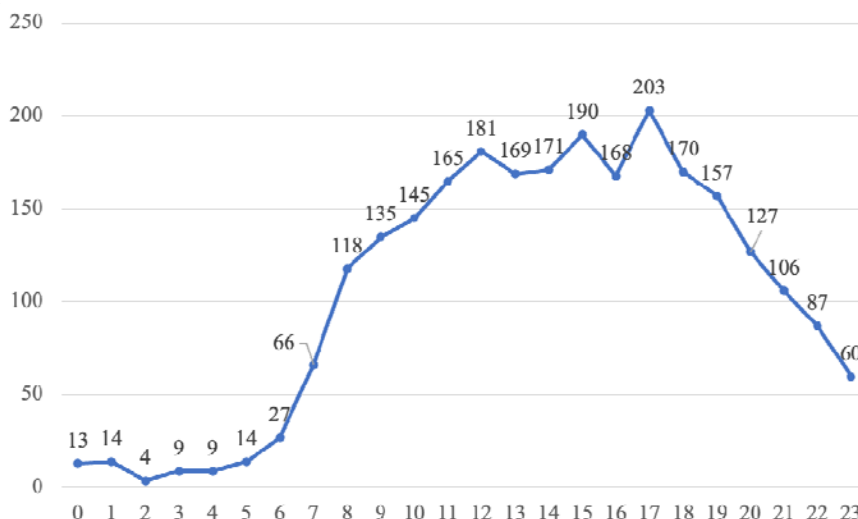


Рисунок 14 – Загальна кількість ДТП за часом

Джерело: розроблено автором

Аналізуючи кількість ДТП за часом їх скоєння, варто відзначити, що пік аварійності припадає на 12, 15 та 17 години, коли було скоєно 23% від усіх ДТП. Найменша кількість ДТП припадає на період з 0 до 6 годин ранку (близько 2%). Потім настає ранковий пік: з 6 до 8 годин кількість ДТП зростає в 5 разів у порівнянні з періодом 4-6 годин; з 8 до 10 годин кількість ДТП збільшується на половину порівняно з періодом від 6 до 8 годин. Далі кількість ДТП плавно зростає і досягає максимуму під час вечірнього піку (з 16 до 19 годин), коли відбувається понад 40% усіх ДТП.

Інша закономірність полягає в тому, що ступінь тяжкості ДТП, скоєних у вечірній піковий час, значно вища, ніж у ДТП, скоєних у денний та ранковий час. Зокрема, коефіцієнт смертності в ДТП, які сталися з 16 до 18 годин дня, становить близько 0,27, а в ДТП, які сталися з 0 до 6 годин – близько 0,07 - 0,075, тобто в 3,5 рази нижче (рис. 15).

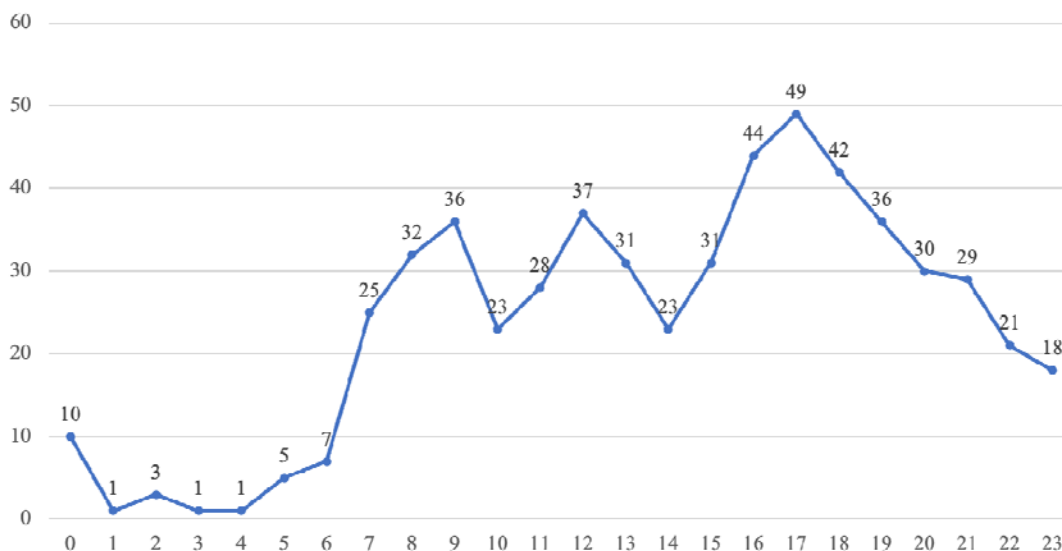


Рисунок 15 – Загальна кількість ДТП з постраждалими за часом

Джерело: розроблено автором

Існує ряд профілактичних заходів, які застосовуються для запобігання ДТП та зниження ступеня їх тяжкості [9]. Ці заходи включають різноманітний спектр організаційних, технічних, матеріальних та фінансових методів, спрямованих на запобігання ДТП:

- робота з персоналом автогосподарств;
- контроль за станом дорожньо-транспортної інфраструктури;
- застосування адміністративних заходів до водіїв, які порушили правила дорожнього руху (попередження, штраф, позбавлення права керування транспортом, передача справи до суду);
- застосування адміністративних заходів до пішоходів, які порушили ПДР (попередження, штраф, передача справи до суду).

Виходячи з проведеного дослідження, можна зробити висновок, що існуючі методи забезпечення безпеки дорожнього руху (БДР) є неадекватними до сучасних економічних умов і потребують суттєвих змін. На сучасному етапі розвитку транспортної інфраструктури України, удосконалення системи контролю за дотриманням правил дорожнього руху (ПДР) є однією з основних задач підвищення безпеки на дорогах та зменшення кількості ДТП.

Нездатність традиційної системи організації безпеки ефективно і надійно запобігати ДТП потребує застосування нових підходів. Для вирішення цієї проблеми необхідний вибір та застосування сучасних стратегій та методів управління безпекою дорожнього руху на протязі всього строку служби транспортної інфраструктури з урахуванням різних режимів її функціонування [10].

На практиці часто трапляються помилки у виборі заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху. Це пов'язано з тим, що багато заходів приймаються на основі аналізу великої кількості ДТП. Для досягнення максимальної ефективності існує багато моделей розподілу коштів на заходи з безпеки дорожнього руху. Однак на практиці теоретичні концепції оптимальності повинні бути доповнені методиками розробки альтернативних заходів [11]. Щоб вирішити ситуацію в області створення системи підвищення безпеки дорожнього руху в міських зонах високої аварійності, необхідно:

- Розробити метод прогнозування аварійності на конфліктних об'єктах, придатний для отримання точних прогнозів як на діючому об'єкті, так і на стадії його проектування.
- Розробити методики прогнозування аварійності для основних типових конфліктів «транспорт – транспорт» і «транспорт – пішохід», які мають місце на регульованих перехрестях.
- Розробити методику розрахунку аварійних втрат.
- Розробити методику вибору та оптимізації прийнятих рішень з організації дорожнього руху на основі розробленої методики розрахунку аварійних втрат і вже існуючих методик розрахунку економічних та екологічних втрат.
- Для впровадження розроблених методів і методик прогнозування аварійності, а також методик розрахунку втрат і оптимізації прийнятих рішень створити комплекс комп'ютерних програм, доступних інженерам з організації дорожнього руху.
- Для контрольної перевірки адекватності ефективності впроваджених заходів на реальних об'єктах модифікувати існуючий метод прогнозування аварійності у конфліктних ситуаціях, щоб підвищити точність прогнозу і зробити його прийнятним для практичного використання в організації дорожнього руху.

Аналіз заходів з підвищення безпеки дорожнього руху (БДР) у місцях концентрації ДТП показує, що найчастіше застосовуються каналізація перехресть і встановлення попереджувальних та інформаційних дорожніх знаків [12]. На їхню частку припадає 38,2% усіх проведених заходів. Хоча ці заходи є найбільш доступними, вони також є одними з найефективніших. При порівнянні заходів з урахуванням їх вартості помітно, що в тих осередках аварійності, де проблему не можна вирішити "дешевими" заходами, доводиться використовувати більш дорогі заходи, такі як будівництво світлофорних об'єктів, підземних пішохідних переходів, перепланування ділянок дороги, створення штучних нерівностей. Зменшення аварійності на дорогах планується здійснити двома способами: створенням штучних нерівностей та впровадженням світлофорного регулювання.

До першого способу належать дві методики – психологічне та фізичне примушення до зниження швидкості руху [13]. Психологічне примушення включає різні засоби, що створюють у водія психологічну потребу зниження швидкості: ефект звуження або викривлення смуги руху; ефект переривання траєкторії руху; частіше мерехтіння спеціальної розмітки; «вузькі ворота»; шумові смуги з наростаючою частотою звукового впливу тощо. До фізичного примушення належать різноманітні пристрої, що викликають фізичну потребу зниження швидкості під загрозою аварії або поломки автомобіля. Це, наприклад, кільцеві перехрестя з малим діаметром центрального острівця; фізичне звуження або викривлення смуги руху; підняті над проїжджою частиною пішохідні переходи; поперечні заглиблення (канави) на проїжджій частині і, нарешті, виступаючі перешкоди (штучні нерівності) різних конструкцій і розмірів. Останні виявилися дешевими і легко пристосовуваними до різних умов, тому отримали найбільше поширення.

Світлофорне регулювання на регульованих перехрестях поділяється на два основні класи – локальне та системне [13]. Локальне регулювання застосовується на окремому перехресті, управління яким не погоджено з управлінням на сусідніх перехрестях. Зазвичай це застосовується, коли перехрестя розташовані на значній відстані (понад 800 м) один від одного і робота одного з них не впливає на роботу інших перехресть. Системне (координоване) регулювання передбачає погоджене управління кількома сусідніми об'єктами, розташованими вздовж однієї вулиці (магістральне), або на кількох, можливо, перехрещених вулицях (мережеве). У містах, особливо великих, зазвичай застосовується координоване регулювання. Як видно з викладеного, вибір параметрів світлофорного циклу на регульованому перехресті, особливо завантаженому, є надзвичайно складним завданням і повністю залежить від досвіду інженера. Оскільки сьогодні відсутні ефективні методики оцінки якості організації дорожнього руху та оптимізації прийнятих рішень, можна стверджувати, що організація руху на регульованих перехрестях далеко не оптимальна. Це є основною причиною неприпустимо високих втрат усіх видів, включаючи аварійні.

З урахуванням викладеного рекомендується обрати штучні нерівності другим (після регульованого перехрестя) методом зниження аварійності на дорогах Тернопільської області та розробити для нього комплексну методику оцінки ефективності застосування. Для цього необхідно розробити методику:

- прогнозування аварійності за статистичним методом для попереднього вибору рішень;
- прогнозування аварійності за методом конфліктних зон для оцінки та оптимізації прийнятих рішень;
- розрахунку аварійних, економічних та екологічних втрат для оцінки соціально-економічної ефективності та оптимізації прийнятих рішень.

Розроблена методика дасть можливість здійснювати дві стратегії вибору комплексів заходів з підвищення безпеки дорожнього руху (БДР): максимізувати зниження шкоди від ДТП при фіксованому виділенні коштів на проведення заходів з підвищення БДР та мінімізувати вкладення грошових коштів для зниження шкоди від ДТП. Нижче наведено деякі приклади комплексів заходів з підвищення БДР, які можуть бути реалізовані за рахунок:

- зменшення швидкості руху за допомогою "спокійних вулиць": встановлення штучних нерівностей, вузьких доріжок та інших фізичних бар'єрів для зниження максимальної можливої швидкості транспорту.

- використання світлофорів із регульованими таймерами: налаштування світлофорів таким чином, щоб мінімізувати ризик аварій, зокрема через зміну інтервалів світлових сигналів під час піків трафіку.

- введення дорожніх знаків зі зниженою швидкістю: встановлення дорожніх знаків, які інформують водіїв про зони з низькою швидкістю у місцях з високою аварійністю.

- розмітка пішохідних переходів: застосування високовидимої розмітки для пішохідних переходів та підсвічування їх у нічний час для покращення безпеки пішоходів.

- установка камер спостереження: використання камер відеоспостереження для моніторингу дотримання правил дорожнього руху і виявлення порушників.

Впровадження запропонованих стратегій безпеки дорожнього руху дозволить: підвищити безпеку дорожньої інфраструктури і зменшити кількість ДТП в цілому; скоротити витрати на усунення наслідків аварій за рахунок аналізу ризиків; зменшити кількість аварій завдяки відмові від непотрібних заходів та зосередженню на ефективних рішеннях; скоротити час реагування на аварійні ситуації за рахунок детального планування заходів безпеки; оптимізувати графік впровадження заходів безпеки та поєднати різні види робіт для зменшення планових витрат; скоротити витрати на придбання необхідних матеріалів завдяки детальному плануванню; знизити витрати на підрядні роботи за рахунок детального планування.

Впровадження прогресивних систем та методів підвищення безпеки дорожнього руху, як правило, первинно витратне, але в подальшому використання запропонованих концепцій дозволить значно зменшити кількість ДТП, підвищити безпеку на дорогах, знизити ризики травматизму та загибелі учасників дорожнього руху, зменшити витрати на усунення наслідків аварій, знизити ризики збитків тощо.

Висновки.

1. Протягом останніх п'яти років кількість ДТП в Тернопільській області значно зросла, досягнувши 2547 випадків у 2023 році, що на 11% більше порівняно з 2022 роком. Основні види ДТП включають зіткнення (50%), наїзд на перешкоду (19%), наїзд на транспортний засіб, що стоїть (16%) та наїзд на пішохода (8%). Найбільше смертей трапляється при наїздах на пішоходів (34%) та зіткненнях транспортних засобів (33%). Аналіз часу доби показав, що найбільша кількість ДТП припадає на період з 16 до 19 годин, коли відбувається понад 40% усіх аварій. Основні причини аварій включають порушення правил маневрування (40% усіх ДТП), перевищення безпечної швидкості (23%), недотримання дистанції (10%), керування транспортним засобом у нетверезому стані (7%) та порушення правил проїзду перехресть (5%).

2. Для зниження рівня аварійності на автошляхах Тернопільської області необхідно розробити та впровадити методики прогнозування аварійності за статистичним методом і методом конфліктних зон, а також методику розрахунку аварійних, економічних та екологічних втрат для оцінки ефективності заходів.

Створення комп'ютерних програм для інженерів з організації дорожнього руху дозволить підвищити точність прогнозування та оптимізації прийнятих рішень. Встановлення світлофорів із регульованими таймерами та додаткових дорожніх знаків у місцях з високою аварійністю, розмітка пішохідних переходів з високою видимістю та підсвічуванням у нічний час, використання камер спостереження для моніторингу дотримання правил дорожнього руху та виявлення порушників також дозволить значно знизити аварійність на автодорогах області.

3. Впровадження прогресивних систем та методів підвищення безпеки дорожнього руху дозволить значно зменшити кількість ДТП, підвищити безпеку на дорогах, знизити ризики травматизму та загибелі учасників дорожнього руху. Додаткові заходи включають роботу з персоналом автогосподарств, контроль за станом дорожньо-транспортної інфраструктури, застосування адміністративних заходів до водіїв та пішоходів, які порушують ПДР. Впровадження зазначених заходів підвищить безпеку дорожнього руху в Тернопільській області, зменшить кількість ДТП та їх тяжкість, а також сприятиме зниженню економічних втрат, пов'язаних з дорожньо-транспортними пригодами.

Список літератури

1. Статистика ДТП в Україні. *Патрульна поліція України*. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення: 01.07.2024).
2. Оперативний звіт: демографічна статистика та географічний розподіл — опитування загального населення. *Global Data Institute*. URL: <https://dtm.iom.int/reports/operativniy-zvit-demografichna-statistika-ta-geografichniy-rozpodil-opituvannya-zagalnogo> (дата звернення: 01.07.2024).
3. Перелік автомобільних доріг Тернопільської області. *Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України*. URL: https://te.restoration.gov.ua/vodiiam_ta_pereviznykam/perelik_avtomobilnykh_dorih_ternopilskoi_oblasti.html (дата звернення: 01.07.2024).
4. Статистична інформація у категорії Транспорт. *Головне управління статистики у Тернопільській області*. URL: <https://www.te.ukrstat.gov.ua/statinfoTZ.html> (дата звернення: 01.07.2024).
5. Про Правила дорожнього руху: Постанова Кабінету Міністрів України від 10 жовт. 2001 р. № 1306. *Відомості Верховної Ради України*. 2001. № 41. Ст. 1852.
6. Aulin V., Rogovskii I., Lyashuk O., et. al. Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. №1(3(127)). P. 37–46.
7. Скрипа Є.В. Щодо проблеми визначення поняття «дорожній рух». *Підприємництво, господарство і право*. 2019. № 2. С. 115–118.
8. Thomas Pyzdek. Pareto Analysis. *Management for Professionals: The Lean Healthcare Handbook*. 2021. №2(14). P. 157-164.
9. Салманова О.Ю. Адміністративно-правові засоби забезпечення міліцією безпеки дорожнього руху : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.07. Харків, 2002. 225 с.
10. Russo F., Vitetta A. Risk evaluation in a transportation system. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 2006. №1(2). P. 170–191.
11. Evans, A.W. Estimating transport fatality risk from accident data. *Accident Analysis*. 2003. №35. P. 459–472.
12. Ye F., Lord D. Investigation of effects of underreporting crash data on three commonly used traffic crash severity models: multinomial logit, ordered probit, and mixed logit. *Transp Res Rec: Journal of the Transportation Research Board*. 2011. №2241(1). P. 51-58.
13. Микитюк М.А. Владні повноваження Державної автомобільної інспекції Міністерства внутрішніх справ України: проблеми теорії та практики реалізації у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху : дис. ... канд. юрид. наук: 12.00.07. Київ, 2007. 208 с.

References

1. Statystyka DTP v Ukraini. Patrol'na politsiia Ukrainy [Statistics of Road Traffic Accidents in Ukraine. Patrol Police of Ukraine]. Retrieved from: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> [in Ukrainian].
2. Operativnyj zvit: demografichna statystyka ta heohrafichnyj rozpodil — opytuvannya zahal'noho naseleння [Operational Report: Demographic Statistics and Geographical Distribution — General

- Population Survey]. Global Data Institute. Retrieved from: <https://dtm.iom.int/reports/operativniy-zvit-demografichna-statistika-ta-geografichniy-rozpodil-opituvannya-zagalnogo> (Last accessed: 01.07.2024) [in Ukrainian].
3. Perelik avtomobil'nykh dorih Ternopil's'koi oblasti. [List of Highways in the Ternopil Region]. *Derzhavne ahentstvo vidnovlennia ta ro-zvytku infrastruktury Ukrainy - State Agency for Restoration and Development of Infrastructure of Ukraine*. Retrieved from: https://te.restoration.gov.ua/vodiiam_ta_pereviznykam/perelik_avtomobilnykh_dorih_ternopilskoi_oblasti.html (Last accessed: 01.07.2024) [in Ukrainian].
 4. Statystychna informatsiia u katehorii Transport [Statistical Information in the Transport Category]. *Holovne upravlinnia statystyky u Ternopil's'kij oblasti - Main Department of Statistics in the Ternopil Region*. Retrieved from: <https://www.te.ukrstat.gov.ua/statinfoTZ.html> (Last accessed: 01.07.2024) [in Ukrainian].
 5. Pro Pravyla dorozhn'oho rukhu: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy [On the Rules of the Road: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine] (2001) . *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy - Official Gazette of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 41, 1852 [in Ukrainian].
 6. Aulin, V., Rogovskii, I., Lyashuk, O., et al. (2024). Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(3(127)), 37–46.
 7. Skrypa, Ye.V. (2019). Schodo problemy vyznachennia poniattia «dorozhnij rukh» [On the Problem of Defining the Concept of "Road Traffic"]. *Pidpryemnytstvo, hospodarstvo i pravo - Entrepreneurship, Economy and Law*, 2, 115–118 [in Ukrainian].
 8. Pyzdek, T. (2021). Pareto Analysis. *Management for Professionals: The Lean Healthcare Handbook*, 2(14), 157-164.
 9. Salmanova, O.Yu. (2002). Administratyvno-pravovi zasoby zabezpechennia militsiieu bezpeky dorozhn'oho rukhu [Administrative and Legal Means of Ensuring Road Traffic Safety by the Police]. *Candidate's thesis*. Kharkiv [in Ukrainian].
 10. Russo, F., Vitetta, A. (2006). Risk Evaluation in a Transportation System. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 1(2), 170–191.
 11. Evans, A.W. (2003). Estimating Transport Fatality Risk from Accident Data. *Accident Analysis*, 35, 459–472.
 12. Ye, F., Lord, D. (2011). Investigation of Effects of Underreporting Crash Data on Three Commonly Used Traffic Crash Severity Models: Multinomial Logit, Ordered Probit, and Mixed Logit. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2241(1), 51-58.
 13. Mykytiuk, M.A. (2007). Vladni povnovazhennia Derzhavnoi avtomobil'noi inspektsii Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy: problemy teorii ta praktyky realizatsii u sferi zabezpechennia bezpeky dorozhn'oho rukhu [Authority Powers of the State Automobile Inspectorate of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine: Problems of Theory and Practice of Implementation in the Field of Road Traffic Safety]. *Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].

Oleg Lyashuk¹, Prof., DSc., **Dmytro Mironov**¹, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Serhii Lysenko**², Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Andrii Hupka**¹, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Yurii Bodoriak**,³ *Research Forensic*

¹ *Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine*

² *Central ukrainian national technical university, Kropyvnytskyi, Ukraine*

³ *Center of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Ternopil, Ukraine*

Statistical Analysis of Road Traffic Accidents in Ternopil Region and Measures for Reducing Accident Rates

The aim of this study is to analyze the dynamics, causes, and consequences of road traffic accidents (RTAs) in the Ternopil region over the past five years. This analysis seeks to identify the primary types of RTAs, determine the most frequent causes, and propose effective measures to reduce the number of accidents and their severity. By understanding these factors, we aim to enhance road safety and minimize the socio-economic impacts associated with RTAs in this region.

In this study, a comprehensive statistical analysis of RTAs in the Ternopil region was conducted. This analysis revealed a significant increase in the number of accidents, which reached 2547 cases in 2023, an 11% rise compared to 2022. The primary types of accidents identified include collisions (50%), hitting obstacles (19%), hitting stationary vehicles (16%), and pedestrian accidents (8%). The study found that the highest mortality rates occur in pedestrian accidents (34%) and vehicle collisions (33%). Key causes of RTAs were identified as violations of maneuvering rules (40%), speeding (23%), failure to maintain a safe distance (10%), driving under the influence of alcohol (7%), and violations at intersections (5%). Based on these findings, several recommendations were made to enhance road safety. These include the implementation of artificial road

bumps, installation of traffic lights with adjustable timers, additional road signs, high-visibility and illuminated pedestrian crossings, and the use of surveillance cameras to monitor compliance with traffic rules and identify violators. Moreover, the study emphasizes the importance of developing and implementing methodologies for predicting accident rates using statistical methods and conflict zone analysis, as well as calculating accident-related economic and environmental losses to evaluate the effectiveness of proposed measures.

This study underscores the urgent need for improved road safety measures in the Ternopil region. Implementing the recommended strategies and methodologies will significantly reduce the number of RTAs, enhance overall road safety, decrease the risks of injuries and fatalities, and lower the economic costs associated with road traffic accidents. These findings provide a clear roadmap for policymakers and road safety authorities to take actionable steps towards a safer road environment.

road traffic accidents (RTA), road safety, causes of RTAs, accident reduction, traffic injuries, traffic violations, accident prediction

Одержано (Received) 19.04.2024

Прорецензовано (Reviewed) 30.05.2024

Прийнято до друку (Approved) 26.06.2024

УДК 659.136

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).2.106-111](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).2.106-111)

П.Б. Прогній, ст. вик., канд. техн. наук., **Р.В. Чорний**, канд. техн. наук., **О.В. Чорна**, доц., канд. екон. наук., **М.В. Буряк**, доц., канд. техн. наук., **В.С. Колодій**, асп., **І.Є. Величенко**, асп., **Ю.М. Петришин**, асп.

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

e-mail: rozoom_ruslan@ukr.net

До визначення способу регулювання гальмівних сил причіпної ланки автопоїзда

У статті проаналізовано спосіб покращення гальмівної динаміки автопоїзда. Запропоновано метод регулювання гальмівних сил на колесах причіпної ланки для усунення бортової нерівномірності при її виявленні в процесі сервісного обслуговування гальмівної системи транспортного засобу. Наведено залежність між величиною гальмівного моменту на колесі та плечем прикладання зусилля від гальмівної камери для барабанних гальмівних механізмів з пневматичним приводом. Обґрунтовано спосіб регулювання гальмівних сил, прикладених до колеса, зміною передаточного відношення гальмівного механізму, за рахунок зміни плеча прикладання гальмівного зусилля від гальмівної камери до важеля повороту розтискного кулачка.

гальмування, розподіл гальмівних сил, бортова нерівномірність гальмівних сил, передаточне відношення гальмівного механізму

Постановка проблеми. Із врахуванням умов сучасного функціонування економіки спостерігається зростання рівня вантажоперевезень із використанням автомобільного транспорту. Зокрема, відповідно до даних, наведених Міністерством інфраструктури України, приблизно 60% від усіх вантажних перевезень в Україні у 2021 році здійснено автомобільним транспортом [1]. Згідно із статистичними даними поданими в 2023 році Державною службою статистики України, частка перевезень вантажними автомобілями становила 36,4% від усього експорту та 71,2% від загального обсягу імпорту при транспортуванні товарів [2].

Варто зазначити, що значну частку в транспортних вантажоперевезеннях в Україні здійснюють із використанням дволанкових сідельних автомобільних поїздів, оскільки вони складають основу автопарку більшості вантажоперевізників. Для