

## РЕФЕРАТ

**Губич Н.В., Петренко О.А. – Аналізування безпеки та оцінка характеристик кільцевої розв'язки (комплексна тема) – Рукопис.**

Кваліфікаційні робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 275.03 – транспортні технології (на автомобільному транспорті). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, – Тернопіль, 2023.

В теоретичному розділі проведено огляд літератури, зокрема, сучасних кругових розв'язок, проаналізовано види сучасних кільцевих перехресть, теоретичні передумови моделювання водіння.

В другому розділі проведено планування дослідження та експериментів, обгрунтовано створення сценаріїв, проаналізовано схеми розмітки та знаків використання смуг та інші дорожні знаки.

В третьому розділі проведено обробку результатів опитування, аналіз вибору смуг на в'їзді та виїздах, аналіз швидкості навігації, аналіз поступливості водіїв, вибору смуги, утримання смуги руху, швидкість навігації, поведінку поступливості, зроблено висновки.

В четвертому розділі досліджено причини виникнення пожеж на автомобільному транспорті та безпеки життєдіяльності на транспорті.

**БЕЗПЕКА, КІЛЬЦЕ, КІЛЬЦЕВА РОЗВ'ЯЗКА, ТРАНСПОРТ.**

## **ABSTRACT**

**Hubych N.V., Petrenko O.A. Safety analysis and assessment of roundabout characteristics - Manuscript.**

Qualifying work for the master's degree in the specialty 275.03 - transport technology (in road transport). - Ternopil Ivan Puluj National Technical University, - Ternopil, 2023.

In the theoretical section, a literature review was conducted, in particular, modern roundabouts, types of modern roundabouts, theoretical prerequisites for driving simulation were analyzed.

In the second section, the planning of research and experiments was carried out, the creation of scenarios was substantiated, the schemes of marking and signs for the use of lanes and other road signs were analyzed.

In the third section, the results of the survey were processed, the analysis of the choice of lanes at the entrances and exits, the analysis of navigation speed, the analysis of driver yielding, lane selection, lane keeping, navigation speed, yielding behavior, conclusions were drawn.

The fourth chapter examines the causes of fires in road transport and life safety in transport.

**SAFETY, ROUND, ROUND CONNECTION, TRANSPORT**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1. Огляд сучасних кругових розв'язок .....	12
1.2. Види сучасних перехресть .....	14
1.3. Турбо кільце.....	15
1.4. Дослідження моделювання водіння .....	19
1.5. Симуляторна хвороба в симуляційних дослідженнях .....	20
1.5.1. Анкета симулятора заколисування .....	22
1.5.2. Вимірювання постуральної стабільності.....	23
1.5.3. Безперервні фізіологічні заходи .....	23
2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	25
2.1. Планування дослідження та експериментів .....	25
2.2. Створення сценаріїв.....	25
2.2.1. Графічний дизайн кільцевих розв'язок і сполучних доріг .....	25
2.2.2. Додавання корельованих даних та інших об'єктів.....	30
2.3. Схеми розмітки та знаків використання смуг.....	33
2.4. Інші дорожні знаки та розмітка .....	34
3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ.....	36
3.1. Порядок проведення дослідження.....	36
3.2. Збір даних.....	37
3.3. Пом'якшення хвороби симулятора під час експерименту .....	38
3.4. Аналіз даних .....	39
3.4.1. Аналіз статистичних даних .....	40
3.5. Аналіз вибору смуг на в'їзді та виїздах.....	48
3.6. Аналіз утримання смуги руху .....	49
3.7. Аналіз швидкості навігації.....	51
3.8. Аналіз поступливості водіїв.....	52
3.9. Вибір смуги.....	53
3.10. Утримання смуги руху .....	58

3.11. Швидкість навігації.....	60
3.12. Поступлива поведінка.....	63
4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	66
4.1. Аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті.....	66
4.2. Безпека життєдіяльності на транспорті .....	68
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	73
ДОДАТКИ.....	84
Додаток А .....	84
Додаток Б.....	90

## ВСТУП

Розв'язки з круговим рухом можуть бути вирішенням проблем безпеки, які існують на інших типах перехресть. Останнім часом почастишали перетворення проблемних перехресть на кругові з метою підвищення їх безпеки. Однак важко зробити ці кільцеві розв'язки, особливо багатосмугові, безпечними для всіх груп користувачів. Функції кільцевої розв'язки, такі як завчасне попередження та знаки, відіграють важливу роль у визначенні продуктивності водія під час навігації по кільцевій розв'язці.

Дослідження спрямоване на оцінку нових та існуючих функцій безпеки та експлуатації кільцевих розв'язок, таких як знаки та розмітка на тротуарах, і того, як вони впливають на роботу водіїв на багатосмугових кільцевих розв'язках. Він оцінює кільцеве перехрестя з двома смугами руху та роторну турборозв'язку як альтернативу геометричній конструкції багатосмугового кільцевого перехрестя. Симуляція віртуального сценарію за допомогою симулятора водіння використовується для перевірки реакції водія на різноманітні особливості перехресть з круговим рухом.

Результати показують, що дотримання смуги та перевищення швидкості все ще є проблемою на багатосмугових кільцевих розв'язках. Роторна турборозв'язка краще справляється з правильністю вибору смуги руху та контролем швидкості руху. Поступливість не була значною проблемою в обох типах кільцевих розв'язок.

Мета дослідження полягає в тому, щоб оцінити нові та існуючі функції безпеки та функціонування кільцевих розв'язок, такі як знаки та розмітка на тротуарах, і визначити, як вони впливають на роботу водіїв на багатосмугових кільцевих розв'язках. Крім того, в дослідженні оцінено інші можливі альтернативи геометричного дизайну кільцевої розв'язки та те, як геометрія впливає на безпеку та експлуатаційні аспекти. Використано симуляцію сценарію віртуальної кільцевої розв'язки та виміряно реакцію водія на різноманітні особливості кільцевої розв'язки. Ці віртуальні кільцеві перехрестя було протестовано, дозволяючи водіям-учасникам віртуально переміщатися ними за

допомогою симуляції водіння. У цьому дослідженні оцінка реакції водія та навігації щодо різних знаків і розмітки, альтернатив дизайну, а також пов'язаних аспектів проводилася за наявності інших транспортних засобів (навколишній рух) на перехрестях з круговим рухом.

Зокрема, дослідження зосереджено на двох типах багатосмугових кільцевих розв'язок, двосмуговій кільцевій розв'язці, яка є найпоширенішою сучасною багатосмуговою кільцевою розв'язкою, і відносно новому типі кільцевих розв'язок, відомої як турбо-кільцева розв'язка.

Для досягнення поставленої мети поставлені завдання: проаналізувати існуючі джерела, існуючі кільцеві розв'язки, проаналізувати варіанти кільцевих розв'язок базуючись на опитуванні водіїв..

При написанні роботи використовуються такі методи дослідження:

Аналітичні методи дослідження – методи використовуються при огляді літератури та аналізі існуючих заходів удосконалення велосипедного руху.

Опитування - у цій роботі проведено опитування водіїв та зацікавлених сторін. Метою опитування є підтвердження висунутих гіпотез.

Методи порівняння – використано для порівняння варіантів кільцевих розв'язок.

# 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1. Огляд сучасних кругових розв'язок

Кругове перехрестя – це кільцеве перехрестя, яке є результатом постійного вдосконалення кругових перехресть, які існують з початку 1900-х років. З тих пір перехрестя з круговим рухом розробляються, оскільки експерти з транспорту намагаються вирішити різні проблеми безпеки та експлуатації, які виникають на різних етапах з тих пір, наприклад, кільця, повороти, сигналізовані повороти, сусідні кільця (1). Незважаючи на те, що інновації та вдосконалення все ще тривають, сучасна кільцева розв'язка, показана на рисунку 5 нижче, можливо, широко визнана як стандарт кільцевої розв'язки (2), (1), (16). Сучасне кругове перехрестя має такі характеристики (10):

- Він забезпечує контроль дорожнього руху без використання знаків зупинки чи сигналів світлофора, коли транспортні засоби, що рухаються в межах кільцевої розв'язки, мають перевагу, а інші транспортні засоби, що наближаються на в'їзді, мають поступитися.
- Він має розширені під'їзди, уповільнює, відхиляє та направляє трафік на відповідні кути в'їзду та смуги.
- Він має функції, які забезпечують безпеку для інших уразливих учасників дорожнього руху, таких як пішоходи та велосипедисти (17), (18), (19), (20).



Рисунок 1.1 – Двосмугове сучасне кільце

З моменту появи сучасне кільцеве перехрестя зазнало визнання серед транспортних експертів. Вони замінюють інші типи перехресть з кількох причин. Достатньо досліджень (3), (1) задокументувало ці причини, які включають, але не обмежуються, наступне; підвищений рівень безпеки, заспокоєння трафіку, естетика, менша потреба в просторі, менші витрати на експлуатацію та технічне обслуговування, менші затримки та черги та зменшене споживання палива.

Підвищений рівень безпеки завдяки меншій кількості конфліктних точок (наприклад, від 32 конфліктних точок на чотирикінцевому перехресті до 8 на чотири кільцевому односмуговому перехресті) між транспортними засобами, пішоходами та велосипедистами порівняно з іншими типами перехресть.

Нижчі швидкості забезпечують більший час реакції на потенційні конфлікти, зменшують відносні швидкості між користувачами, таким чином зменшуючи тяжкість аварій. Уразливі учасники дорожнього руху можуть переходити поетапно та стикатися з меншою кількістю транспортних засобів, що



конфліктують. Спостерігалось загальне зниження приблизно на 35% і 76% загальної кількості аварій і кількості травм відповідно (1).

Сучасні кільцеві розв'язки загалом можна згрупувати як міні-кільцеві, односмугові та багатосмугові кільцеві розв'язки. Залежно від необхідної місткості та наявності місця, серед інших факторів, можна зробити вибір типу кільцевої розв'язки.

Інновації та удосконалення концепцій, що скеровують навігаційні, безпечні та експлуатаційні функції, все ще тривають. На сьогоднішній день було розроблено кілька варіантів дизайну, щоб вирішити різні проблеми, що постають при сучасному кільцевому перехресті, незважаючи на численні переваги, які воно продемонструвало перед звичайними перехрестями. Такі інноваційні альтернативи включають турбо кільце, гамбургер, кільце із чотирма мостами, кільце із гантелями, кільце «собача кістка», тощо (22), (13) .

## **1.2. Види сучасних перехресть**

Як зазначалося вище, перехрестя з круговим рухом можуть бути вирішенням проблем безпеки, які існують на інших типах перехресть, і що останнім часом кількість таких проблемних перехресть у перехрестя з круговим рухом з метою підвищення їх безпеки для учасників дорожнього руху зростає (1), (2). Однак важко зробити ці кільцеві розв'язки, особливо багатосмугові, безпечними для всіх учасників дорожнього руху, особливо для тих із обмеженими когнітивними та фізичними можливостями, як-от літні водії. На це вказують Домінік та інші, пропонуючи стратегії, які допоможуть уразливим користувачам безпечно долати перехрестя у своєму дослідженні (23).

Такі функції кільцевої розв'язки, як завчасне попередження та покажчики, відіграють важливу роль у визначенні продуктивності водія під час навігації по кільцевій розв'язці. Було помічено, що односмугові кільцеві розв'язки є кращими з точки зору безпеки порівняно з багатосмуговими кільцевими розв'язками (3), хоча через вимогу задовольняти постійно зростаючі вимоги з більшою місткістю кільцевих розв'язок багатосмугові кільцеві перехрестя є кращими.

Змусити автомобілістів вибрати та залишатися на відповідних смугах є основною проблемою, коли мова заходить про навігацію багатосмуговими кільцевими розв'язками (4), (5), (24). Знаки та розмітка на тротуарах відіграють важливу роль для того, щоб допомогти автомобілістам вибрати та дотримуватися смуги руху. Інструкція з уніфікованих пристроїв регулювання дорожнього руху містить вказівки щодо знаків, розмітки на тротуарах та інших пристроїв регулювання дорожнього руху (25). Однак проблема вибору та підтримки смуг руху є більш помітною на багатосмугових кільцевих перехрестях, а занепокоєння ще більше зростає зі збільшенням кількості смуг, оскільки водії стикаються з труднощами з інтерпретацією знаків і розмітки на тротуарі, коли вони наближаються до кільцевої розв'язки. У своєму дослідженні навігаційних знаків для перехресть з круговим рухом Інман та інші виявили, серед іншого, менше ніж 70% правильний вибір смуги та пропонують подальші дослідження щодо рекомендованої розмітки (24). У своєму дослідженні щодо стратегій знаків та розмітки на тротуарах для багатосмугових кільцевих перехресть Кінзел (26) також пропонує подальші дослідження розмітки та знаків для кільцевих розв'язок, включаючи польові дослідження та дослідження людського фактору, такі як опитування, дослідження моделювання та пряме спостереження.

### **1.3. Турбо кільце**

Відомо, що сучасне двосмугове або трисмугове кільцеве перехрестя також стикається з проблемами, незважаючи на вищу пропускну здатність порівняно з односмуговими кільцевими розв'язками.

Через додаткові смуги, введені для забезпечення більшої пропускну здатності, з'являються інші проблеми. Вони включають можливість зміни смуги руху в міру повороту транспортних засобів і можливість підвищення швидкості навігації. Це збільшує ризики аварій на кільцевій розв'язці. Одним із найвідоміших рішень цієї проблеми в рамках кільцевих розв'язок є використання турборозв'язок, запропонованих Lambertus GH Fortuijn у 1996 році (12). Успіх турбо-кільцевого перехрестя зробив його кращим у Нідерландах, а останнім

часом і в кількох інших європейських країнах до такої міри, що в Нідерландах більше не будуються багатосмугові сучасні кільцеві розв'язки, а існуючі замінюються турбо-кільцевими з часу будівництва першого турбо-кільцевого перехрестя 2000 (27) (13), (14), (15) .

Було виявлено, що використання турборозв'язок з круговим рухом підвищує безпеку шляхом зменшення конфліктів під час навігації, а також, можливо, збільшує пропускну здатність. Незважаючи на те, що в дослідницькому співтоваристві все ще обговорюється (6), (7), (28), повідомляється, що пропускну здатність турбованих кільцевих розв'язок на 25-35% вища, ніж у стандартних двосмугових кільцевих розв'язок (8). Порівняно з турбо-кільцевими розв'язками, двосмугові кільцеві розв'язки представляють типовий конфлікт між водіями на внутрішніх смугах, які намагаються виїхати, і тими, хто на зовнішній смузі не виїжджають. Цього не трапляється на турбо-кільцевих розв'язках через розділені (роздільником) смуги. Повідомляється, що з точки зору безпеки турбо-кільцеві перехрестя зменшують кількість аварій приблизно на 80% залежно від типу звичайного перехрестя, яке замінюється або порівнюється. (12)

Основними відмінними характеристиками турбо кільцевого перехрестя є:

- в'їзди та виїзди визначаються спіральними смугами, які постійно зміщуються від центру кільцевої розв'язки,
- Зміна смуги руху неможлива (принаймні, незручна) біля в'їзду, на проїжджій частині або на виїзді, тому необхідно вибрати правильну смугу в'їзду, щоб вести водія до потрібного виїзду, iii. Зменшення швидкості руху через кільце через різку смугу (під'їзди під прямим кутом до кільцевої розв'язки) та підвищені розділювачі смуг.
- Турборозхрестя з круговим рухом мають такі переваги перед сучасними (12):
- Зменшення швидкості на в'їзній, циркуляційній та виїзній смугах - фактор, пов'язаний з геометрією кільцевої розв'язки.

- Зменшення конфліктних точок; наприклад від 16 концентричного двосмугового кільця з двосмуговими з'їздами до 10 для основного турбо в результаті усунення конфліктів переплетення та врізання.
- Низький ризик бокових аварій завдяки підвищеним роздільникам смуг, які розділяють рух на різних смугах.

Існує кілька типів турборозв'язок. Вибір залежить від кількох факторів, включаючи великий об'єм потоку, незначний об'єм потоку, бажану пропускну здатність тощо. Різниця між типами турборозв'язок залежить від того, як влаштований основний конструктивний елемент («турбоблок»). Різні типи турбованих перехресть включають: Базовий турбо-карусельний, яйцеподібний, спіральний, колінний, роторний, розтягнутий і зірчастий. На рисунках 1.2 і 1.3 нижче показано базову турбонаддув і роторну турбонаддув. Читачі, зацікавлені в подробицях, можуть знайти їх у (12) і (29).



Рисунок 1.2 – Базове турбо кільце



Рисунок 1.2 – Базове турбо кільце (продовження)



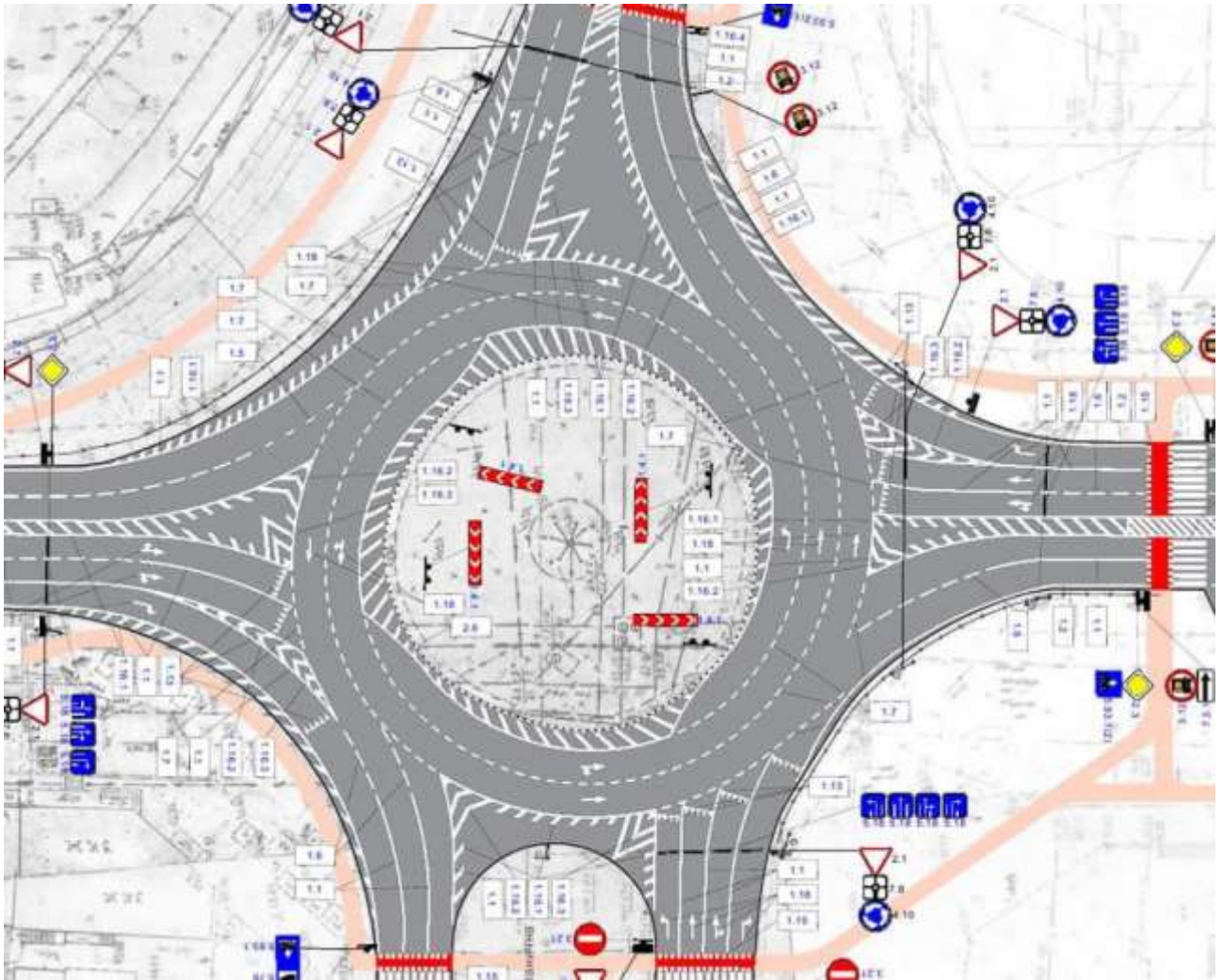


Рисунок 1.3 – Роторне турбо кільце

#### 1.4. Дослідження моделювання водіння

У транспортній техніці симулятори використовувалися для вивчення різних геометричних конструкцій проїжджої частини та їх альтернатив, вивчення сигналів управління, вивчення знаків і розмітки на тротуарах, вивчення зіткнень, відволікання від водіння або просто для візуалізації та навчання (30).

У двох дослідженнях було спеціально оцінено знаки кільцевих розв'язок і розмітку смуг за допомогою симуляторів водіння. У цих дослідженнях [4] йдеться про трисмугові кільцеві розв'язки та [5] про двосмугові кільцеві розв'язки] досліджувалися різні комбінації знаків і стратегій розмітки, які призводять до правильного вибору смуги..

Незважаючи на той факт, що навколишній трафік впливає на величину пропуску, яку допускають водії, на увагу водія, а також на поведінку дотримання

смуги руху, два дослідження, наведені вище, не враховували вплив навколишнього трафіку та його вплив на поведінку водія під час навігації через кругові розв'язки. Ці фактори відіграють важливу роль у аспектах безпеки та експлуатації багатосмугових кільцевих перехресть. На такі фактори, як розташування навігаційних знаків і розмітки для використання смуг, може впливати присутність навколишнього транспорту, який є в реальному житті, і, таким чином, впливати на поведінку водія під час навігації круговими перехрестями.

### **1.5. Симуляторна хвороба в симуляційних дослідженнях**

Однією з головних проблем дослідження із застосуванням пристроїв моделювання є симуляторна хвороба (СХ). Про це повідомляється в широкому діапазоні досліджень і типів симуляторів і не обмежується конкретним типом пристроїв для моделювання (31). Це не нова проблема для досліджень, пов'язаних з моделюванням, оскільки про це повідомлялося ще в 1957 році (30).

Симуляторна хвороба – це візуально спричинене заколисування, при якій учасники повідомляють про погане самопочуття під час або після використання тренажерів. СХ пов'язаний з тим, що учасники відчувають нудоту, запаморочення, пітливість, затуманення зору та інші пов'язані симптоми, які можуть призвести до таких екстремальних ситуацій, як блювота. Відомо, що ці та інші симптоми тривають недовго, як відразу після виходу з тренажера, так і через кілька днів. Фактори, пов'язані з SS, широко згруповані за характеристиками, пов'язаними з тренажером, завданнями та індивідуальними характеристиками учасників (30).

Хоча симуляторна хвороба має деякі спільні симптоми з хворобою руху (РС), вони не однакові. СХ є менш важким і впливає на набагато меншу частину населення порівняно з РС в результаті адаптації симулятора, особливо для учасників, які раніше піддавалися впливу певного симулятора (32), (33).

Дослідження також показують, що розсіяний склероз потребує стимуляції вестибулярної системи людини, ситуації, яка може не бути в деяких типах симуляторів, таких як симулятори з фіксованою базою, які не мають сигналів

руху. Не тільки рух є відповідальним за хворобу, інші фактори, такі як векція (рух, що сприймається), візуальні подразники та інші складні взаємодії факторів, також відповідальні за симуляторної хвороби (30).

Незважаючи на обширні дослідження теорій симуляторної хвороби, що лежать в основі концепції SS, досі немає теорій без критики, і жодна теорія не пояснила б чітко концепцію симуляторної хвороби. Деякі з широко відомих теорій включають теорію конфлікту сигналів, де вважається, що СХ виникає, коли існує невідповідність між тим, що сенсорна система очікує на основі досвіду, і тим, що насправді представлено симулятором, і, таким чином, хвороба виникає в результаті невирішеного внутрішнього конфлікту. Такий конфлікт є поширеним у симуляторах із фіксованою базою, де рух, що сприймається, не супроводжується відповідними вестибулярними ознаками руху. Теорія отрути для СХ припускає, що симптоми, які спостерігаються, такі як розмитість зору, блювота тощо, схожі на те, як організм реагує на отруєння, коли тіло намагається позбутися отрути. Теорія постуральної стабільності стверджує, що хвороба виникає через те, що учасники намагаються пристосуватися, використовуючи навички, які вони вже знають із реального досвіду дорожнього руху, щоб підтримувати стабільність у новому середовищі, ще не опанувавши стратегії для цього в такому новому середовищі. Інші відомі теорії включають теорію руху очей і теорію спокою (31), (30).

Симуляторна хвороба може негативно вплинути на результати моделювання і, отже, на переконливість дослідження, заснованого на моделюванні, якщо її не взяти до уваги та не вжити заходів для контролю. СХ може призвести до ненормальної поведінки, нудьги, втрати концентрації, відволікання та інших небажаних результатів, які можуть вплинути на те, як суб'єкти тестування взаємодіють із симулятором і, отже, вплинути на достовірність їхніх результатів (30).

Важливо розуміти наслідки впливу симуляції та ймовірність SS, щоб захистити учасників, а також отримати дійсні результати з мінімальними наслідками СХ. Для цього важливо раннє вимірювання та виявлення ймовірності СХ до експерименту, під час експерименту, а також після експерименту. Кілька



методів і зусиль були розроблені та впроваджені в багатьох дослідженнях у минулому (33), (30). Такі методи та зусилля включають:

- Анкета симулятора хвороби
- Вимірювання постуральної стабільності
- Постійні фізіологічні заходи

### **1.5.1. Анкета симулятора заколисування**

Анкета симулятора заколисування (SSQ) — інструмент, розроблений (32) на основі раніше розробленої Анкети заколисування (MSQ) і широко використовуваний (33), (30). SSQ (див. Додаток) складається з 16 симптомів, а саме: загальний дискомфорт, втома, головний біль, напруга очей, труднощі з фокусуванням, збільшення слиновиділення, пітливість, нудота, труднощі зосередження, повнота в голові, нечіткість зору, запаморочення з відкритими очима, запаморочення із закритими очима, вертиго, відчуття живота та відрижка. Учасник оцінює симптоми за балами 0, 1, 2, 3 (тобто відсутність, легкі, помірні та важкі), що відповідає мірі, до якої симптоми стосуються його в цей конкретний момент. Оцінкам призначаються ваги за трьома категоріями, відомими як «Окуломотор», «Дезорієнтація» та «Нудота» (32), які пізніше підсумовуються з використанням заданих факторів для отримання загальної оцінки, яка шляхом порівняння може дати загальний опис ймовірності СХ. Чим вище оцінка SSQ, тим вища ймовірність СХ.

Загальноприйнятим є адміністрування SSQ принаймні двічі: один раз на початку перед сеансом симуляції водіння в якості базової лінії, а потім наприкінці сеансу. Безперервне тестування, наприклад під час перерв у водінні, також є поширеним явищем (33), (34), (30). Також зазначається, як показано в (34) і (30), що проведення SSQ перед експериментом або будь-яка припущення про можливість SS може збільшити ймовірність того, що учасники повідомлять про вищі бали за SSQ.

### **1.5.2. Вимірювання постуральної стабільності**

Дослідники також виявили взаємозв'язок між відмінностями в постуральній стабільності, виміряними до та після впливу симулятора, що корелює з розвитком симуляторної хвороби (35), (30), (36), (37). (38). Ця постуральна стабільність може бути використана як показник СХ. У минулому кілька методів використовувалися як тести постуральної рівноваги. Такі тести, як описано в різних дослідженнях, включають стояння з п'ят до ніг зі складеними на грудях руками та закритими очима, стояння на одній або не бажаній нозі із закритими очима та руками на грудях, ходьбу по прямій лінії та інші варіації таких тестів, (38). Деякі дослідники також попереджають про складність вимірювань стабільності, ненадійність таких тестів і їх недостатню стандартизацію. Деякі з них йдуть далі та пропонують обмежене використання тесту постуральної стабільності, оскільки подібні результати можна отримати за допомогою більш чутливих вимірювань, таких як SSQ, який є більш надійним (38), (39).

### **1.5.3. Безперервні фізіологічні заходи**

Безперервні фізіологічні вимірювання під час моделювання для моніторингу таких змінних, як потенціал шкіри, опір шкіри, температура шкіри, частота тепла тощо, які корелюють із SS, також можна використовувати для вимірювання СХ (30), (38).

Рекомендується зменшити геометрію проїжджої частини та маневри, які максимізують розбіжність між зоровими та вестибулярними сигналами (30), (33). Це може включати зменшення кількості (частоти) зупинок, поворотів і поворотів. Інші запобіжні заходи включають перевірку учасників на наявність історії хвороби руху, стабільність і проблеми, пов'язані зі здоров'ям, підтримання низьких температур у кімнаті тренажера, можливість поступової адаптації до тренажера, особливо для учасників, які раніше не працювали на тренажері, через тренування на тренажері та добре розроблені сценарії, перерви в навчанні сценарії та нагадування учасникам повідомляти експериментатора

про будь-який дискомфорт, який вони відчують під час дослідження (31), (30), (37).

Незалежно від запобіжних заходів, які можуть бути вжиті, СХ може статися з деякими учасників. Різні дослідження повідомляють про різний відсоток учасників, які зазнали СХ. (31) повідомляє, що загалом 19 із 73 учасників (приблизно 26%) зазнали СХ, (40) повідомляє, що 7 учасників із 30 (приблизно 23%) зазнали симуляторної хвороби. У дослідженні кільцевих перехресть, що оцінювало знаки для трьох смуг кільцевих перехресть (4) після перевірки учасників, які мали досвід у попередніх дослідженнях, 7 учасників все одно вибули, тоді як 96 завершили (6,8%).

## **2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1. Планування дослідження та експериментів**

План експерименту передбачав створення сценаріїв, які могли б уможливити перевірку гіпотез, висловлених раніше. Ці сценарії були створені таким чином, щоб вони дозволяли використовувати симулятор водіння для перевірки того, як водії впораються зі схемами знаків/розмітки на тротуарах на кільцевій розв'язці з двома смугами руху та роторному турбороз'їзді.

Під час експерименту учасники отримали вказівки проїхати до міста під назвою А, взаємодіючи з іншим транспортом (навколишнім транспортом), дотримуючись вказівок, розміщених на вказівниках. Там було два інших міста поряд з А на довіднику знак, а саме Б та В. Учасникам потрібно було пройти серію з трьох кругових перехресть. Переходячи від однієї кільцевої розв'язки до іншої, вони робили наскрізний рух, повертали ліворуч або праворуч залежно. Дані про цікаві параметри записувалися автоматично, коли учасник їхав. Експериментатор також записав деякі дані вручну. Коли учасники дісталися А, їх попросили припаркувати автомобіль на узбіччі.

### **2.2. Створення сценаріїв**

Розробка та створення сценаріїв було розділено на дві частини:

- Графічний дизайн кільцевих розв'язок та сполучних проїжджих частин.
- Додавання корельованих даних та інших об'єктів.

#### **2.2.1. Графічний дизайн кільцевих розв'язок і сполучних доріг**

Дизайн кільцевих розв'язок був досягнутий за рахунок використання графічних плиток довжиною 400 м на ширину 400 м, інші прямі з'єднувальні

проїзні частини були виготовлені з розміром 200 м на 200 м. Було створено дві кільцеві розв'язки, двосмугове та турбо.

Розробка всієї графіки моделювання була досягнута за допомогою програмного забезпечення Presagis Creator Pro. Це програмне забезпечення для 3D-графіки для створення моделей, оптимізованих для симуляції в реальному часі. Вибір був зумовлений тим фактом, що те саме програмне забезпечення (хоча, ймовірно, старіші версії) використовувалося для створення інших плиток за замовчуванням у симуляторі, який використовувався для дослідження.

Графіка, створена в Creator Pro, складається з багатокутників, що дотримуються чіткої ієрархії. Ці багатокутники разом з іншими властивостями, такими як освітлення, тіні тощо, відповідно текстуруються різними текстурами, щоб створити графіку, яка максимально відображає реальний об'єкт, що моделюється. Слід звернути увагу на те, щоб без потреби не було занадто багато полігонів, оскільки це може перешкодити продуктивності симулятора в реальному часі.

Процедура, дотримувана в Creator Pro для створення графічної моделі турбо-ротора, коротко описана на рисунках 2.1 та 2.2 нижче. Створення кільцевої розв'язки з двома смугами руху відбувалося за тією самою процедурою, хоча й з великим відстеженням із супутникового зображення двосмугової кільцевої розв'язки. Використовуючи надані шаблони дизайну AutoCAD, відомі як турбоблоки, як показано на рисунку 8 нижче, створювалися підтримувані файли Creator pro flight (.flt) із багатокутників і використовувалися як шаблони дизайну в Creator. На цих шаблонах були додані базові елементи кругових розв'язок поступово показано на рисунках 2.1 та 2.2.

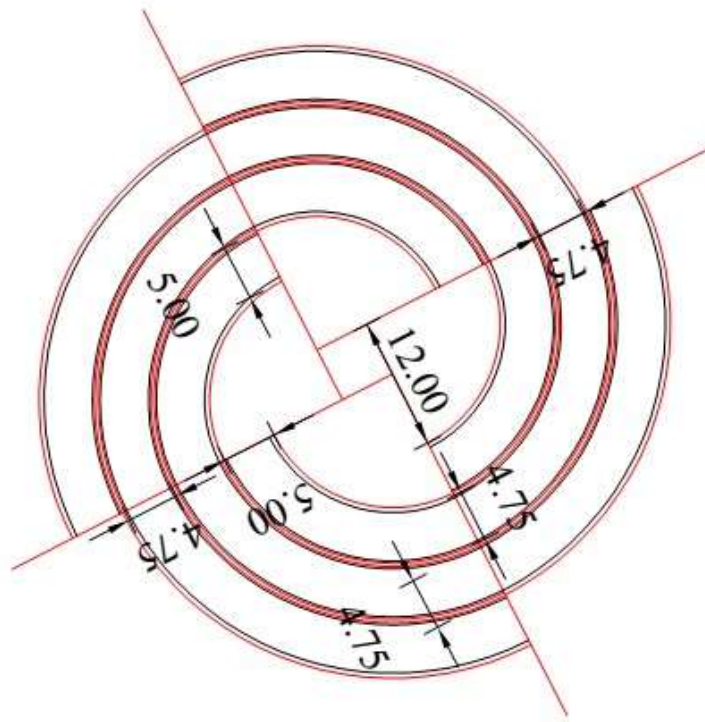


Рисунок 2.1 – Турбоблок для ротора турбокільця (розміри в м)

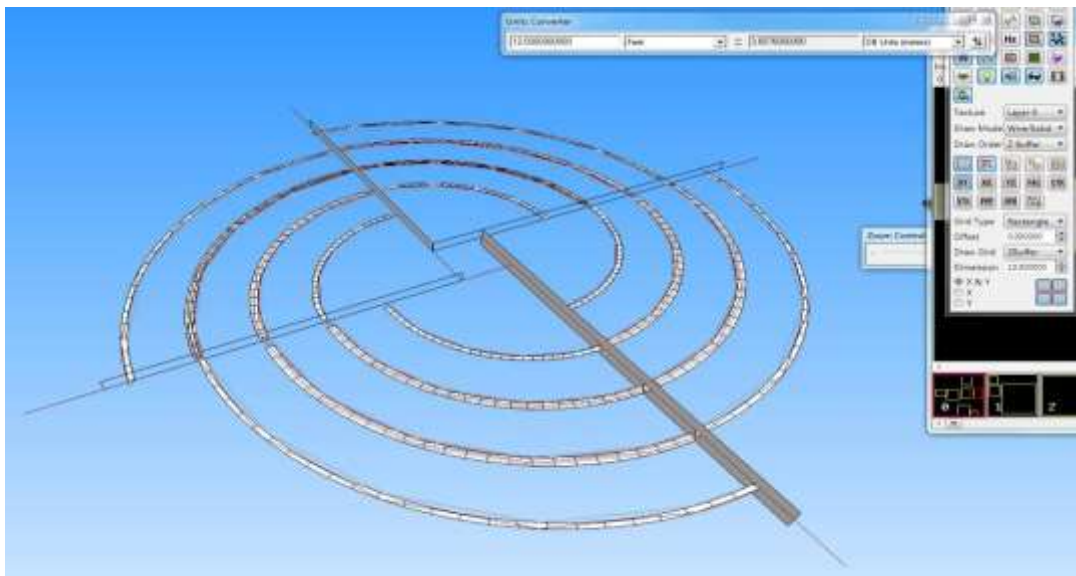


Рисунок 2.2 – Шаблон геометрії файлу польоту для роторної кільцевої розв'язки в Creator Pro

Додано інші функції кільцевої розв'язки, такі як розмітка на тротуарі, розділові острівці, створені як окремі файли польоту (див. рис. 2.3 та 2.4) у Creator. Конструкція фізичних розділювачів смуг, що є відмінною рисою турбокільцевого перехрестя, відповідала стандартам, запропонованим у (12). Також

було додано попередній шлях, яким повинні рухатися транспортні засоби під час симуляції, і файл шляху, що містить інформацію про шлях, таку як кількість смуг, ширина смуги, зсув смуги, ширина плечей, розташування центральної лінії тощо (див. Додаток А для файлу шляху приклад). Після додавання всіх деталей, як-от згаданих вище, центрального острова, конусів, текстур, бордюрів, тротуару та розмітки на тротуарі графічного дизайну, було отримано кінцевий продукт, як показано на рисунку 13.

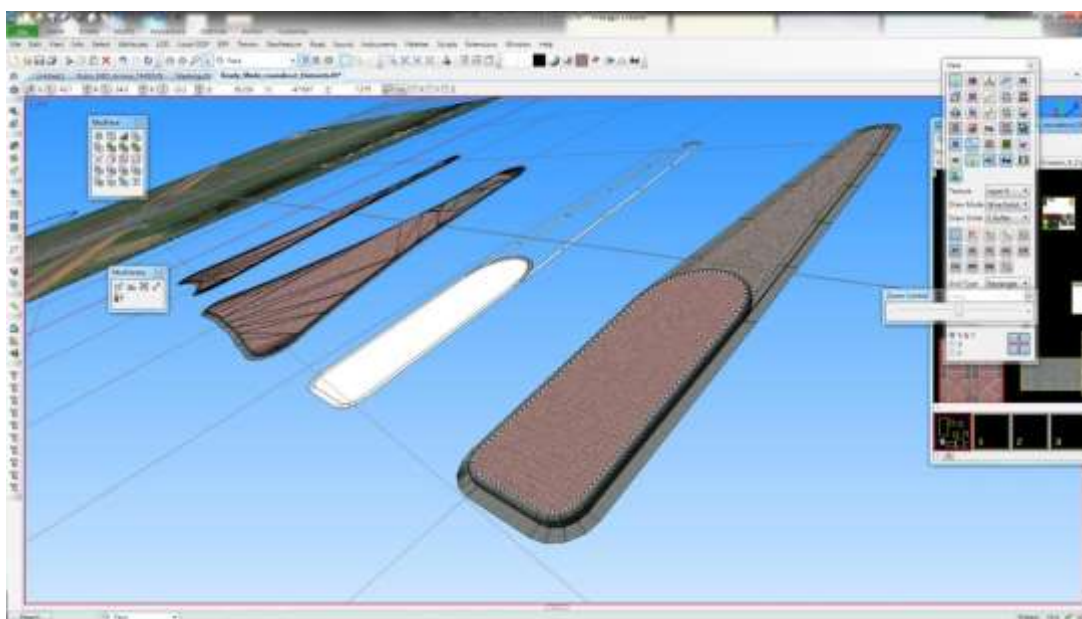


Рисунок 2.3 – Проектування окремих елементів кругового руху в Creator Pro

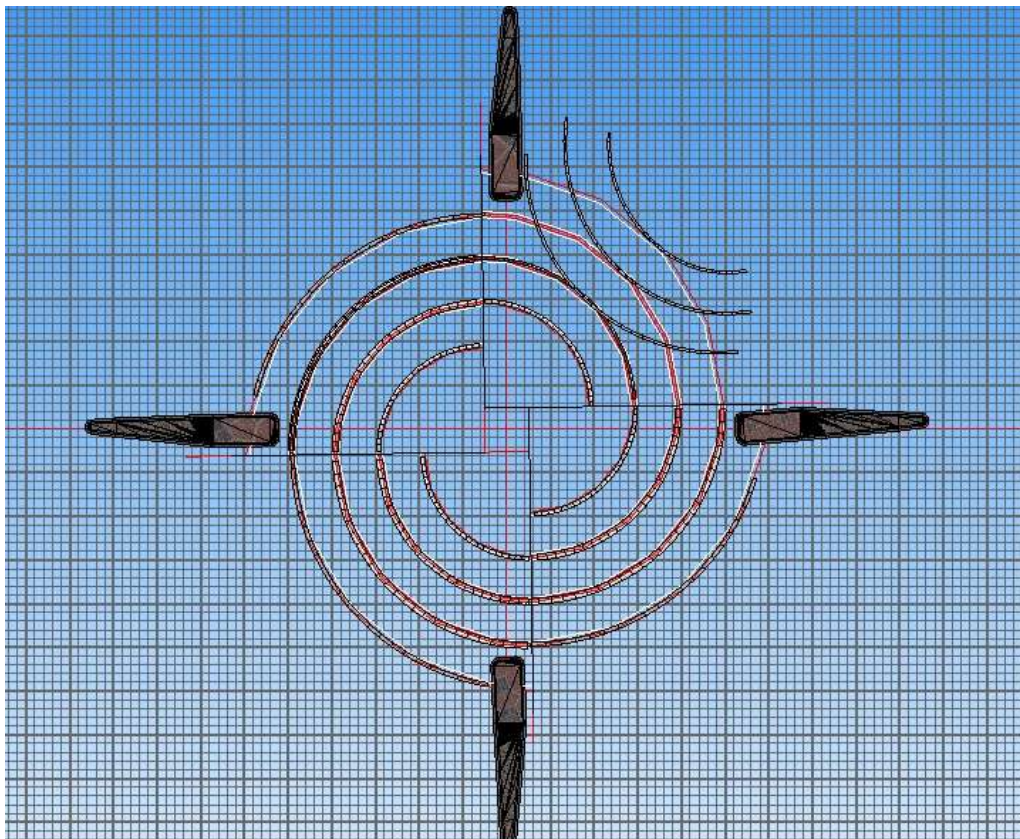


Рисунок 2.4 – Додавання роздільників на шаблоні

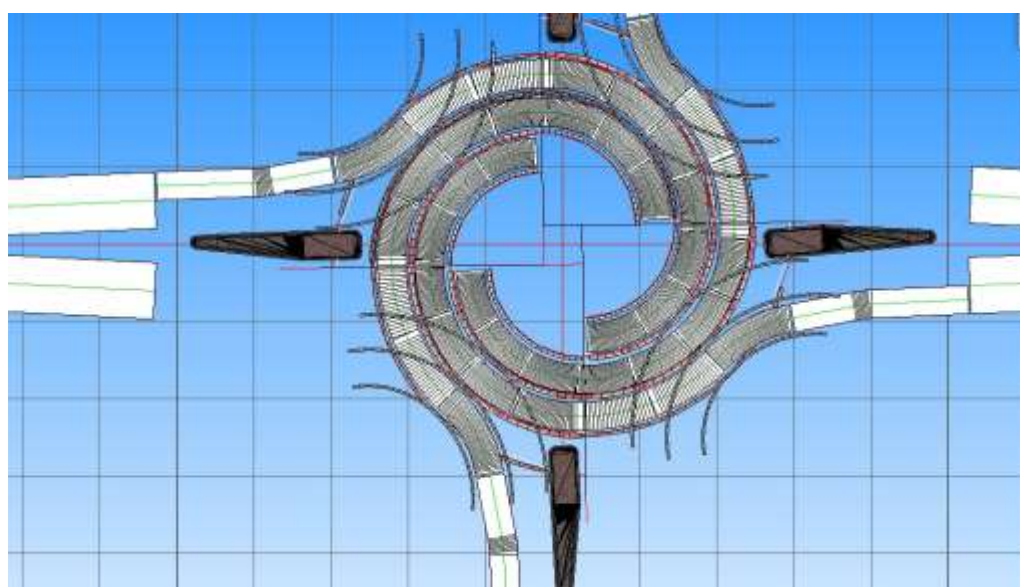


Рисунок 2.5 – Додавання доріг і шляху до геометрії





Рисунок 2.6. – Кінцевий графічний продукт Creator Pro

Розмітка на тротуарах, використана на графіках, відповідає стандарту щодо використання стрілок смуги, трикутників, пішохідних переходів та інших ліній тротуарів.

### **2.2.2. Додавання корельованих даних та інших об'єктів**

Щоб модель була придатна для моделювання в реальному часі, коли модель буде завершена в Creator Pro, її буде переміщено до програмного забезпечення під назвою Internet Scene Assembler (ISA). ISA — це програмне забезпечення для створення сценаріїв, встановлене на робочій станції симулятора для подальшої обробки плиток, створених Creator Pro. Це передбачає серію перетворень згідно з посібником, наданим Realtime Technologies Inc. (41). Остаточним типом файлу є файл .wrl, який тепер можна використовувати для подальшого редагування в ISA та симуляції в реальному часі.

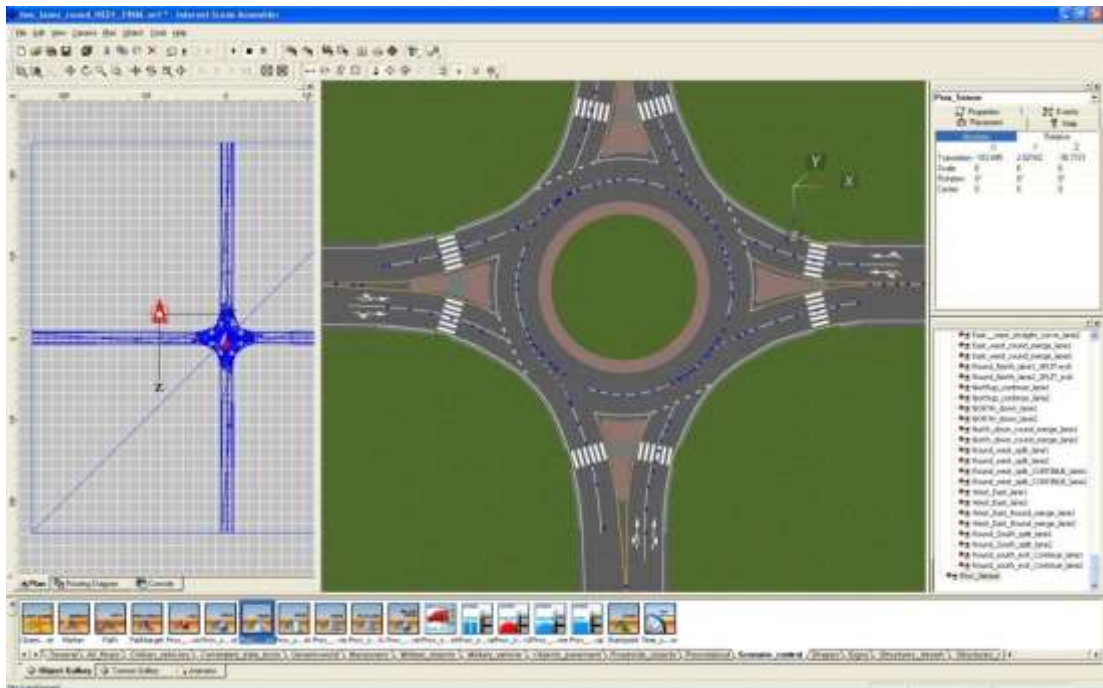


Рисунок 2.7 – Кінцевий придатний для використання файл ISA, готовий для остаточного моделювання в ISA

Після завершення перетворення на придатні для використання файли .wrl в ISA слід редагування та додавання корельованих даних, розроблених у Creator Pro. Корельовані дані стосуються даних, які транспортні засоби використовують під час моделювання, щоб мати можливість правильно пересуватися з однієї точки в іншу. Це включає сплайни доріг, які визначають параметри дороги, з'єднувачі, що з'єднують один сплайн дороги з іншим, і контрольні точки, якими рухаються транспортні засоби. На рисунку 2.8 показано параметри сплайнів доріг і з'єднувачів під час процесу редагування та додавання в ISA. На рисунку 2.7 вище показано типове розташування контрольних точок (сині точки) на двосмуговій кільцевій розв'язці.

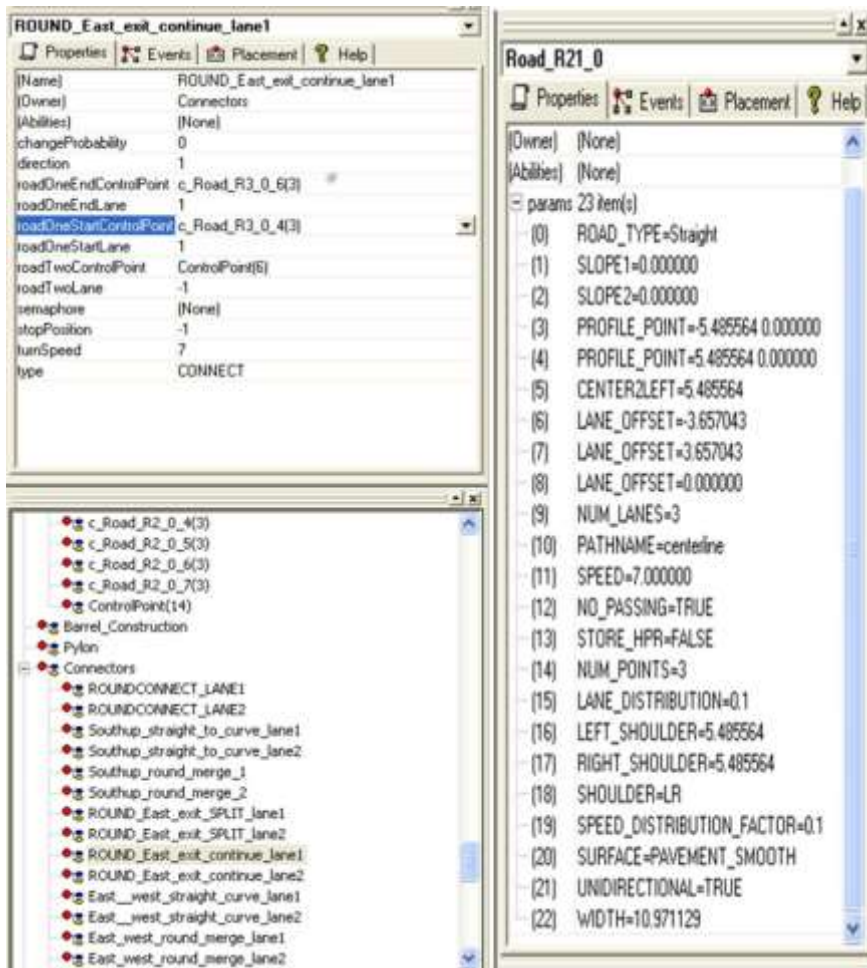


Рисунок 2.8 – Визначення параметрів доріг сплайнів і з'єднань

Однією з функцій, які надає ISA, є можливість використання різних типів датчиків, таких як датчики часу (активуються за часом), датчики наближення (активуються, коли транспортний засіб знаходиться поблизу датчика) для керування сценарієм за допомогою мови програмування JavaScript. Щоб мати можливість відстежувати поведінку водіїв за допомогою даних, зібраних у цікавих місцях, таких як початок суцільної білої лінії на під'їздах, межа роз'їзду, виїзди тощо, у цих місцях розмістили датчики наближення. Ці датчики отримали унікальні ідентифікаційні номери для представлення конкретного місця. На рисунку 2.9 нижче показано місце розташування цих датчиків.



Рисунок 2.9 – Розташування датчиків наближення

### 2.3. Схеми розмітки та знаків використання смуг

Оскільки однією з цілей дослідження було з'ясувати, чи можна застосувати знаки використання смуг руху та розмітку на тротуарах, які використовуються на сучасних кільцевих розв'язках, для турборозв'язок, було прийнято дві схеми. Один із схемою розмітки та знаків на тротуарах у вигляді стрілок для рибальських гачків (надалі вона називається схемою з рибальськими гачками), а інша – це схема розмітки та знаків для кругових розв'язок, що використовується в Нідерландах (звідси і далі – схема NED), де були винайдені турбо-кільця.

Схема розмітки на тротуарі та знаків у формі стрілки для використання смуги для рибальських гачків широко прийнята як стандарт для вказівок щодо

використання смуги руху на сучасних кругових перехрестях. Однак також використовуються інші схеми, такі як схема звичайної стрілки (4) (24) (5).

Оскільки знаки, які використовуються в Нідерландах, мають іншу колірну схему порівняно зі знаками в США, знаки NED були змінені, щоб відобразити властивості знаків у США, щоб уникнути плутанини водіїв. Наприклад, знаки були розміщені на основі шаблонів знаків у США, а колір змінено з білого знака на синьому фоні на чорний знак на білому фоні. На рисунках 1-4, представлених раніше, показано розмітку тротуару та знаки для обох схем.

#### **2.4. Інші дорожні знаки та розмітка**

Знаки відповідно змін до Закону про внесення змін до статті 41 Закону України "Про дорожній рух" (щодо пріоритетності транспортних засобів, які рухаються по колу).

Усі інші знаки, такі як попереджувальні знаки про пішохідний перехід, таблички з рекомендаціями щодо швидкості, знаки кругового перехрестя, знаки зі стрілками кругового перехрестя, дотримувались Правил дорожнього руху щодо знаків для об'їзних розв'язок. Ці знаки показані на рисунку 2.10 нижче.



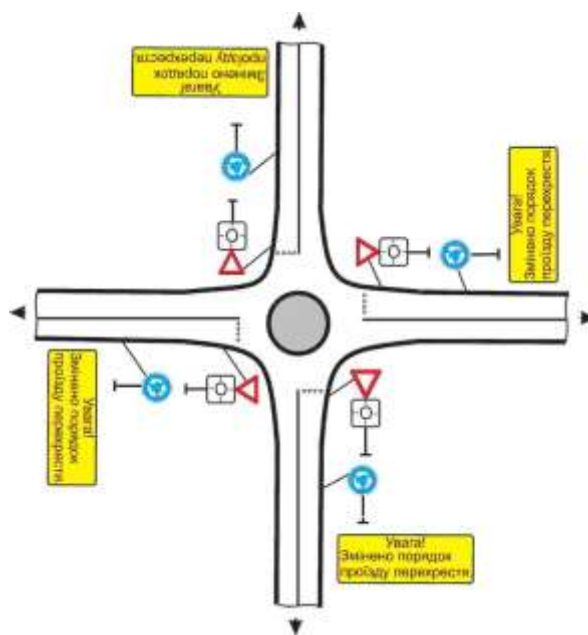
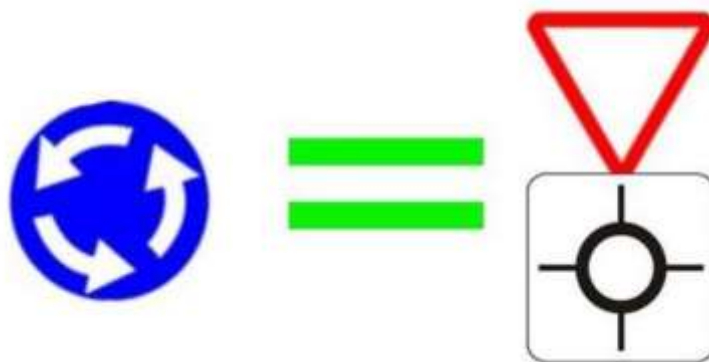


Рисунок 2.10 – Дорожні знаки, які використовуються при дослідженні кільцевих розв'язок

### 3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Порядок проведення дослідження

Дослідження було проведено в програмному забезпеченні SimCreator 3.0. На приладовій панелі водієві відображається така інформація, як швидкість у км на годину (км/год), оберти за хвилину (об/хв), поточна передача та рівень палива. Програма також підтримує важіль коробки передач, гальма та педаль газу. Три екрани складають систему відображення тренажера. Вони розміщені перед сидінням і панеллю приладів. Дзеркала заднього, лівого та правого огляду відображаються на трьох дисплеях. Динаміки для відтворення аудіо, що відображає автомобіль і середовище водіння, також є частиною симулятора. Програмним забезпеченням моделювання в реальному часі, яке використовувалося з симулятором, було SimCreator 3.8. Погляд водія на сценарій руху поблизу кільцевої розв'язки був таким, як показано на рисунку 3.1.

Після прибуття кожному учаснику було присвоєно унікальний ідентифікатор водія та ознайомлено з експериментом. Потім вони переглянули та підписали форму згоди (див. Додаток), заповнили попередньо заповнену анкету та пройшли тест на постуральну стабільність. Потім їм дозволили провести тест-драйв, щоб ознайомитися з симулятором і його елементами керування. Потім фактичні сценарії дослідження були завантажені в послідовності, поясненій у процедурі експерименту, підсумованій нижче. Загальний орієнтовний час експерименту становив 57 хвилин.

1. Читання та підписання форми згоди (3 хвилини)
2. Знайомство з симулятором водіння та експериментом (3 хвилини)
3. Попередній тест на стабільність (3 хвилини)
4. Анкета перед експериментом (3 хвилини)
5. Тест-драйв (5 хвилин)
6. Відпочинок (3 хвилини під час завантаження тренажера)
7. 1-й запуск (5 хвилин)
8. Відпочинок (3 хвилини під час завантаження тренажера)

9. 2-й захід (5 хвилин)
10. Відпочинок (3 хвилини під час завантаження тренажера)
11. 3-й запуск (5 хвилин)
12. Відпочинок (3 хвилини під час завантаження тренажера)
13. 4-й захід (5 хвилин)
14. Тест постстабільності (3 хвилини)
15. Анкета після експерименту (5 хвилин)



Рисунок 3.1 – Симулятор водіння

### 3.2. Збір даних

Симулятор водіння збирав дані з частотою 60 Гц (тобто дані збиралися 60 разів кожену секунду). І на кожній позначці часу зібрані дані включали наступне; смуга руху, зміщення смуги руху, зміщення проїжджої частини, швидкість автомобіля, прискорення, зусилля на педалі, відстань по ходу руху, положення керма та положення транспортного засобу X, Y, Z. Пізніше ці дані було вилучено з комп'ютера для подальшого аналізу. Такі дані, як стать, вік, стаж водіння, легкість навігації на кільцевих розв'язках і сприйняття безпеки на кільцевих розв'язках порівняно з перехрестями, були записані до експерименту під час попереднього тестування. Дивіться Додаток D для детальної інформації про анкету до та після експерименту.



### 3.3. Пом'якшення хвороби симулятора під час експерименту

Оскільки це дослідження включало повороти, близькі до 90 градусів, вузькі повороти на кільцевому перехресті, прискорення та зупинки, які пов'язані з вищим ризиком симуляторної хвороби (30), під час дослідження було вжито кількох запобіжних заходів. Як використовувалося в одному дослідженні (37), розділ опитувальника перед експериментом (див. Додаток D) використовувався для розуміння ймовірності того, що учасник відчуває симуляторну хворобу. Учасників попросили оцінити, як часто вони відчували три симптоми, пов'язані з симуляторною хворобою (нудота, головний біль і запаморочення) за чотирьох різних сценаріїв (під час водіння автомобіля, на атракціонах, таких як американські гірки, під час авіаперельоту та під час комп'ютерних ігор). Для оцінки використовувалася чотирибальна шкала (ніколи, іноді, часто і майже завжди). Якщо учасник повідомляв, що у нього спостерігався будь-який із цих симптомів із рейтингом майже завжди більше трьох разів у чотирьох сценаріях, йому не дозволяли продовжувати. Жоден з учасників не вказав оцінок, які б не дозволяли їм продовжити.

Анкета перед експериментом, згадана вище, також містила передекспериментальний SSQ, у якому учасників просили оцінити 16 симптомів SSQ залежно від того, як вони себе почували в той час. Пізніше після завершення експерименту їх також попросили заповнити ще один розділ SSQ (для постекспериментального опромінення), що містився в анкеті після експерименту (див. Додаток). Ці два рейтинги SSQ використовувалися для визначення ймовірності того, що учасник страждав від симуляторної хвороби. під час сеансу водіння.

Тест стояння на бажаній нозі також проводився як тест постуральної стабільності безпосередньо перед тим, як учасник мав тест-драйв. Такий самий тест також проводився, як тільки учасник закінчив останній сценарій. Учасників попросили встати на одну ногу за їхніми перевагами (при цьому не бажана нога піднята приблизно на одну третину від тієї, на якій вони віддають перевагу стояти), зі схрещеними на грудях руками та закритими очима протягом

максимум 30 секунд протягом двох випробувань і середній час для підтримки стабільності (Якщо опорна нога переміщена, піднята ступня відведена від ноги, що стоїть, або суттєво втрачено вертикальне положення тіла, випробування завершується, а час записується як бал для цього випробування. Залежно від різниці між часом стояння до та після експерименту, а також різницю між показниками SSQ до та після експерименту, учасникам було рекомендовано відповідно відпочити.

Учасників, які вибули через симуляторну хворобу, і тих, які, здавалося, зазнали симуляторної хвороби, хоча не вибули з дослідження, попросили відпочити довше, перш ніж вони вийшли з кімнати. Відомо, що короткі перерви в експериментальних сесіях також зменшують ймовірність симуляторної хвороби. Тому учасникам дозволяли короткі перерви після завершення кожного сценарію водіння.

### **3.4. Аналіз даних**

Аналіз даних проводився на різних рівнях, на рівні водія-учасника, наприклад для розрахунку оцінки SSQ, і на агрегованому рівні для більшої частини аналізу. Переважно

Статистичне програмне забезпечення Stata 17 (42) і було використано для тестів асоціації за допомогою точного критерію Фішера (менші розміри вибірки призвели до використання цього тесту). Microsoft Excel використовувався для скорочення даних і деякого аналізу. Критерій Фішера перевіряв нульову гіпотезу про те, що пропорційний розподіл між розглянутими категоріальними змінними був однаковим, тобто розподіл пропорцій однієї змінної не залежав від значення іншої змінної. Аналіз був розроблений для перевірки гіпотез, представлених у вступній частині цього звіту.

Для перевірки гіпотез було проаналізовано кілька факторів. До них належать правильність вибору смуги руху на в'їзді та виїзді, поведінка водіїв у дотриманні смуги, профілі швидкості водіїв та поведінка поступок. Було

проведено початковий аналіз даних для отримання описової статистики зібраних даних, особливо даних водіїв-учасників. Це представлено в наступному розділі.

### 3.4.1. Аналіз статистичних даних

Статистичні дані, наведені нижче, були взяті з опитувальників до та після експерименту, які були роздані учасникам для збору основної інформації відповідно до плану дослідження (див. Додаток).

Загалом 56 учасників були набрані для дослідження протягом двох тижнів. Як показано в таблиці 3.1, з 56 учасників 10 (17,86%) вибули через хворобу симулятора. Решта 46 учасників склалися з 62,22% чоловіків і 37,78% жінок. Три вікові групи були використані для визначення молодих водіїв (Y), водіїв середнього віку (M) і літніх водіїв (O). Ці вікові групи були менше або дорівнювали 25 рокам для молодих водіїв, більше або дорівнювали 26 рокам і менше 60 років для водіїв середнього віку та більше або дорівнювали 60 рокам для старших водіїв. Віковий розподіл між групами за статтю наведено в таблиці 1 нижче.

Таблиця 3.1 –Розподіл учасників за статтю та віком

	Чоловіки			Жінки			Всього
	<=25	26 - 60	60+	<=25	26 - 60	60+	
№. учасника	11	17	4	11	7	6	56
% від загального	19,64	30,36	7,14	19,64	12,50	10,71	100,00
Вибули через СХ	0	4	0	2	4	0	10
% від загального	0,00	7,14	0,00	3,57	7,14	0,00	17,86
Завершили експеримент	11	13	4	9	3	6	46
% від загального	19,64	23,21	7,14	16,07	5,36	10,71	82,14
Використано для аналізу	11	13	4	9	3	5	45
% від загального	19,64	23,21	7,14	16,07	5,36	8,93	80,36
% використаного	62,22			37,78			100,00

У таблиці 3.2 наведено зведення балів SSQ, а також досвід водіння водіїв-учасників. Як пояснювалося раніше, мотивацією для збору балів SSQ було

спочатку розпочати створення довідкової бази даних SSQ для майбутніх досліджень. По-друге, допомогти передбачити стан SS учасника до та після експерименту, щоб можна було приймати такі рішення, як подовжені періоди відпочинку. Нарешті, мати загальну оцінку впливу симулятора хвороби на дослідження. Крім того, як показано в таблиці 3.2, найбільш досвідчений водій мав стаж водіння 70 років, тоді як найменш досвідчений водій мав 4 місяці водіння.

Розподіл цих показників SSQ і досвіду водіння показано на рисунку 3.2 і рисунку 3.3. Як і очікувалося, показники SSQ після експерименту вищі, ніж раніше. Що стосується стажу водіння учасників, то групи 0-5 років і 6-10 років мали найбільшу кількість учасників порівняно з іншими групами. Крім того, як показано в таблиці 3.2, середній стаж водіння становив 10 років. З цієї причини, коли водії групувалися як досвідчені чи ні для аналізу, це була гранична точка. Тобто водії зі стажем водіння понад 10 років вважалися дуже досвідченими, тоді як водії з 10-річним стажем водіння вважалися менш досвідченими.

Таблиця 3.2 – SSQ бали та статистика водіння

	Оцінка SS до	Оцінка SS після	Досвід водіння
Середній	4,04	11,91	20,66
Стандартна помилка	1,02	2,05	2,61
Медіана	1,00	7,48	10
Режим	0,00	0,00	5
Стандартне відхилення	6,84	13,74	19,51
Дисперсія вибірки	46,74	188,73	380,69
Діапазон	31,44	58,14	69,67
мінімум	0,00	0,00	0,33
Максимум	31,44	58,14	70
Рахувати	45	45	56

## Розподіл балів SSQ

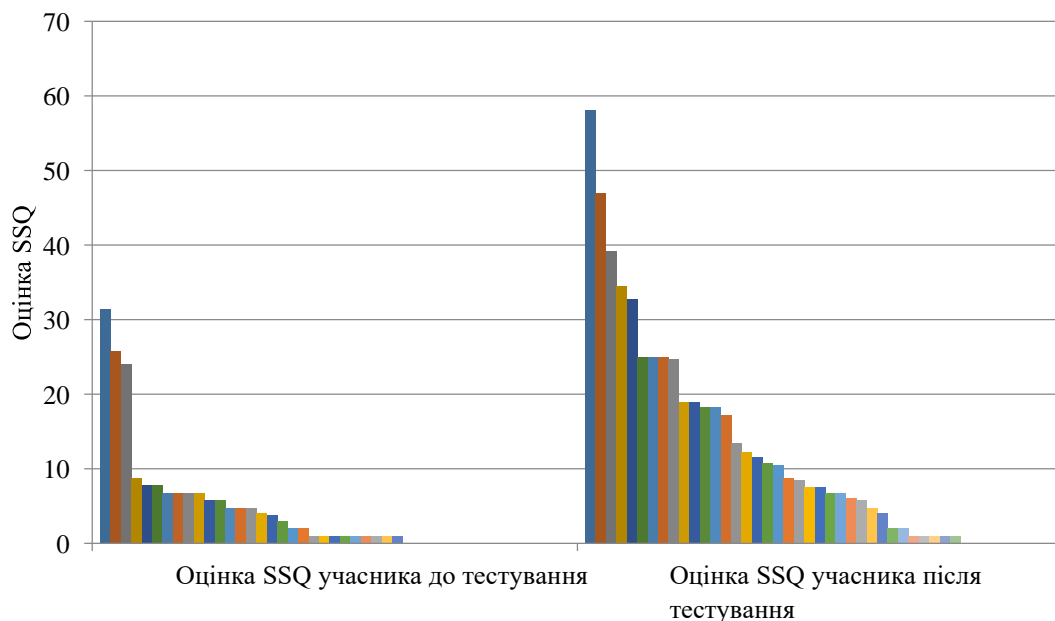


Рисунок 3.2 – Розподіл балів за хворобою Симулятора

## Досвід водіння учасника

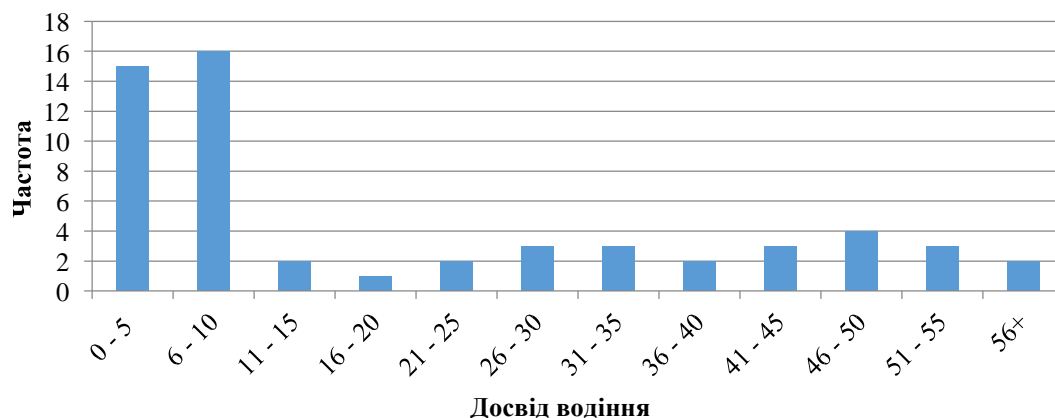


Рисунок 3.3 – Розподіл досвіду водіння учасників

Щоб визначити, наскільки досвідченим був учасник у навігації з круговим рухом, до опитувальника перед експериментом було включено запитання про те, як часто вони їздять через кругові. Учасник мав чотири варіанти, які були «щодня», «часто», «інколи» і «ніколи». При групуванні учасників за досвідом роботи з кільцевим перехрестям ті, хто відповіли на це запитання «щодня» та «часто», вважалися досвідченими, тоді як ті, хто вибрав інші два варіанти, вважалися недосвідченими. Як показано на рисунку 3.4, жоден із водіїв не

відповів «ніколи». Вісімнадцять відсотків щодня проїжджали кільцевими розв'язками, 29% часто і 53% час від часу.

### Як часто ви їдете через кругові розв'язки?

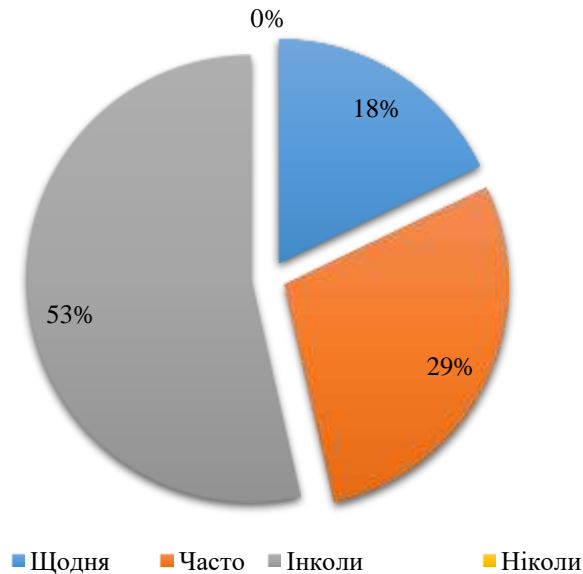


Рисунок 3.4 – Як часто учасники проїжджали круговими

Щоб зрозуміти загальне сприйняття учасниками навігації та безпеки кільцевих розв'язок, до опитувальника перед експериментом було включено два запитання. Вони мали на меті перевірити прийнятність перехресть з круговим рухом серед вибірки учасників, залучених до дослідження. На рисунках 3.5 і 3.6 нижче наведені відповіді.

Як показано на рисунку 23, лише 18% вважають перехрестя легшими для навігації, ніж перехрестя, тоді як лише 5% вважають перехрестя легшими для навігації, ніж перехрестя з круговим рухом. Одинадцять відсотків вважали, що всі вони однакові. Цікаво, що більша частка 48% (порівняно з 41% тих, хто віддає перевагу перехрестям з круговим рухом) вважали перехрестя принаймні трохи легшими для навігації, ніж перехрестя з круговим рухом.

### Наскільки легко вам орієнтуватися на кільцевих розв'язках порівняно зі звичайними перехрестями?



Рисунок 3.5 – Сприйняття учасників щодо проїзду кільцевих розв'язок

З точки зору безпеки, як показано на рисунку 24, 20% вважають перехрестя з круговим рухом безпечнішими, ніж перехрестя, тоді як 27% вважають перехрестя безпечнішими. Тридцять відсотків повідомили, що вони однакові з точки зору безпеки. Цікаво, що 43% вважають кругові перехрестя принаймні трохи безпечнішими за перехрестя.

### Наскільки безпечно ви почуваетесь під час перехрестя з круговим рухом порівняно з перехрестями?



Рисунок 3.6 – Сприйняття безпеки учасників на кільцевих розв'язках

Щоб зрозуміти, що учасники вважають правильним щодо зміни смуги руху на кільцевій розв'язці, до опитувальника перед експериментом було включено запитання про те, чи можуть вони змінити смугу руху, уже їдучи в межах кільцевої розв'язки. Дивно, але, як показано на рисунку 3.7, близько 66% учасників вважали, що вони можуть змінити смугу руху, коли вже рухаються в межах кільцевої розв'язки. Не рекомендується змінювати смуги руху в межах кільцевої дороги, оскільки це є потенційною причиною аварій на кільцевій розв'язці.

**Чи можете ви змінити смугу, коли ви вже їдете в межах кругового перехрестя?**

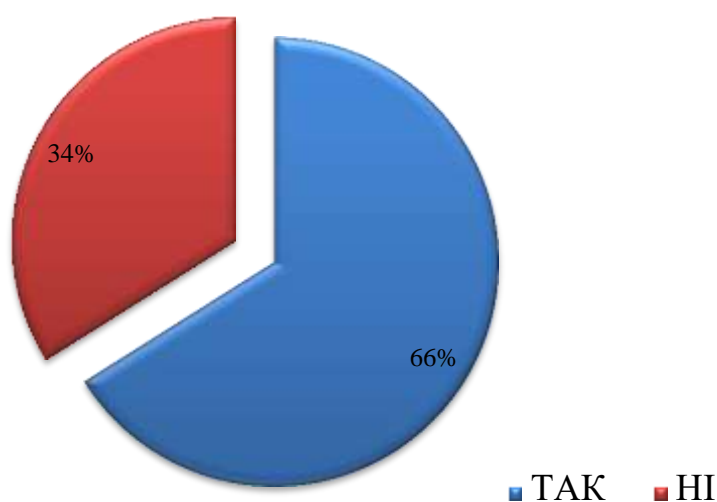


Рисунок 3.7 – Реакція учасників на зміну смуги в межах кругового перехрестя

Два запитання щодо знаків використання смуг руху та розмітки на тротуарах були включені в анкету після експерименту. Вони були розроблені, щоб допомогти зрозуміти, чи помітив учасник різницю в схемах підпису та маркування, які використовувалися в дослідженні, і таким чином визначити, на що учасники звернули більше уваги. Запитання також допомогли визначити, чи є помітна різниця між схемами.



Крім того, запитання отримали оцінку водія для конкретної схеми щодо того, наскільки легко їм було зрозуміти, що робити під час навігації на кільцевому перехресті.

Запитання полягали в тому, чи помітив водій різницю між двома схемами використання тротуарів, прийнятою з турбокільця) під час руху. Подібні запитання ставили для знаків використання смуги руху.

З рисунків 3.8 і 3.10 нижче можна помітити, що 58% водіїв помітили різницю між двома схемами розмітки для використання смуг руху, тоді як лише 47% помітили різницю між схемами знаків для використання смуг руху. З оцінок водіїв для двох схем, показаних на Рисунку 3.9 та Рисунку 3.11, було помічено, що для обох смуг використання тротуарної розмітки та знаків водії високо оцінили рибальський гачок порівняно з NED. (тобто 55,6% і 62,2% водіїв повідомили, що рибальський гачок дуже легко зрозуміти для тротуарів і знаків відповідно). Жодна схема не була дуже важкою для розуміння.

### Коли ви їхали, ви помітили різницю між цією розміткою на тротуарах?

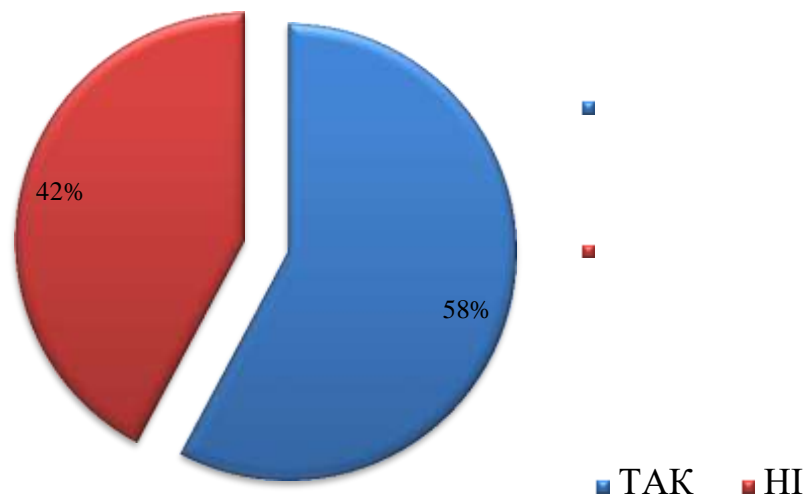


Рисунок 3.8 – Реакція водія на виявлення відмінностей між розміткою тротуару для використання смуги руху



Рисунок 3.9 – Рейтинг використання розмітки на тротуарі для водіїв

**Коли ви були за кермом, ви помітили різницю між цими знаками?**

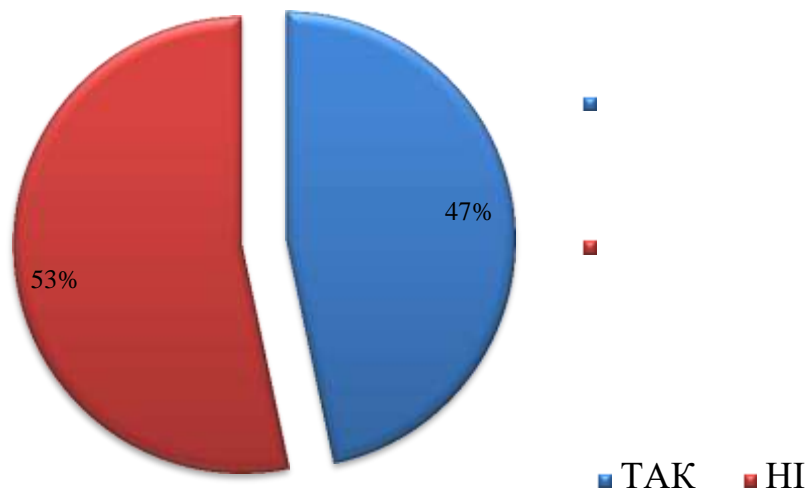


Рисунок 3.10 – Реакція водія на виявлення відмінностей між знаками використання смуги руху

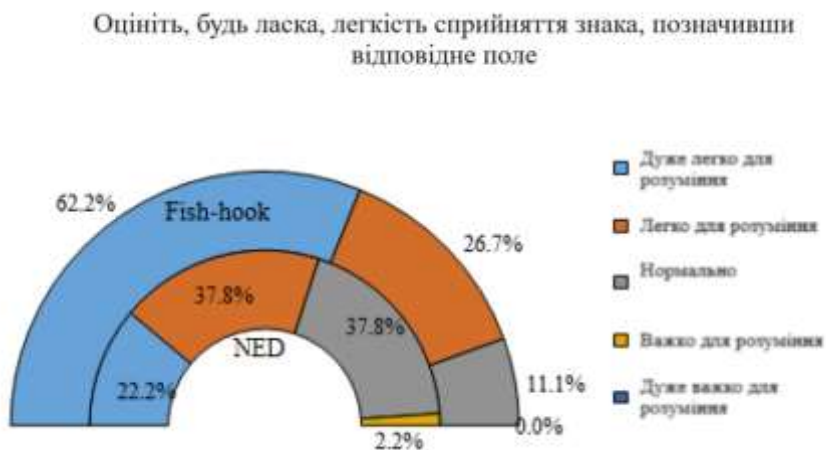


Рисунок 3.11 – Рейтинг знаків використання смуги руху

### 3.5. Аналіз вибору смуг на в'їзді та виїздах

Завдяки використанню встановлених датчиків наближення на під'їздах і виїздах (як пояснювалося раніше), вибір смуги руху водієм можна отримати з даних. Вибір смуги також реєструвався та підтримувався експериментатором вручну. Пізніше це було використано як довідник для перевірки правильності датчиків, а також як засіб заповнення відсутніх даних, коли це було можливо.

Вибір смуги реєструвався на в'їзді, як тільки досліджуваний транспортний засіб досяг суцільної білої лінії на під'їзді та на лінії роз'їзду. Також зафіксовано вибір смуги виїзду. Запис проводився як автоматично за допомогою комп'ютерів симулятора, так і вручну.

Залежно від напрямку вказаного пункту призначення та руху повороту, який водій повинен був зробити, вибір смуги на в'їзді класифікувався як правильний (з огляду на фіктивну змінну 1) або неправильний (з огляду на фіктивну змінну 0). На виїздах так само класифікували смугу виїзду. Для водія, який змінив свою смугу руху на кільцевому перехресті та опинився на неправильній смузі на виїзді, смуга виїзду була класифікована як неправильна. Також важливо зазначити, що в деяких випадках, коли водії мали вибір, усі дві смуги могли бути названі правильними. Такі випадки були при проїзді на двосмугову та роторну турборозв'язку та при повороті праворуч на роторну турборозв'язку.

Після скорочення та компіляції даних як з даних, записаних комп'ютером, так і з ручних записів, остаточний набір даних щодо вибору смуги кожного учасника був підготовлений для подальшого аналізу. Подальший аналіз включав визначення того, яка частка учасників правильно вибрала смуги в кожному зі сценаріїв. Аналіз також досліджував існування будь-якого зв'язку між правильним вибором смуги руху та типом кільцевої розв'язки, схемою розмітки та знаків, статтю, стажем водіння, стажем водіння в об'їзді та віком.

Визначення того, яка частка учасників їздила не в той бік, вибирала неправильні з'їзди або неправильно в'їжджала, особливо на кільцевій розв'язці

з роторним турбокомпресором (де деякі учасники спокушалися використовувати внутрішні смуги руху, починаючи з кільцевої розв'язки, призначеної для руху з іншого під'їзду), було також виконується. Ця інформація також була записана датчиками наближення, розміщеними в цих місцях, які водії не повинні були використовувати для певних рухів. Як тільки номер такого датчика був записаний, було відомо, що водій вибрав неправильний шлях, в'їзд або виїзд.

### **3.6. Аналіз утримання смуги руху**

Дотримання смуги руху вимірювалося за допомогою зсуву центру ваги досліджуваних транспортних засобів відносно осьової лінії проїжджої частини, відомого як «зсув смуги». Це дані, які постійно записуються симулятором. У цьому дослідженні частота збору даних становила 60 Гц.

Дотримання смуги руху спостерігали/аналізували від початку роз'їзної лінії кожного кільцевого перехрестя через циркулюючу проїжджу частину до смуги виїзду, де водій виїжджає з кільцевої розв'язки.

Важливо зазначити, що через деталі конструкції використовуваних конфігурацій кільцевих розв'язок корельовані елементи даних, які визначають проїжджу частину, як пояснювалося раніше, мають деякі технічні обмеження. Наприклад, при розміщенні контрольних точок на заданих відстанях для ефективного/логічного руху транспорту дороги не пов'язані одна з одною. Існують розриви між кінцями однієї проїжджої частини та іншої, особливо на перехресті під'їздів до проїжджої частини з рухом. З цієї причини, коли водій долає цю коротку сполучну відстань, можуть бути записані неправильні значення. Такі значення необхідно перевірити або очистити перед виконанням подальшого аналізу. З цієї причини для аналізу дотримання смуги руху вибрано конкретні місця розташування датчиків.

Як було прийнято в одному зі згаданих раніше досліджень (4), транспортний засіб вважався таким, що знаходиться в межах смуги, якщо не більше половини транспортного засобу перебувало поза білими крайовими лініями смуги. Як тільки транспортний засіб фіксує зсув більше ніж на половину

ширини транспортного засобу поза межами смуги, вважалося, що водій не тримався смуги. Наскрізний поворот і поворот ліворуч розглядалися для аналізу дотримання смуги руху, оскільки повороти праворуч на кільцевих розв'язках здебільшого легко здійснити, а поворот праворуч зазвичай короткий.

З огляду на розмір смуги двосмугового кільцевого перехрестя було виконано розрахунки зміщення центру тяжіння від центральної лінії. Якщо різниця між половиною розміру смуги руху та квадратним коренем із квадрата зсуву (це робиться для отримання додатних чисел, оскільки зсуви повідомляються як позитивні, так і як від'ємні) менше нуля, тоді вважається, що водій не тримається смуги.

Проблема існувала під час вибору ширини смуги для кільцевої розв'язки з роторним турборозв'язком для аналізу утримання смуги, оскільки коли смуги для кільцевої розв'язки з турборозв'язкою просуваються від початкової точки до виїзду, вони мають тенденцію розширюватися та звужуватися в ширину.

Тож вибрати єдине значення було складним завданням. Рішення використовувати 4,75 м (турбоблок, використаний для проектування використовуваного роторного кільцевого руху) у попередньому розділі, є шириною смуги після переходу під прямим кутом. Подальше звуження смуг не розглядається, оскільки на той час смуга вже виїхала за межі кільця.

Через непередбачувані обставини виявлено, що датчик наближення виїзду повороту ліворуч на роторному турбооб'їзді не зафіксовано на схему рибальського гачка. Цю конкретну інформацію також не можна було отримати з ручного запису, оскільки вона не була записана вручну. Дотримання смуги руху аналізувалося лише за схемою NED як для двосмугових, так і для роторних турборозв'язок. Слід зазначити, що вплив схем знаків/розмітки використання смуги руху на дотримання смуги руху був мінімальним, особливо тому, що турбо-кільцеві перехрестя не мають розмітки використання смуги руху в межах кільцевої розв'язки.

Так само, як і у випадку з вибором смуги, було також досліджено існування будь-якого зв'язку між правильним вибором смуги та типом кільцевої розв'язки,

схемою розмітки та знаків, статтю, стажем водіння, стажем водіння на кільцевій дорозі та віком.

### **3.7. Аналіз швидкості навігації**

Оскільки навігаційні швидкості відіграють важливу роль у безпеці кругових перехресть, оперативної ефективності та пропускної здатності, також було проведено аналіз і порівняння швидкості. Швидкість вимірювалася від початку суцільної білої лінії до виходів. З причин, пояснених раніше, використовувалася тільки схема NED. Аналіз також обмежувався наскрізним поворотом і поворотом ліворуч через короткочасність і відносну легкість поворотів праворуч на кільцевих розв'язках.

Швидкість водія автоматично фіксувалася симулятором так само, як і для зсуву. Відповідні швидкості на цікавих ділянках, які знаходяться між початком суцільної білої лінії та виходом, були витягнуті із зібраних даних за допомогою відповідних номерів датчиків у цих місцях.

Щоб визначити, перевищив водій швидкість чи ні, враховували два критерії. Їхня максимальна швидкість повинна була перевищувати 20 км на годину, а 50-й перцентиль – вище 20 км на годину. Коли обидві ці умови були виконані, коли водій їхав між початком суцільної білої лінії та виїздом, тоді вважалось, що водій перевищив швидкість, і тому йому призначалась фіктивна змінна 1 для змінної швидкості.

Критерії прийняття рішення були встановлені з різних причин; На 5 км на годину вище встановленої рекомендованої швидкості, яка становила 15 км на годину, як пояснювалося в попередніх розділах, оскільки зазвичай це порогове значення для контролю за перевищенням швидкості в багатьох юрисдикціях (43), (44). Середня швидкість не могла бути використана окремо, оскільки були водії, які витрачали багато часу на під'їздах, чекаючи на інші транспортні засоби або з інших причин, і протягом цього періоду часу були зафіксовані дуже низькі швидкості, тому середнє значення було б занадто низьким. Дивлячись лише на максимальні швидкості, також можна класифікувати водія, який незначно

збільшив швидкість вище порогового значення протягом дуже короткого часу, як водія, що перевищив швидкість. З цієї причини використовувався 50-й перцентиль, щоб, якщо 50-й перцентиль водіїв перевищував 20 км на годину, а максимальна швидкість була вище 20 км на годину, вони вважалися такими, що перевищують швидкість. Був проведений аналіз того, як швидкість або перевищення швидкості були пов'язані з іншими змінними, такими як продуктивність, стать, досвід водіння, вік досвіду проїзду кільцевої дороги та дотримання смуги руху.

### **3.8. Аналіз поступливості водіїв**

Характеристики поступливості водіїв були записані вручну експериментатором і пізніше підтверджені дослідженням профілів швидкості кожного водія для чотирьох рухів (через і ліворуч для роторного турбіни та двосмугового кільцевого руху). Знову ж таки, було використано лише дві схеми NED, оскільки дані датчиків не були записані в схемі рибальського гачка на кільцевій розв'язці турбо-ротора, як пояснювалося раніше.

Особливо важко автоматично зібрати поведінку поступки, оскільки не в усіх ситуаціях водіям потрібно поступитися. Поступитися необхідно, якщо на кільцевій розв'язці вже рухаються транспортні засоби. Програмування симулятора, щоб він міг фіксувати потребу в поступовості для конкретного транспортного засобу, здавалося неможливим, особливо через вичерпану обробну потужність симулятора. Експериментатор вручну записував, чи поступався водій при вході чи ні. Запис того, чи є транспортний засіб на кільцевому перехресті, якому потрібно поступитися, також здійснювався вручну. Пізніше, після створення ескізів профілів швидкості (діаграми швидкості та часових даних) для всіх учасників для всіх сценаріїв, як показано на рисунку 30 нижче (для всіх профілів див. Додаток), було вирішено, що оскільки рекомендована швидкість становить 15 миль на годину, якщо водій зменшив швидкість між початком суцільних білих смуг і лінією роз'їзду до 10 миль на годину або менше, тоді вважалось, що водій поступився, незалежно від

того, був рух, якому потрібно поступитися, чи ні (поступитися потрібно, щоб ви сповільнилися та зупинилися, коли це необхідно, щоб дати право шлях). Ця інформація була використана для доповнення перекодованої вручну поведінки поступливості. На рисунку 30 показано профілі швидкості двох водіїв і порогове значення 10 миль/год, позначене пунктирною червоною лінією. У цьому випадку, наприклад, драйвер номер 24 поступився, а 39 – ні.

Остаточні дані такого аналізу використовувалися для класифікації водіїв як «поступилися» або «не поступилися» та «потрібні поступитися» або «не вимагалися поступитися» за допомогою фіктивних змінних.

Це було використано для подальшого аналізу для вивчення зв'язку поведінки поступливості з іншими спостереженнями.

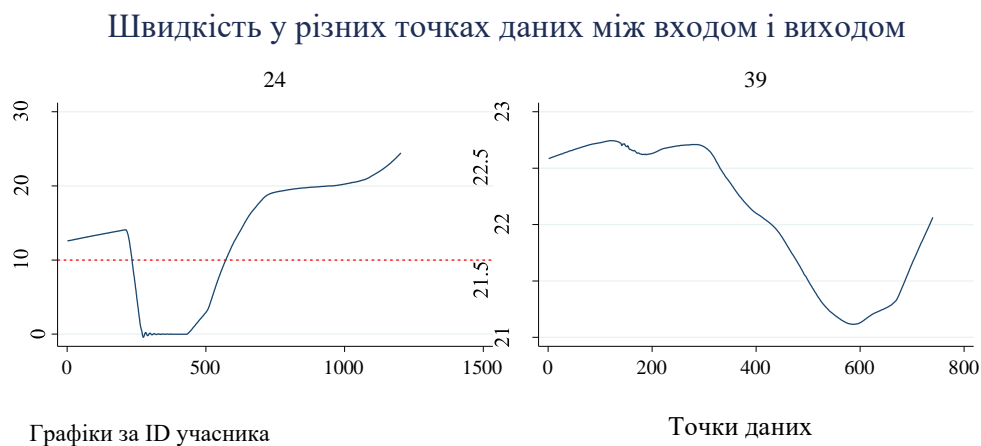


Рисунок 3.12 – Профілі швидкості учасника 24 і 39

### 3.9. Вибір смуги

Початковий аналіз вибору смуги для в'їзду та виїзду окремими водіями вказав, що для наскрізного руху водії мали дві смуги на вибір відповідно до обмежень щодо використання смуги (тобто внутрішня смуга та середня смуга для роторного турбокільця та або смуги для двосмугового кільцевого перехрестя) ті, хто користується двосмуговим кільцевим перехрестям, як правило, розподіляли вибір між двома смугами майже пропорційно, як показано в таблиці 3. Для обох схем розмітки/знаків розподіл між смугами був майже



пропорційним, тобто близько 50% водіїв користуються будь-якою смугою. Однак для роторної кільцевої розв'язки водії, як правило, віддавали перевагу використанню центральної смуги для обох схем розмітки/знаків (68,9% водіїв для схеми з рибальським гачком і 73,3% для схеми NED).

Це може призвести до проблем з роботою, зокрема, вплинути на пропускну здатність ротора турборозв'язки. Одним із рішень проблем двосмугового кільцевого перехрестя, яке має забезпечити турбо кільце, є краще використання внутрішніх циркуляційних смуг, що є проблемою, яка впливає на пропускну спроможність концентричного двосмугового кільцевого перехрестя (12). У цьому випадку результати були іншими, що вказує на те, що вибір будь-якої смуги все ще є проблемою на кільцевій розв'язці з ротором. Моліно та інші у своєму дослідженні (5) зазначили, що лише 44% досліджуваних водіїв розуміли правильне значення вибору будь-якої смуги. Хоча в цьому дослідженні не проводились прямі опитування щодо розуміння, імовірно, що з більшою кількістю в'їзних смуг, як у роторно-турборозв'язці, проблема набагато більш помітна.

Таблиця 3.3 – Розподіл будь-якої смуги для всіх сценаріїв. Наскрізний рух (із варіантами 2 смуг)

	ROTOR_FISH		ROTOR_NED		TWO_LANES_FISH		TWO_LANES_NED	
	Лівий Центральний провулок пров	Лівий Центральний провулок пров	Лівий Центральний провулок пров	Лівий Центральний провулок пров	Ліва смуга	Права смуга	Ліва смуга	Права смуга
Номер	14	31	12	33	22	23	22	23
% від загального	31,1	68,9	26,7	73,3	48,9	51,1	48,9	51,1

Для повороту праворуч на кільцевому перехресті з роторним турбокомпресором більшість водіїв віддавали перевагу крайній правій смузі (понад 95 % для обох випадків знаків і розмітки), як показано в таблиці 3.4. Знову ж таки, як згадувалося вище, оскільки існували дві смуги для руху праворуч роторне турбо-кільце, це може бути недостатнім використанням центральної

смуги, особливо коли об'єм правого повороту більший. Це може вплинути на пропускну здатність кільцевої розв'язки.

Таблиця 3.4 – Розподіл смуг за вибором для повороту праворуч на роторному турбо-кільці. Поворот праворуч (із двома смугами)

	ROTOR_FISH		ROTOR_NED	
	Центральна смуга руху	Права смуга	Центральна смуга руху	Права смуга
Номер	2	43	1	44
% від загального	4,4	95,6	2,2	97,8

Таблиця 3.5 показує, що більше водіїв (11,11%), які їдуть ліворуч на кільцевій розв'язці з роторним турбонаддувом, коли використовується схема NED, вибрали неправильну ділянку виїзду. Це може бути пов'язано з тим, що водії не розуміють або не знайомі зі схемою NED розмітки або знаків на тротуарах, особливо під час повороту ліворуч, де навігація є більш захоплюючою, ніж повороти наскрізний або правий, про що свідчить те, що принаймні водій робить неправильний виїзд у кожному зі сценаріїв.

Таблиця 3.5 – Відсоток неправильних етапів виходу за сценарієм

	Тип сценарію			
	ROTOR_FISH	ROTOR_NED	TWO_LANES_FISH	TWO_LANES_NED
Через	0,00	0,00	2.22	0,00
Поворот ліворуч	2.22	11.11	4.44	4.44
Правий поворот	0,00	0,00	2.22	0,00

Через конфігурацію турборозв'язки, особливо роторного турбокільця, у водіїв, які не знайомі з конструкцією та повертають ліворуч, іноді виникає спокуса виїхати на внутрішню ліву смугу, оскільки їхня смуга руху розгортається віялом, як показано червоною доріжкою на рисунку 3.13 нижче.

Ця дія може вимагати, щоб транспортні засоби дуже сповільнилися, щоб мати змогу виконати поворот, таким чином уповільнюючи решту транспортних

засобів і може призвести до аварій. З таблиці 3.6 можна помітити, що з усіх водіїв лише 5 з них зробили неправильний рух, причому більшість (чотири) були зі схеми NED. Це ще одна ознака того, що водії не дуже розуміють знаки використання смуги руху. Це може бути ще складнішим для водіїв, які вперше знайомляться з турбо кільцевими розв'язками, оскільки за задумом не передбачено розмітки на тротуарі для смуг у межах кільцевої розв'язки (як у сучасних багатосмугових кільцевих розв'язках із концентричними смугами).

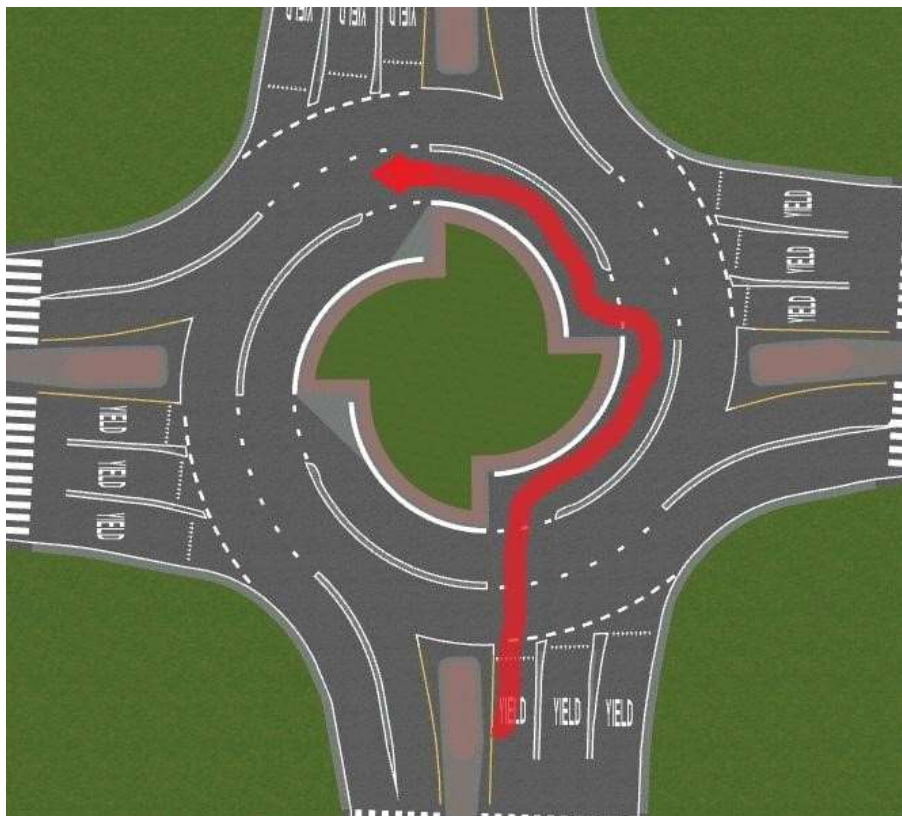


Рисунок 3.13 – Неправильний вхід при повороті ліворуч

Таблиця 3.6 - Номер неправильного запису при повороті ліворуч

Тип сценарію

	ROTOR_FISH_250	ROTOR_NED_300
Номер	1	4
% від загального	2.22	9.09

Ще один проведений аналіз мав на меті оцінити правильність вибору водіями смуги на в'їзді та виїзді. Як показано на Рисунку 3.14 і Рисунку 3.15, де

порівнюються схеми розмітки/знаків у межах однієї кільцевої розв'язки та розглядаються схожі рухи поворотів, немає суттєвої різниці між схемами знаків у роторно-турбороз'їзді. Однак при проходженні схема NED працює трохи краще, ніж схема рибальського гачка. На двосмуговому кільцевому перехресті схема NED працює набагато краще, ніж рибальський гачок. З рибальським гачком на двох смугах аж 81,4% водіїв правильно вибирають смуги виїзду, коли рухаються ліворуч, порівняно з 97,6% для схеми NED для того самого руху.

Як можна помітити, водії обирали неправильні смуги виїзду частіше, ніж смуги в'їзду на обох схемах, а також типи перехресть з круговим рухом. Коли порівнювали на рівні кільцевої розв'язки, турбо-кільцева розв'язка виявилася кращою, оскільки мінімум 92,5% водіїв брали правильні смуги в порівнянні з 81,4% або 86% для двосмугової кільцевої розв'язки.

З цього аналізу схема NED і роторна турборозв'язка перевершили схему з рибальським гачком і двосмугову сучасну кільцеву розв'язку.

### Правильність вибору смуги на в'їзді та виїзді для роторної розв'язки

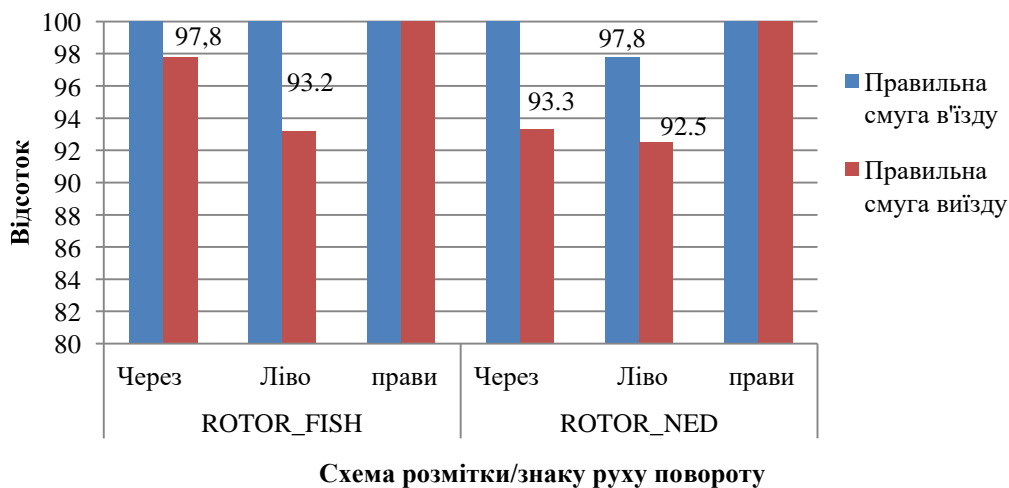


Рисунок 3.14 – Правильність вибору смуги руху на в'їзді та виїзді з кільцевої розв'язки

Правильність вибору смуги на в'їзді та виїзді на двосмугову розв'язку

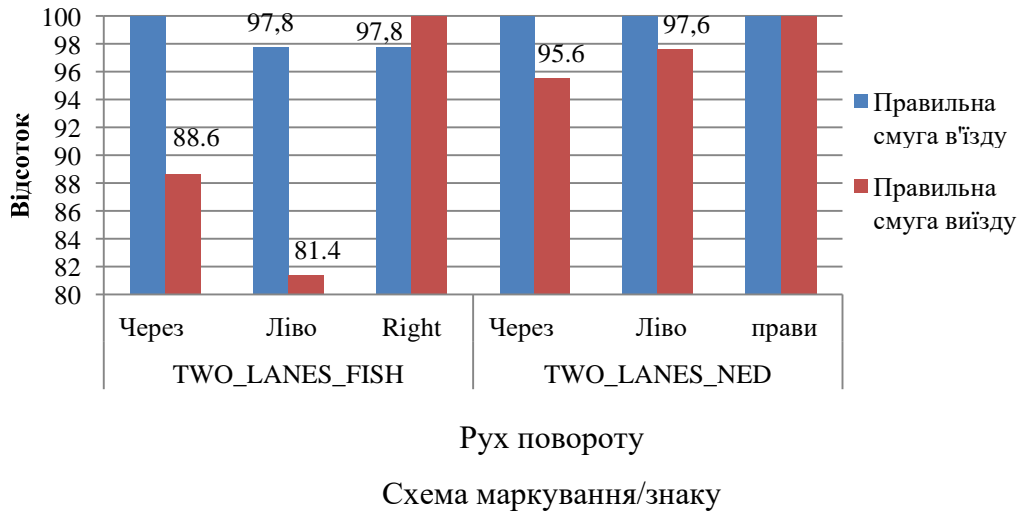


Рисунок 3.15 – Правильність вибору смуги руху на в'їзді та виїзді для двосмугового перехрестя з кільцевим рухом

Коли тест на зв'язок із використанням точного тесту Фішера проводився для перевірки можливого зв'язку вибору смуги руху та інших змінних, лише стаття була значущою на 95% рівні достовірності, коли виїзд наліво відбувався на роторній кільцевій розв'язці зі схемою NED. Оскільки 1 представляв чоловіка, ми можемо спостерігати в таблиці 7, що жоден чоловік (0%) не вибрав неправильну смугу виїзду, коли рухався ліворуч, тоді як 7,5% загалом обрали неправильну смугу виїзду, і це були жінки.

Таблиця 3.7 – Асоціація статі та лівих виходів для схеми NED

	Ротор	
	Стать	
Виїзд зі смуги NED ліворуч	0	1
	7.5	0
1	30	62.5

Значення P точного критерію Фішера = 0,046

### 3.10. Утримання смуги руху

Результати показують, що при проїзді частка водіїв, які дотримуються смуги руху, майже однакова. Однак кільцеве перехрестя з двома смугами руху показало кращий результат, ніж роторне турбо-кільце при русі ліворуч (97,1% у

порівнянні з 85,2% відсотків водіїв, які дотримувались смуги руху). Це протилежне очікуваному, оскільки турбо-кільцеві перехрестя спеціально розроблені для вирішення цієї проблеми за допомогою роздільників, які утримують користувачів на їхніх смугах руху.

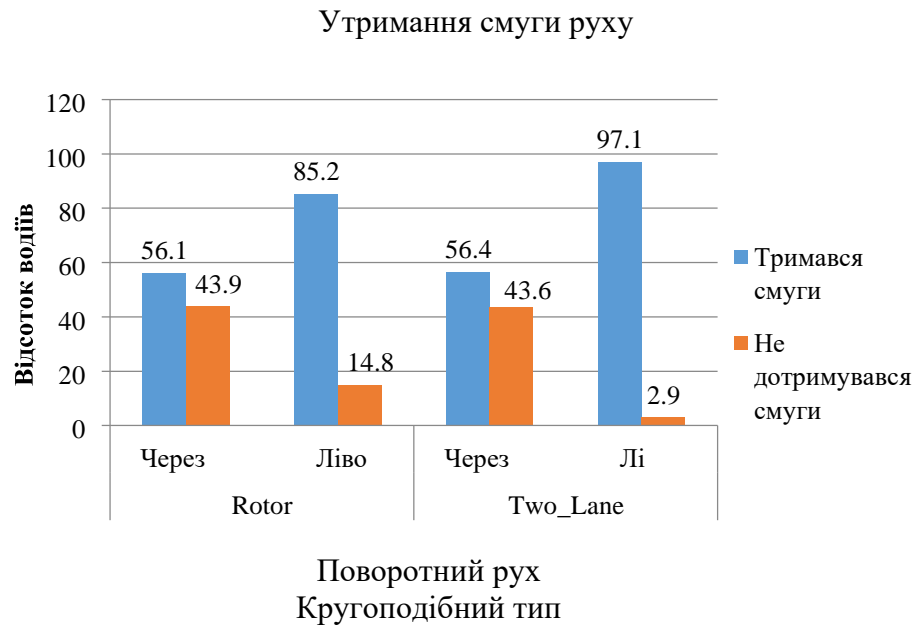


Рисунок 3.16 – Дотримання смуги руху на різних перехрестях і рухах

Для аналізу зв'язків (див. таблицю 3.8) було виявлено, що дотримання смуги руху під час проходження статі було значущим на 95% рівні достовірності на двосмуговому кільцевому перехресті. Вік був значущим на 90% рівні достовірності для роторного кільцевого перехрестя, тоді як досвід водіння був значущим для 90% рівня достовірності, коли кільцеве перехрестя є двосмуговим. Таблиця 3.9 показує, що під час руху ліворуч на кільцевому перехресті з роторним турбонаддувом досвід руху з кільцевим рухом був суттєвим фактором у визначенні утримування смуги руху з рівнем достовірності 95%. Зі спостережуваних пропорцій люди, які мають більший досвід роботи з кільцевими розв'язками, з більшою ймовірністю триматимуть смугу руху на роторних турборозв'язках, ніж менш досвідчені.

Таблиця 3.8 – Асоціація дотримання смуги руху при проїзді з різними факторами

Дотримання смуги руху	Двосмугове кільце			Двосмугове кільце		Ротор		
	Стать			Досвід водіння		Вік		
		0	1	0	1			
	0	25,64	17,95	20,51	23,08	26,83	7,32	9,76
1	10,26	46,15	43,59	12,82	19,51	29,27	7,32	
Точний тест Фішера	P= 0,017			P=0,091		P=0,07		

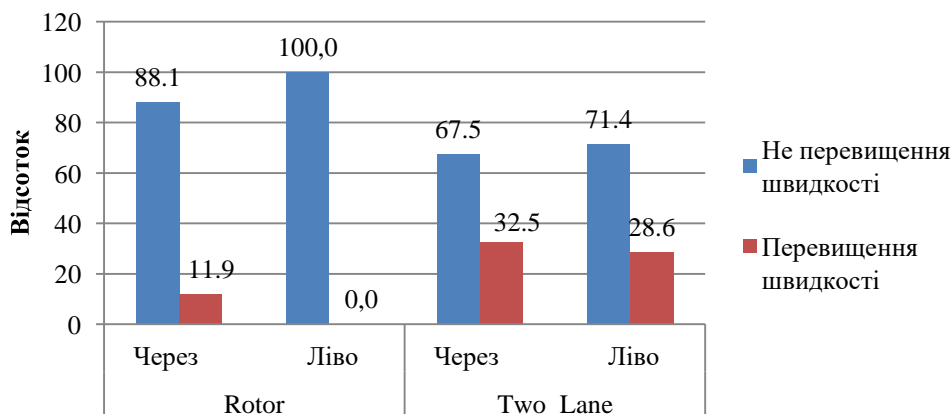
Таблиця 3.9 – Асоціація дотримання смуги руху під час руху ліворуч із досвідом об'їзду

		Роторна розв'язка	
		Досвід	
		0	1
Дотримання смуги ліворуч	0	14,81	0
	1	33,33	51,85

Точний критерій Фішера P = 0,041

### 3.11. Швидкість навігації

Роторні кільцеві розв'язки показали кращі показники порівняно з сучасними двосмуговими перехрестями з круговим рухом щодо нижчих навігаційних швидкостей. Як показано на Рисунку 3.17, 32,5% водіїв перевищували швидкість під час проїзду в порівнянні з 11,9% для ротора. Під час руху ліворуч роторний турбонаддув спрацював навіть краще, оскільки жоден дайвер не перевищував швидкість у порівнянні з 28,6% двосмугового кільцевого руху. Це підтверджує те, що геометрія роторної кільцевої розв'язки сконструйована таким чином, щоб вона сповільнювала транспортні засоби до зниження швидкості руху, отже, зменшувала кількість аварій, тяжкість аварій і покращувала пропускну здатність (12).



Поворотний рух Кругового типу

Рисунок 3.17 – Відсоток водіїв, які перевищують швидкість

Таблиця 3.10 показує, що змінний тип кільцевої розв'язки, як видно з наведених вище результатів, і вік (під час руху по двох смугах) були суттєво пов'язані з перевищенням швидкості. Однак вік не був значущим, коли швидкість була під час поворотів ліворуч. Як видно з вищих пропорцій, більша ймовірність того, що водії на двосмуговому кільцевому перехресті перевищать швидкість, ніж на роторі.

Таблиця 3.10 – Асоціація перевищення швидкості з типом кільцевої дороги та віком

		Тип кільцевої дороги			Вік	
		Ротор	Двосмугова		Двосмугова	
				Y	M	O
Перевищення швидкості	0	45.12	32,93	30	20	17.5
	1	6.1	15.85	15	17.5	0
Перевищення швидкості-ліворуч	0	46,97	37,88			
	1	0	15.15			

Точний тест Фішера:

$P = 0,033$  (через);  $P = 0,001$  (зліва)  $P = 0,097$

З коробкового графіка швидкості в усіх точках даних між входом і виїздом нижче (Рисунок 3.18) середні швидкості та інтерквартильні діапазони показують, що в середньому роторні кільцеві розв'язки мали нижчу навігаційну швидкість, як і очікувалося, порівняно з сучасними двосмуговими кільцевими



розв'язками. Повороти ліворуч кожного типу кільцевих перехресть мали менші швидкості, ніж наскрізні рухи. Це більш помітно з роторними турбокільцями завдяки його геометрії.

Важливо відзначити, що середні швидкості обох роторних турбонавантажувачів були нижчими від рекомендованої швидкості (15 км на годину), як зазначено червоною пунктирною лінією. Цього не було досягнуто двома рухами двосмугового кільцевого перехрестя.

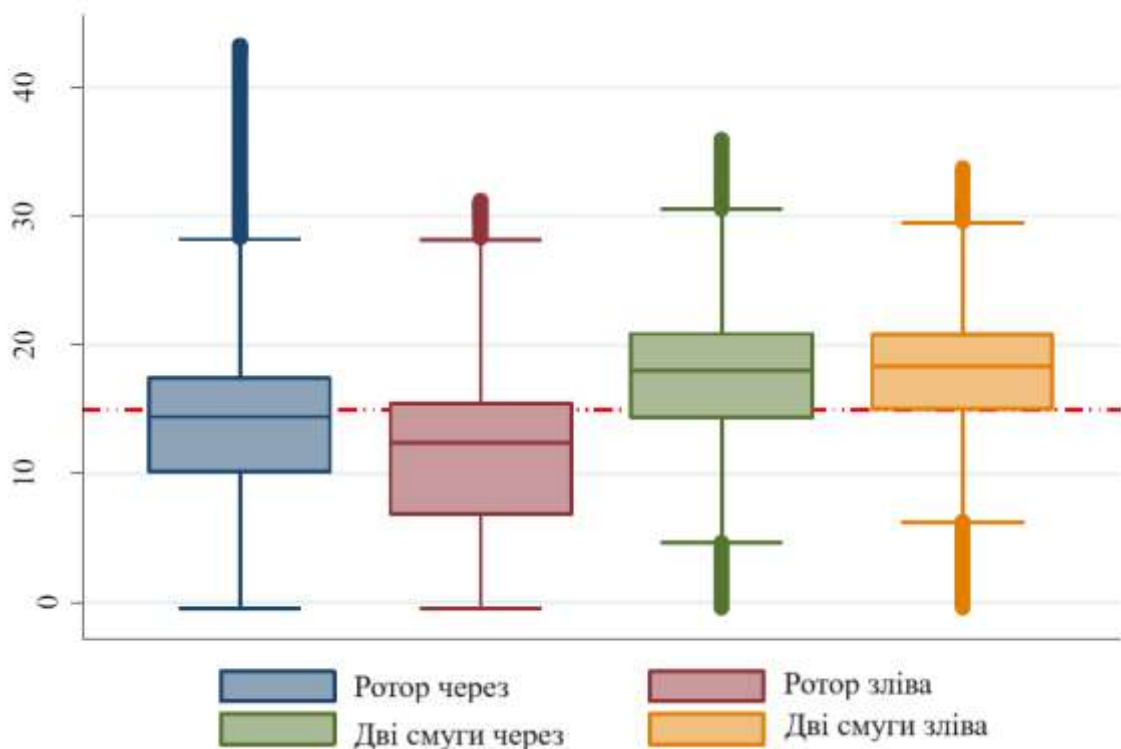
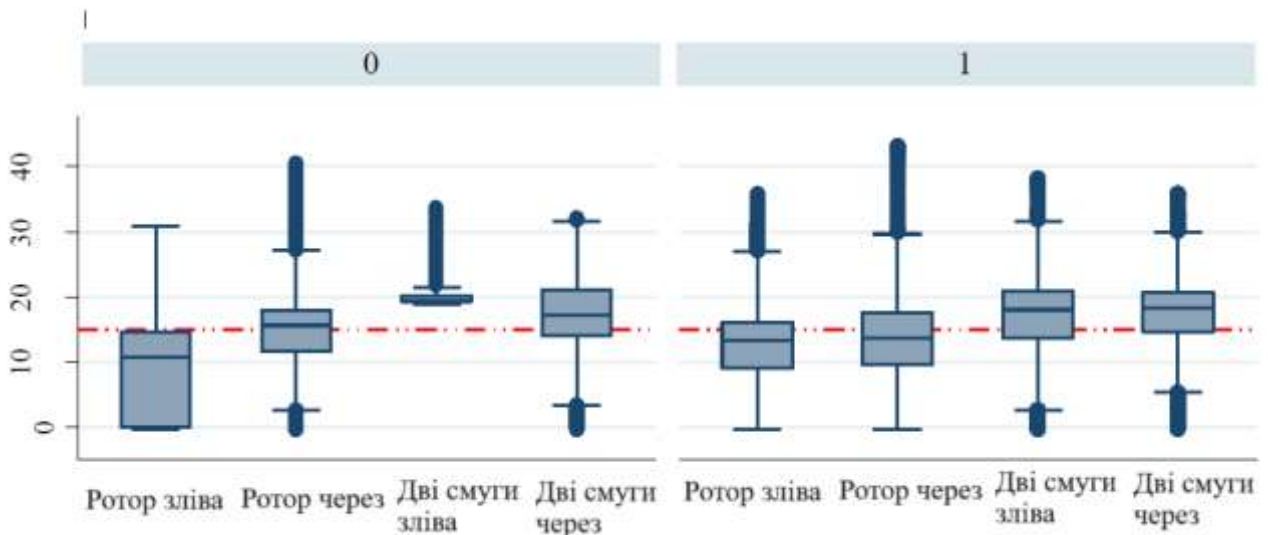


Рисунок 3.18 – Графік швидкості між входом і виїздом

Для подальшого аналізу, щоб з'ясувати взаємозв'язок між перевищенням швидкості та дотриманням смуги руху, було підготовлено ще один графік. На рисунку 3.19 видно, що, за винятком повороту ліворуч на роторному турбокільці, середня швидкість для тих, хто не дотримувався смуги руху, для кожного відповідного кільцевого перехрестя та типу руху повороту була дещо вищою, ніж для тих, хто дотримувався смуги. Таким чином, швидкість навігації є важливим фактором утримання смуги руху.



Графіки за дотриманням смуги (1 = учасник тримався смуги, 0 = учасник не тримався смуги)

Рисунок 3.19 – Швидкість між входом і виїздом як функція утримання смуги

### 3.12. Поступлива поведінка

З Рисунку 3.20 можна зробити загальне спостереження, що на всіх типах кільцевих розв'язок поступалося більше людей, ніж від них вимагалось. Водії на кільцевій розв'язці з турбо ротором загалом віддавали більше, як показали вищі показники податливості на обох поворотах (60% і 69,8% у порівнянні з 37,8% і 40,9% у двосмуговому кільцевому транспорті). З цього аналізу важко зробити висновок, що кільцеві розв'язки з турбо ротором впливають на поведінку водіїв більше, ніж двосмугові кільцеві розв'язки.

Це пов'язано з тим, що відсоток водіїв, який повинен був отримати вихід, відрізнявся в кожному випадку.

Співвідношення прохідності/(необхідної прохідності) було розраховано, щоб визначити відносну поведінку податливості, зважену проти вимоги про прохідність (тобто, коли в межах кільцевої розв'язки був транспортний засіб, якому потрібно поступитися). Чим вищий коефіцієнт, тим краща продуктивність, і, як видно з таблиці 3.11, водії, які рухалися по двох смугах, показали кращі результати, ніж інші рухи з коефіцієнтом 2,13, і водії, які

повертали ліворуч на дві смуги, порівняно з водіями, які повертали ліворуч з роторним турбо. Подальший аналіз показує відсоток тих, хто повинен був поступитися, але не поступився, вказує на низький відсоток (від 0% до 4,44%) водіїв, які повинні були поступитися, але не поступилися (див. таблицю 3.11). Це означає, що більшість водіїв поступилися, коли від них вимагали, і поведінка поступок не сильно відрізнялася між двома типами перехресть з круговим рухом, коли поступка була потрібна.

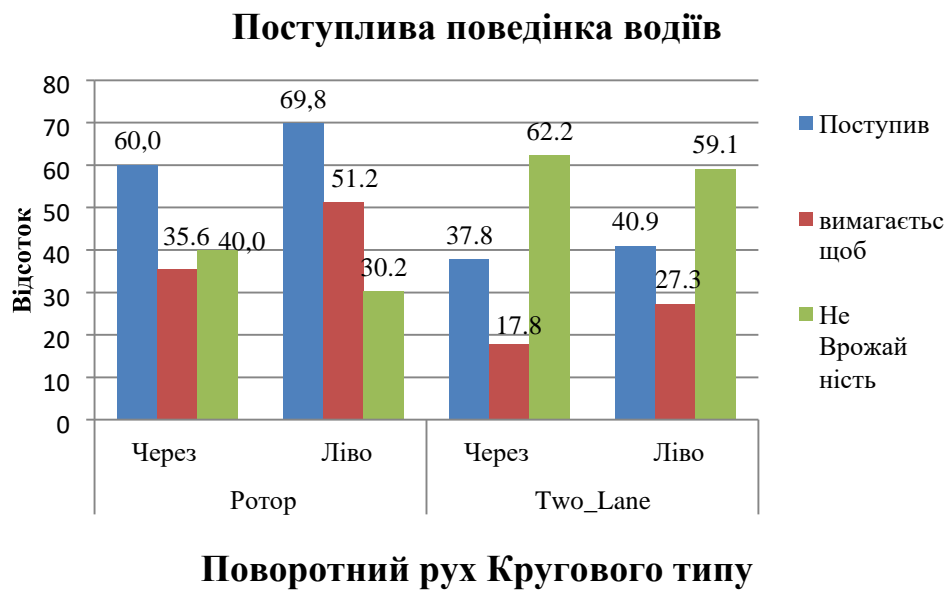


Рисунок 3.20 – Поступлива поведінка водіїв

Тип руху з круговим рухом мав значний зв'язок із поступленням при повороті ліворуч на 95% рівні достовірності. Відповідно до пропорцій, наведених у таблиці 3.12, перехрестя з круговим рухом показало кращі показники поступливості під час повороту ліворуч.

Таблиця 3.11 – Поступлива поведінка водіїв між перехрестями з круговим рухом

	Ротор		Двосмугова	
	Через	Ліворуч	Через	Ліворуч
Не поступався (%)	60,00	69,77	37,78	40,91
Обов'язковий для поступлення (%)	35,56	51,16	17,78	27,27
Поступився/Потрібно	1,69	1,36	2,13	1,50
Необхідно, але не поступився (%)	0	4,44	2,22	4,44

Таблиця 3.12 – Асоціація поступливого лівого та кругового типу

	Тип кільцевої дороги		
		Ротор	Двосмуговий
Поступаючись ліворуч	0	14,94	29,89
	1	34,48	20,69

Критерій Фішера  $P = 0,01$

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Аналіз причин виникнення пожеж на автомобільному транспорті

На автомобільному транспорті основними причинами виникнення пожеж є наступні:

- порушення герметичності з'єднань паливних систем, займання паливо-мастильних матеріалів, контакт струмоведучих частин із легкозаймистими поверхнями;
- займання паливо-мастильних матеріалів, що було спричинене утворенням іскри внаслідок контакту металевих частин транспортних засобів в момент дорожньо-транспортної пригоди;
- самозаймання паливо-мастильних матеріалів від статичної електрики;
- самозаймання горючих матеріалів, спричинене несправністю електричного обладнання або кабелів живлення;
- самозаймання горючих матеріалів транспортного, спричинене дією відкритого вогню (зварювальні роботи, надмірний нагрів вузлів транспортного засобу, паління, тощо);
- несправність в системі запалювання та живлення транспортного засобу.

Заходи безпеки на автомобільному транспорті.

Огляд транспортних засобів та пошук в них несправностей, особливо в системах живлення та мащення не повинен здійснюватися за допомогою джерел відкритого вогню. Для цього слід використовувати електричні лампи із захисною металевою сіткою. Знімання клем із акумуляторів транспортних засобів потрібно здійснювати обережно, щоб воно не супроводжувалось утворенням іскор. Усі струмоведучі частини та з'єднання слід захищати від контакту з металевими предметами та інших струмопровідних матеріалів.

Місця зупинки та стоянки транспортних засобів не повинні суміщатися із місцями миття рук бензином та іншими горючими матеріалами. Розлиті паливо-мастильні матеріали повинні бути засипані піском і винесені за межі гаражів або у спеціально відведені місця.

Забороняється залишати без нагляду ганчірки, які використовувались для протирання автомобільних деталей і мають сліди паливо-мастильних матеріалів. Такі речі потрібно складувати у спеціально відведені металеві скрині, які щільно закриваються. Після закінчення робіт такі ганчірки потрібно утилізувати.

Закриті та відкриті стоянки транспортних засобів не повинні бути місцями зберігання легкозаймистих речовин, вогненебезпечних речовин та вантажів. Також забороняється складувати їх у проїздах та проходах.

Гаражі та автотранспортних господарствах повинні бути розроблені схеми евакуації транспорту та персоналу на випадок виникнення пожежі або аварії. Ці плани повинні знати всі працівники підприємства, а навчання на перевірку таких знань потрібно проводити кожних 6 місяців.

Дії водіїв транспортних засобів при пожежі.

Якщо займання транспортного засобу сталося в дорозі, то водій зобов'язаний з'їхати на узбіччя, вимкнути запалення та зупинити транспортний засіб. Після цього водій зобов'язаний забезпечити найшвидшу евакуацію з транспортного засобу пасажирів, якщо такі є і приступити до ліквідації займання.

Якщо почалося горіння пролитого під автомобілем пального, то ліквідацію пожежі слід почати з нього. Слід також пам'ятати, що відкриття капоту транспортного засобу підсилює горіння, оскільки збільшує доступ кисню, який є продуктом горіння.

Основна запорука успіху палаючого автомобіля полягає у оперативності гасіння пожежі. Для цього необхідно знати час безперервної роботи вогнегасника, щоб правильно розрахувати свої дії.

Для раціональнішого використання діючої речовини вогнегасника слід використовувати його запірні пристрої. Це дозволить локалізувати кілька осередків займання одним і тим же вогнегасником.

Найшвидше вдається загасити полум'я використовуючи кілька джерел гасіння. Такий ефект використовується завдяки застосуванню кількох вогнегасників одночасно. Цього можна досягнути лише за допомогою кількох водіїв. Гасіння пожежі здійснюють з підвітряного боку, а струмінь активної

речовини вогнегасника спрямовують не на полум'я, а на поверхню, яка горить. Гасіння ж палива, але витікає здійснюють знизу вверху, а не навпаки.

При гасінні пожежі необхідно підібрати відповідний вогнегасник. Для цього необхідно знати якого типу горючі речовини є в транспортному засобі. Гасіння водою транспортних засобів чи паливо-мастильних матеріалів є неефективним, оскільки вода не може їх загасити. Пінні вогнегасники для гасіння пожежі на транспортному засобі, які є досить ефективними для цього також не підійдуть, оскільки можуть спричинити коротке замикання. Для гасіння пожежі на транспортному засобі доцільно використовувати лише порошкові вогнегасники. Внаслідок дії активної речовини перекривається доступ кисню і полум'я не може продовжуватись жити киснем.

Порошкові вогнегасники поділяють на дві категорії:

- перша – вогнегасники наповнені газом для викидання порошку;
- друга – вогнегасники, які використовують для викидання порошку окремі балони чи ємності наповнені стиснутим повітрям.

Ефективним є також використання вуглекислотних вогнегасників, принцип роботи яких полягає у тому, що активна речовина вуглекислота. Ці вогнегасники слід використовувати з обережністю. Струмінь вуглекислоти має дуже низьку температуру та може спричинити обмороження. Також слід мати на увазі, що пари вуглекислоти можуть призвести до паралізації органів дихання.

Вогнегасники слід купувати у спеціалізованих магазинах, ознайомившись із сертифікатом відповідності та якості. Використовувати можна лише вогнегасники із актуальним терміном використання.

## **4.2. Безпека життєдіяльності на транспорті**

В транспортній системі міст важливе місце посідає громадський автомобільний транспорт. Він представлений різними видами автомобільного транспорту, зокрема автобусами, тролейбусами, маршрутними таксі.

Висока інтенсивність транспортних потоків, низька соціальна відповідальність та кваліфікація водіїв, недисциплінованість учасників дорожнього руху та низька якість дорожнього покриття призводять до великої кількості аварій, багато з яких мають летальні наслідки.

Основними видами аварій міського автомобільного транспорту є перекидання, зіткнення, наїзди на пішоходів, тварин та нерухомі перешкоди.

В теперішній час автомобільний транспорт став ще більше небезпечнішим.

Для сучасного міста характерними є високі швидкості руху транспортних засобів, що спричиняє більші гальмівні шляхи при однакових інших умовах руху.

Із настанням осінньо-зимового періоду тривалість денного світла значно скорочується та погіршується видимість, що призводить до необхідності їздити із увімкненими фарами впродовж цілого дня. Ігнорування цим фактом може призвести до недостатньої видимості транспортного засобу на дорозі, і як наслідок, утворення дорожньо-транспортної пригоди.

Своєчасній заміні покришок автомобілів на відповідні сезону також слід приділяти належну увагу. Для цього слід періодично перевіряти прогноз погоди, а із зниженням середньодобової температури нижче 7 С потрібно замінити літні покришки колісних транспортних засобів на зимові. Перед цим слід переконатись, що величина протектора покришки лежить в дозволеному діапазоні значень, а сам її стан виключає тріщини, оголення корду, гулі та виривання резино-гумової суміші.

Слід також мати на увазі, що обочини доріг мають інші фізико-механічні властивості ніж основне покриття, тому при контакті із ним автомобіль може втратити керованість.

Для пасажирів громадських транспортних засобів слід дотримуватись правил безпеки на транспорті.

Для цього не можна обходити транспортний засіб спереду, оскільки при цьому не буде видно транспортних засобів, які здійснюють об'їзд транспорту, з якого виходять пасажири.

В громадському транспорті слід дотримуватись наступних правил:



- заходити у транспортний засіб або виходити з нього можна лише при повній його зупинці;
- потрібно намагатись зайняти місце в середній частині салону транспортного засобу а не біля проходу, щоб не утруднювати прохід іншим пасажиром;
- забороняється використовувати двері транспортного засобу як опору, оскільки вони можуть самовільно відчинитись у випадку несправності;
- потрібно триматись за горизонтальні або вертикальні поручні, щоб усунути можливість удару об металеві частини салону;
- під час руху забороняється відволікати водія розмовами;
- якщо пасажир розуміє, що відбудеться ДТП потрібно зайняти фіксує для тіла положення;
- при ДТП не потрібно кричати та махати руками, потрібно зберігати спокій та намагатись добратись до найближчого вільного виходу, або використовувати аварійні виходи із транспортного засобу;
- після того як пасажир вибрався із транспортного засобу потрібно викликати аварійні служби і вже потім допомагати іншим пасажиром вибиратись із пошкодженого транспортного засобу.

## ВИСНОВКИ

Розуміння водіями концепції «будь-якої смуги» на кільцевих перехрестях все ще викликає занепокоєння. Водії, як правило, віддають перевагу лише одному варіанту, оскільки дуже високий відсоток водіїв користується крайньою правою смугою, щоб їхати праворуч, і середньою смугою, щоб проїхати через роторну турборозв'язку, не використовуючи інші доступні варіанти. Це може бути проблемою, яка впливає на пропускну спроможність турбо кільцевої розв'язки, коли одна смуга використовується надмірно, а інша додаткова смуга – ні.

З описової статистики було показано, що більше водіїв віддають перевагу перехрестям з огляду на навігацію, тоді як з точки зору безпеки вони віддають перевагу перехрестям з круговим рухом.

Оскільки 66 відсотків водіїв повідомили, що вони можуть змінити смугу руху, уже їдучи в межах кільцевої розв'язки, проблеми з перелаштуваннями, які виникають на сучасних кільцевих розв'язках, є помітними. Проте результати показали, що дещо надають перевагу кільцевим перехрестям із двома смугами руху, хоча й без статистичної значущості.

Схемі рибальського гачка надано перевагу порівняно зі схемою NED через високу оцінку легкості розуміння порівняно зі схемою NED. Ефективність двох схем у всіх сценаріях істотно не відрізнялася. Таким чином, схема рибальського гачка може бути прийнята для знаків використання смуг руху та розмітки тротуарів для турбо-кільцевих розв'язок.

З точки зору зниження навігаційної швидкості роторне турбо кільце дало кращі результати, ніж двосмугове сучасне кільце. Усі його середні швидкості для різних сценаріїв були нижчими від рекомендованої швидкості 15 км на годину.

Турбо-кільцева розв'язка працює краще, оскільки мінімум 92,5 відсотка водіїв роблять правильний вибір смуг у порівнянні з 81,4 відсотками для двох смуг. Це можна пояснити наявністю смуг, які фізично розділені перегородками, які також допомагають спрямувати транспортний засіб на праву смугу на в'їзді та виїздах. Схема NED перевершила рибальський гачок для скерування водіїв

вибирати правильні смуги під час використання на двосмуговому кільцевому перехресті.

Люди, які мають більший досвід роботи з кільцевими розв'язками, з більшою ймовірністю триматимуть смугу руху на роторних турборозв'язках, ніж менш досвідчені. Це свідчить про те, що якщо будуть прийняті турбовані кільцеві перехрестя, водії працюватимуть краще, проїжджаючи ними, оскільки вони набудуться досвіду.

Згідно з аналізом пропускної здатності, водії загалом справлялися добре, коли від них вимагали поступатися іншим транспортним засобам із перевагою на обох типах кільцевих розв'язок. Однак важко зробити висновок, який тип кільцевої розв'язки був кращим, оскільки різні заходи показали різні результати. Співвідношення прохідності/(обов'язкової прохідності) показало, що дві смуги були кращими, тоді як більші пропорції водіїв, які повертали ліворуч, з тесту Фішера, який був значним, показав, що водії мають більше поступатися на роторній турборозв'язці.

Рекомендації.

Однією з важливих особливостей турбо-кільцевого перехрестя є фізичний розділювач смуг. Це допомагає стримувати водіїв від зміни смуги руху в межах кільцевої розв'язки. Симулятори фіксованої основи не можуть відтворити передбачуваний дискомфорт, який створюють перегородки водіям, коли вони перетинають або їдуть по них у реальному житті. Необхідно провести додаткові дослідження щодо того, як вони насправді впливають на поведінку водія, наприклад на дотримання смуги руху на турборозв'язках.

Було б доцільно вивчити, як водії поведуться на турборозв'язках і сучасних кільцевих розв'язках при різних рівнях трафіку. У цьому дослідженні неможливо було досягти контролю за щільністю руху, тому водії стикалися з випадковими умовами руху. Для цього дослідження навколишній рух не поступався на кільцевих розв'язках. Варто вивчити ефект від використання кращої логіки транспортного засобу, наприклад, поступливої поведінки, особливо для зовнішнього руху на кільцевому перехресті, завдяки використанню програмного забезпечення з кращою логікою транспортного засобу на складних перехрестях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A strategy to reduce older driver injuries at intersections using more accommodating roundabout design practices. Lord, Dominique , et al. 2007 , Accident Analysis and Prevention, Vol. 39, pp. 427–432.
2. Accommodating small and large users at roundabouts. Weber, Philip and Button, Nancy. Vancouver, British Columbia : s.n., 2009. Sustainability in Development and Geometric Design for Roadways .
3. Allen, D., Bygrave, S., & Harper, H. (2005). Behavior at Cycle Advanced Stop Lines Report No. PPR240. London, UK: Transport for London, London Road Safety Unit.
4. Cyclists in roundabouts—Different design solutions. Sakshaug, Lisa , et al. s.l. : Elsevier, 2010, Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, pp. 1338–135.
5. Cyclists’ perception of risk in roundabouts. Møller, Mette and Hels, Tove . s.l. : Elsevier Ltd., 2008, Accident Analysis and Prevention, Vol. 40, pp. 1055–1062.
6. Demand Characteristics in Assessing Motion Sickness in a Virtual Environment:Or Does Taking a Motion Sickness Questionnaire Make You Sick? Sean, Young D, Bernard, Adelstein D and Stephen, Ellis R. 3, 2007, IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION AND COMPUTER GRAPHICS, Vol. 13, pp. 422-428.
7. Denver Public Works Transportation & Mobility. (2016). Bicycle Crash Analysis, Understanding and Reducing Bicycle & Motor Vehicle Crashes.
8. Dickins, I. S. (1991). Park and ride facilities on light rail transit systems. Transportation, 18(1), 23-36.
9. DiGioia, J., Watkins, K. E., Xu, Y., Rodgers, M., & Guensler, R. (2017). Safety impacts of bicycle infrastructure: a critical review. Journal of safety research, 61, 105-119.
10. Dijk, M., & Montalvo, C. (2011). Policy frames of Park-and-Ride in Europe. Journal of Transport Geography, 19(6), 1106-1119.

11. Dijk, M., de Haes, J., & Montalvo, C. (2013). Park-and-Ride motivations and air quality norms in Europe. *Journal of Transport Geography*, 30, 149-160.
12. Dill, J., Monsere, C. M., & McNeil, N. (2012). Evaluation of bike boxes at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 126-134.
13. Disorientation and Postural Ataxia Following Flight Simulation. Kennedy, Robert S, Berbaum, Kevin S and Lilienthal, Michael G. 1997, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, pp. 13-17.
14. European Commission's guidance for cycling projects in the EU. [https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cycling/guidance-cycling-projects-eu\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cycling/guidance-cycling-projects-eu_en)
15. European Union. 'Urban Europe Statistics on Cities, Towns and Suburbs 2016 Edition'. Luxembourg, 2016. <https://doi.org/10.2785/91120>.
16. Eurostat. 'Glossary: City - Statistics Explained'. Eurostat, 2018. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:City>.
17. Examining Statewide Public Perceptions of Roundabouts Through a Web-Based Survey. Savolainen, Peter T, Kawa, Jacquelyn M and Gates, Timothy J. 2012, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 25–33.
18. Fan, R., Yu, H., Liu, P., & Wang, W. (2013). Using VISSIM simulation model and Surrogate Safety Assessment Model for estimating field measured traffic conflicts at freeway merge areas. *IET Intelligent Transport Systems*, 7(1), 68-77.
19. Fayish, A., & Gross, F. (2010). Safety effectiveness of leading pedestrian intervals evaluated by a before-after study with comparison groups. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2198), 15-22.
20. Federal Highway Administration. *Manual on Uniform Traffic Control Decices*. 2009.
21. Fisher, Donald L, et al. *Handbook of Driving Simulation for Engineering, Medicine, and Psychology*. s.l. : CRC Press, 2011.

22. Fortuijn, Lambertus G.H and PJ, Carton. Turbo Circuits: A Well-trying Concept in a New Guise, Province of South Holland, The Netherlands. 2000.
23. Geometric Design and Safety Aspects of Roundabouts. Flannery, Aimee. 2007, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp. 76-81. ISSN 0361-1981.
24. Gettman, D., & Head, L. (2003). Surrogate safety measures from traffic simulation models. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (1840), 104-115.
25. Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., & Shelby, S. G. (2008). Surrogate safety assessment model and validation (No. FHWA-HRT-08-051).
26. Goodall, N., Smith, B., & Park, B. (2013). Traffic signal control with connected vehicles. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2381), 65-72.
27. Hirschmann, K., Zallinger, M., Fellendorf, M., & Hausberger, S. (2010, September). A new method to calculate emissions with simulated traffic conditions. In Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on (pp. 33-38). IEEE.
28. Hoek, Rogier R.M. Signalized turbo roundabout: A study into the applicability of traffic signals on turbo roundabouts. 2013. A student Master thesis.
29. Holguí, J., Yushimito, W. F., Aros-Vera, F., & Reilly, J. J. (2012). User rationality and optimal park-and-ride location under potential demand maximization. Transportation Research Part B: Methodological, 46(8), 949-970.
30. Houten, R., Retting, R., Farmer, C., & Houten, J. (2000). Field evaluation of a leading pedestrian interval signal phase at three urban intersections. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (1734), 86-92.
31. Huang, F., Liu, P., Yu, H., & Wang, W. (2013). Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field

- measured traffic conflicts at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1014-1024.
32. Hunter, W. (2000). Evaluation of innovative bike-box application in Eugene, Oregon. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1705), 99-106.
33. Institute of Transportation Engineers. *Enhancing Intersection Safety Through Roundabouts: an ITE informational report*. Institute of Transportation Engineers. 2008. ISBN-10: 1-933452-45-5.
34. James, E., Pederson, K., Ryan, C., Ryan, R., & Wascalus, J. (2011). *Minneapolis Bike Boxes: An Evaluation of Bike Boxes at Signalized Intersections Designed to Facilitate Bicyclist Left Turns*.
35. Jarzemskis, Dr. Andrius. Smart Continent, Personal communication. 23/01/2020.
36. Jie, L., Van Zuylen, H., Chen, Y., Viti, F., & Wilmink, I. (2013). Calibration of a microscopic simulation model for emission calculation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 31, 172-184.
37. Johnson, David M. *Simulator Sickness During Emergency Procedures Training in a Helicopter Simulator: Age, Flight Experience, and Amount Learned*. United States Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences. 2007.
38. Johnson, M., Newstead, S., Charlton, J., & Oxley, J. (2011). Riding through red lights: The rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuter cyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 323-328.
39. Karpenko, O., Horbenko, A., Vovk, Y., & Tson, O. (2017). Research of the structure and trends in the development of the logistics market in Ukraine. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 2(2), 57-66.
40. King, M. R. (2000, December). *Calming New York City Intersections*. In *Urban Street Symposium Conference Proceedings*.

- 41.Kothuri, S., Smaglik, E., Kading, A., Schrope, A., Aguilar, C., Gil, W., & White, K. (2018). Addressing Bicycle-Vehicle Conflicts with Alternate Signal Control Strategies (No. NITC-RR-897).
- 42.Lambertus, Fortuijn G.H and PJ, Carton. Turbo Circuits: A Well-trying Concept in a New Guise, Province os South Holland, The Netherlands. 2000.
- 43.Lessons Learned: Evolution of the Protected Intersection. by Alta Planning + Design, 2015
- 44.Li, Z., Chitturi, M., Zheng, D., Bill, A., & Noyce, D. (2013). Modeling reservation-based autonomous intersection control in vissim. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2381), 81-90.
- 45.Loskorn, J., Mills, A. F., Brady, J. F., Duthie, J. C., & Machemehl, R. B. (2013). Effects of bicycle boxes on bicyclist and motorist behavior at intersections in Austin, Texas. Journal of Transportation Engineering, 139(10), 1039-1046.
- 46.Lynn, W., McNeil, N., & Dill, J. (2013). Cost Analysis of Bicycle Facilities: Cases from Cities in the Portland, OR Region.
- 47.Manual on Uniform Traffic Control Devices, Interim Approval for Optional Use of a Bicycle signal face IA-16).
- 48.Massachusetts Department of Transportation (MassDot). Separated Bike Lane Planning and Design Guide. 2015.
- 49.Measurement of postrural stability before and after immersion in a virtual environment. Cobb, Susan Valerie Gray. s.l. : Elsevier, 1999, Applied Ergonomics, pp. 47-57.
- 50.Ministry of Transport, Public Works and Water management. Roundabouts - Application and design : A practical manual. 2009. VB/SE2008.0772.
- 51.Modern and alternative types of roundabouts – state of the art. Tollazzi, Tomaz and Rencelj, Marko. Vilnius, Lithuania : s.n., May 2014. The 9th



International Conference “ENVIRONMENTAL ENGINEERING”.  
eISBN 978-609-457-640-9 .

52. Molino, John A, et al. Lane Restriction Signing and Marking for Double-lane roundabouts. 2007.
53. Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-Roundabouts. Silva, Bastos Ana, Vasconcelos, Luís and Santos, Sílvia. 2014, Procedia - Social and Behavioral Sciences, pp. 137 – 146.
54. Multicriterion Assessment of Intersection Capacity, Safety, and Emissions. Vasconcelos, Luís, et al. 2014, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp. 28–37.
55. National Association of City Transportation Officials. (2014). Urban Bikeway Design Guide. Island Press.
56. National Association of City Transportation Officials. (2014). Urban Street Design Guide. Island Press.
57. National Highway Traffic Safety Administration. Speed Enforcement Camera Systems Operational Guidelines. US Department of Transportation. 2008.
58. National Highway Traffic Safety Administration. Speed Enforcement Program Guidelines. US Department of Transportation. 2008.
59. Navigation Signing for Roundabouts. Inman, Vaughan W, Katz, Bryan J and Hanscom, Fred R. 2006, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, pp. 18–26.
60. New Type of Roundabout: Dual One-Lane Roundabouts on Two Levels With Right-Hand Turning Bypasses – “Target Roundabout”. Tollazzi, Tomaž, Jovanović, Goran and Renčelj, Marko. 2013, Promet – Traffic&Transportation, Vol. 25, pp. 475-481.
61. Operational Efficiency of Roundabouts . Russell, Eugene R, Rys, Margaret J and Mandavilli, Srinivas. Anaheim, California : s.n., 2003. 2nd Urban Street Symposium .

62. Park, B., & Qi, H. (2005). Development and Evaluation of a Procedure for the Calibration of Simulation Models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1934), 208-217.
63. Park, B., & Schneeberger, J. (2003). Microscopic simulation model calibration and validation: case study of VISSIM simulation model for a coordinated actuated signal system. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1856), 185-192.
64. Performance Analysis of Basic Turbo-Roundabouts in Urban Context. Corriere, Ferdinando and Guerrieri, Marco. s.l. : Elsevier Ltd, 2012, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 53, pp. 622 – 632.
65. Postural instability precedes motion sickness. Stoffregen, Thomas A and Smart, Jr., James L. 5, s.l. : Elsevier Science Inc, 1998, *Brain Research Bulletin*, Vol. 47, pp. 437– 448.
66. Realtime Technologies Inc. Simvista Tile and Object Development and Maintenance Document. 2013.
67. Retrofitting closely spaced intersections using the peanut-turbo roundabout concept. Trueblood, Michael. Carmel, Indiana : s.n., 2011. *Transportation Research Board International Roundabout Conference* .
68. Roundabouts: Problems of and strategies for access. Wall, Robert , et al. 2005, *International Congress Series* , pp. 1085– 1088.
69. RoundaboutUSA. <http://www.roundaboutsusa.com>. [Online] [Cited: November 1, 2014.] <http://www.roundaboutsusa.com/history.html>.
70. Saito, M., Kim, K., and Scultz, G. G. Analysis of Safety Impact of Access Management Alternatives Using the Surrogate Safety Assessment Model, Report No. UT-17. 11. UDOT. June 2017.
71. Savchenko, L., Zhigula, S., Yurchenko, K., Vovk, Y., & Oleksiuk, A. (2021). Combination of different means of parcel deliveries in urban logistics in adverse weather conditions. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 6(1), 6-17.

- 72.Savolainen, P., Gates, T., Hacker, E., Davis, A., Frazier, S., Russo, B., ... & Schneider, W. (2014). Evaluating the Impacts of Speed Limit Policy Alternatives (No. RC-1609).
- 73.Signing and Pavement-Marking Strategies for Multi-Lane Roundabouts:An Informal Investigation. Kinzel, Christopher S. 2003. Urban Street Symposium.
- 74.Simulator evaluation of drivers' behaviour on horizontal curves of two-lane rural highways. Montella, A, et al. 2014, Advances in Transportation Studies an international Journal , pp. 91-104.
- 75.Simulator sickness during driving simulation studies. Brooks, Johnell O, et al. 2010, Accident Analysis and Prevention, Vol. 42, pp. 788–796.
- 76.Simulator sickness in a virtual environments driving simulator. Mourant, Ronald R and Thattacheny, Thara R. 2000. Proceedings of the IEA 2000/HFES 2000 Congress. pp. 534-537.
- 77.Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. Kennedy, Robert S. 1993, The International journal of aviation psychology, pp. 230-220.
- 78.Simulator Sickness Questionnaire: Twenty Years Later. Balk, Stacy A, Bertola, Mary Anne and Inman, Vaughan W. Bolton Landing New York : s.n., 2013. Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design. pp. 257-263. 9780615819723.
- 79.Song, G., Yu, L., & Zhang, Y. (2012). Applicability of traffic microsimulation models in vehicle emissions estimates: Case study of VISSIM. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2270), 132-141.
- 80.Souleyrette, R., & Hochstein, J. (2012). Development of a conflict analysis methodology using SSAM (No. InTrans Project 10-376).
- 81.StataCorp. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP. 2011.

82. Stevanovic, A., Stevanovic, J., Zhang, K., & Batterman, S. (2009). Optimizing traffic control to reduce fuel consumption and vehicular emissions: Integrated approach with VISSIM, CMEM, and VISGAOST. *Transportation Research Record: Journal of the transportation research board*, (2128), 105-113.
83. Tian, Z., Urbanik, T., Engelbrecht, R., & Balke, K. (2002). Variations in capacity and delay estimates from microscopic traffic simulation models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1802), 23-31.
84. Transportation Research Board. *Roundabouts: An Informational Guide Second Edition*. 2010. ISBN 978-0-309-15511-3.
85. Turbo Roundabouts: Design Principles and Safety Performance. Fortuijn, Lambertus G.H. 2009, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 16–24.
86. Turbo-roundabouts vs Roundabouts Performance Level. Giuffrè, O, Granà, A. and Marino, S. 2012, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, pp. 590 – 600.
87. Turbo roundabouts: Multicriterion Assessment of Intersection Capacity, Safety, and Emissions. Vasconcelos, Luís, et al. 2014, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, pp. 28–37.
88. Vasconcelos, L., Neto, L., Seco, Á., & Silva, A. (2014). Validation of the Surrogate Safety Assessment Model for Assessment of Intersection Safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2432), 1-9.
89. Vovk Y. Resource-efficient intelligent transportation systems as a basis for sustainable development. Overview of initiatives and strategies / Y. Vovk // *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 2016. – Vol. 1, No. 1. – p. 6-10. (Польша).

90. Wang, J. Y., Yang, H., & Lindsey, R. (2004). Locating and pricing park-and-ride facilities in a linear monocentric city with deterministic mode choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38(8), 709-731.
91. Wu, J., Radwan, E., & Abou-Senna, H. (2017). Determination if VISSIM and SSAM could estimate pedestrian-vehicle conflicts at signalized intersections. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1-14.
92. Zhou, S. E., Li, K., Sun, J., & Han, P. (2010). Calibration and validation procedure for intersection safety simulation using SSAM and VISSIM. In *ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems: Green, Intelligent, Reliable* (pp. 603-615).
93. Вовк Ю. Аналіз стану транспортної системи України та перспективи її розвитку [Електронний ресурс] / Юрій Вовк // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2015. — Вип. 2 (13). — С. 5-15.
94. Вовк Ю.Я. Комплексний підхід до вирішення проблем ресурсозбереження виробничих підприємств, сфери послуг та транспорту / Ю.Я. Вовк, О.Л. Ляшук, І.П. Вовк // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство (ТМІЕТ – 2017)", 21-22 вересня 2017 року, Херсон: ХДМА, 2017. - С. 15-16.
95. Вовк Ю.Я. Пути формирования ресурсоэффективной транспортной системы / Ю.Я. Вовк // *Экономические тенденции*, 2017. – Вып. 1, № 1. – С. 22-29. (Білорусь).
96. Вовк Ю.Я., Ляшук О.Л., Мосейко Ю.В., Хавтур П.В., Заривенний А.Р. Дорожній рух та його безпека: Програма «нульова смертність на дорогах» // *Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції* (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 12 листопада 2019 року). Кривий Ріг, 2019. 346 с. – С. 71-74.
97. Вовк, Ю. Я., & Худобей, Р. В. (2021). Контроль дотримання безпеки перевезень на громадському транспорті в умовах карантинних обмежень з використанням інтелектуальних транспортних систем.

Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 19 листопада 2021 року). Кривий Ріг, 2021. 238 с.

98.Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» дипломної роботи (для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології») / Укл.: Вовк Ю.Я., Цьонь О.П., Вовк І.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 28 с.

99.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А

### АНКЕТА

**Будь ласка, дайте відповіді на наведені нижче запитання, заповнивши, відмітивши або обвівши.**

1. Яка ваша вікова група:

- < 25 років
- 26-60 років
- 60+ років

2. Яка ваша стать

- Чоловік
- Жінка

3. Як довго Ви керуєте автомобілем (у роках)

---

4. Як часто ви їдете через кругові перехрестя?

- Щодня
- Часто
- Іноколи
- Ніколи

5. Наскільки легко вам орієнтуватися на кільцевих розв'язках порівняно зі звичайними перехрестями?

- Дуже легко порівняно з перехрестями
- Трохи простіше в порівнянні перехрестями
- Вони всі однакові
- На перехрестях трохи легше орієнтуватися
- На перехрестях дуже легко орієнтуватися

6. Наскільки безпечно ви почуваетесь під час перехрестя з круговим рухом порівняно з перехрестями?

- Дуже безпечно порівняно з перехрестями
- Трохи безпечніше порівняно з перехрестям
- Вони всі однакові
- Менш безпечний, ніж перехрестя

7. Чи можете ви змінити смугу, коли ви вже їдете в межах кругового перехрестя?

- Так
- Ні

8. Чи відчували ви (в минулому) такі симптоми в таких ситуаціях:

Під час водіння автомобіля

1. Нудота:

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

2. Головний біль:

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

3. Запаморочення:

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди



На атракціонах, таких як американські гірки

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

На авіаперельотах

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

Під час гри в комп'ютерні ігри

1. Нудота:

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

2. Головний біль:

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

3. Запаморочення:

- Ніколи
- Іноді
- Часто
- Майже завжди

9. **Інструкції:** Оберіть відповідь, наскільки кожен із наведених нижче симптомів впливає на вас ПРЯМО ЗАРАЗ.

1. Загальний дискомфорт:

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

2. Втома

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

3. Головний біль

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

4. Напруга очей

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

5. Труднощі з фокусуванням

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

6. Збільшення слиновиділення

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

7. Потовиділення

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

8. Нудота

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

9. Труднощі з концентрацією

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

10. Повнота голови

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

11. Помутніння зору

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

12. Запаморочення при відкритих очах

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

13. Запаморочення із закритими очима

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

14. \*Запаморочення

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

15. \*\*Усвідомлення шлунка

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

16. Відрижка

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

\* Запаморочення відчувається як втрата орієнтації відносно вертикального положення.

\*\* Відчуття шлунка зазвичай використовується для вказівки на короткочасне відчуття дискомфорту – нудоти

## АНКЕТА ПІСЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

1. **Інструкції:** Обведіть кружечком, наскільки кожен із наведених нижче симптомів впливає на вас ПРЯМО ЗАРАЗ.

1. Загальний дискомфорт:

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

2. Втома

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

3. Головний біль

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

4. Напруга очей

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

5. Труднощі з фокусуванням

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

6. Збільшення слиновиділення

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

7. Потовиділення

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

8. Нудота

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

9. Труднощі з концентрацією

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

10. Повнота голови

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

11. Помутніння зору

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

12. Запаморочення при відкритих очах

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

13. Запаморочення із закритими очима

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

14. \*Запаморочення

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

15. \*\*Усвідомлення шлунку

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

16. Відрижка

- Жодного
- Незначний
- Середньо-тяжкий

\* Запаморочення відчувається як втрата орієнтації відносно вертикального положення.

\*\* Відчуття шлунку зазвичай використовується для вказівки на короткочасне відчуття дискомфорту – нудоти

2. Коли ви їхали, ви помітили різницю між цією розміткою на тротуарах?

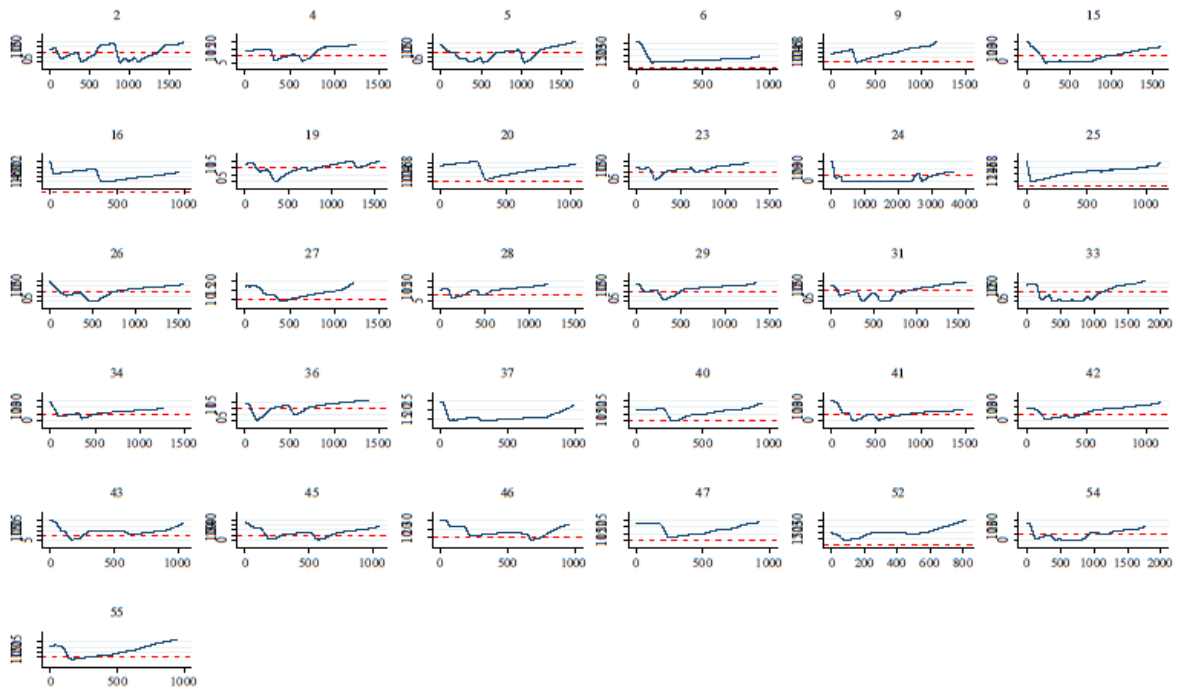


- Так
- Ні



# Ротор NED ліворуч

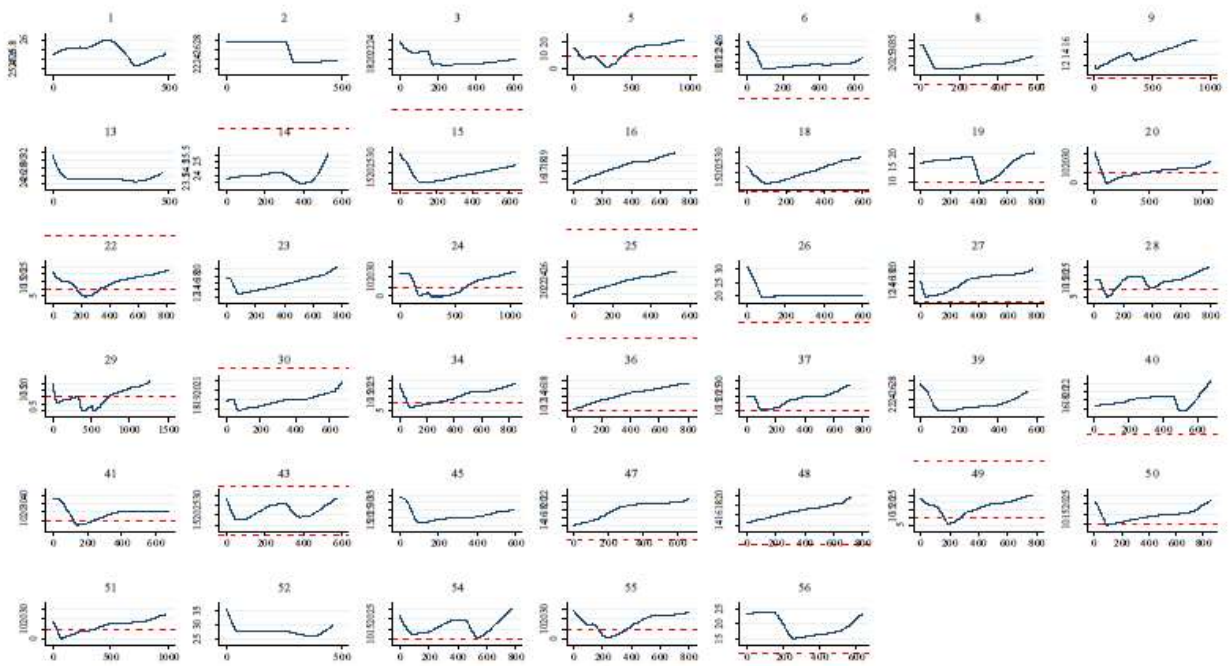
## Швидкість у різних точках даних між входом і виходом



## Точки даних

### Дві смуги NED через

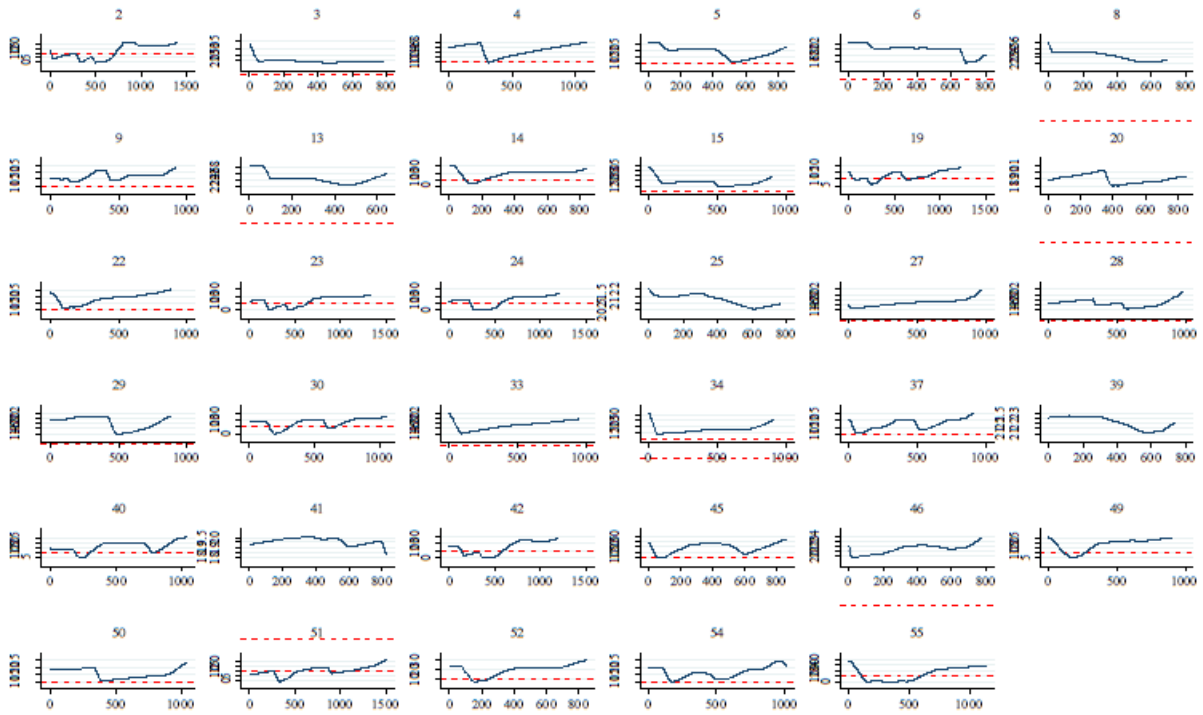
## Швидкість у різних точках даних між входом і виходом



## Точки даних

## Дві смуги NED ліворуч

### Швидкість у різних точках даних між входом і виходом



### Точки даних

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналізування безпеки та оцінка характеристик кільцевої розв'язки  
(комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МНм-61  
спеціальності 275.03 Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

Губич Н.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Петренко О.А.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Вовк Ю.Я.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Дзюра В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зав. кафедри Цьонь О.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

---

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

«  
»

Цьонь О.П.  
(прізвище та ініціали)

2023 р.

### **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Губич Наталії Василівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналізування безпеки та оцінка характеристик кільцевої розв'язки  
(комплексна тема)

Керівник роботи Вовк Ю.Я., к.т.н., доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «20» листопада 2023 року № 4/7-1070.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18.12.2023

3. Вихідні дані до роботи Інформаційні матеріали, джерела з мережі Інтернет

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Вступ. 2. Теоретичний розділ. 3. Аналітико-дослідницький розділ. 4. Проектно-рекомендаційний розділ. 5. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. 6. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Ілюстративний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Вовк Ю.Я., доц.		
Безпека в надзв. ситуаціях	Клепчик В. М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 10.11.2023

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.23	
2	Теоретичний розділ	18.11.23	
3	Аналітико-дослідницький розділ	24.11.23	
4	Проектно-рекомендаційний розділ	30.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	5.12.23	
6	Висновки	10.12.23	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Губич Наталія Василівна  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вовк Ю.Я.  
(прізвище та ініціали)