

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності регулювання руху на перехресті
(на прикладі м. Львів)

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

(на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Репіленко А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Вовк Ю. Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ляшук О. Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Олексюк В. П.

(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

Завідувач кафедри

Ляшук О. Л.
(прізвище та ініціали)

« »
(підпис)

2021 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 Репіленку Артему Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності регулювання руху на перехресті (на прикладі м. Львів)

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

Затверджені наказом ректора від «28» вересня 2021 року № 4/7-802.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15.12.2021

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

АНОТАЦІЯ

Репіленко А.В. Підвищення ефективності регулювання руху на перехресті (на прикладі м. Львів) – Рукопис.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 275.03 – транспортні технології (на автомобільному транспорті). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, – Тернопіль, 2021.

Об'єктом дослідження є регульовані перехрестя міста Львів.

Метою роботи є розроблення комплексу заходів щодо підвищення ефективності роботи регульованих перехресть.

У роботі встановлено взаємозв'язок параметрів регульованих перехресть із їхніми економічними показниками. Прогнозовано ефективність оптимізації параметрів світлофорного регулювання та розроблено шлях підвищення ефективності регулювання руху на перехресті.

Розглянуто питання з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

ПЕРЕХРЕСТЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ

ABSTRACT

Repilenko A.V. Improving the efficiency of traffic regulation at the intersection (on the example of Lviv) - Manuscript.

Qualification work for the master's degree in specialty 275.03 - transport technology (in road transport). - Ternopil Ivan Puluj National Technical University, - Ternopil, 2021.

The object of research is the regulated intersections of the city of Lviv.

The aim of the work is to develop a set of measures to improve the efficiency of regulated intersections.

The paper establishes the relationship between the parameters of regulated intersections with their economic indicators. The efficiency of optimization of traffic light control parameters is predicted and the way of increase of efficiency of traffic regulation at the intersection is developed.

Issues of labor protection and life safety are considered.

CROSSROADS, OPTIMIZATION, EFFICIENCY, TRAFFIC ADJUSTMENT

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕГУЛЮВАНИХ ПЕРЕХРЕСТКІВ	5
1.1. Автомобілізація та наслідки для транспортних систем.....	5
1.2. Управління транспортними потоками.....	10
2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЮВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЬ.....	12
2.1. Обчислювання параметрів оптимального світлофорного керування	12
2.2. Обчислювання параметрів адаптивованого світлофорного керування	15
2.3. Обчислювання ефекту від оптимізування параметрів світлофорного керування і вступ адаптивованого регулювання	18
2.4. Структуризація даних для статистичних досліджень	26
3. ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ПЕРЕХРЕСТЬ.....	29
3.1. Моделювання	29
3.2. Отримання аналітичної залежності	31
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	39
4.1. Контроль за режимами праці та відпочинку водіїв.....	39
4.2. Вимоги до фізичних та хімічних умов в кабіні автомобіля.....	40
4.3. Мікроклімат і його вплив на людину	43
4.4. Вплив електромагнітного випромінювання на людину	47
ВИСНОВОК	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	53

ВСТУП

Ефективна організація дорожнього руху – одна з актуальних проблем сучасного суспільства. Одна із складових цієї проблеми - вибір оптимальних режимів керування транспортними потоками, а також транспортними та пішохідними потоками. Неefективність транспортних систем призводить до загострення різноманітних проблем. Цьому сприяє неухильне зростання кількості легкових автомобілів громадян, компаній та підприємств різних форм власності легкових, вантажних та пасажирських. Дорожня мережа міст створює велику кількість пробок та заторів, що призводить до фінансових втрат, втрати часу, а також погіршує екологічну обстановку та призводить до збільшення аварійності. Для вирішення проблем необхідно розробити комплекс заходів щодо підвищення ефективності перехресть. Тому дослідження цьому напрямку досить актуальні.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комплексу заходів з підвищення ефективності керованих перехресть.

Об'єктом дослідження є окремі регульовані перехрестя міста Львова.

Методи дослідження – польові дослідження; статистичні методи (кореляційний та регресійний аналіз); аналітичні методи розрахунку тривалості циклу та окремих фаз регулювання світлофора; імітаційне моделювання.

Практична значимість роботи та рекомендації щодо використання результатів – реалізація запропонованих заходів дозволить підвищити ефективність світлофорних споруд.

Публікації на тему: Вовк Ю.Я. Автоматизоване водіння: підвищення безпеки вантажних перевезень автомобільним транспортом / Ю.Я. Вовк, М.І. Жук, А.В. Репіленко, А.І. Дмитрик // 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. – С. 32-35.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ РЕГУЛЮВАНИХ ПЕРЕХРЕСТКІВ

1.1. Автомобілізація та наслідки для транспортних систем

В останні роки в країні спостерігається неухильне зростання автомобілізації (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Рівень автомобілізації України в 2019 році [1]

Середній вік автопарку – 22,4 роки, що на 0,4 роки більше, ніж минулого року. Сталося це не лише через старіння вітчизняного автопарку, а й через ввезення в Україну переважно старих автомобілів – частка імпорту автомобілів, старших 8 років, становить 56% (рік тому цей показник становив 7%).

Загальний парк електромобілів в Україні становить 17 тисяч одиниць, а гібридів - 21,2 тисяч, і ці показники значно збільшилися порівняно з минулим роком.

Автомобілізація поряд з позитивним впливом на економіку та соціальний розвиток несе в собі і негативні наслідки, пов'язані з великою кількістю дорожньо-транспортних пригод, загиблих та поранених, величезними матеріальними збитками, негативним впливом на екологічний

стан міського середовища, захарашенням вулиць, що стоять автомобілями, транспортними заторами та різким зниженням швидкостей руху. На УДС міст місцями виникнення таких проблем є, як правило, регульовані перехрестя (РП), що визначають пропускну спроможність та інші споживчі властивості вулиць та доріг регульованого руху.

Очевидно, що з подальшим зростанням рівня автомобілізації в Білорусі кількість РП у містах та рівень їх завантаження також збільшуватиметься, що призведе до потреби ускладнення методів управління на РП, тому необхідно розвивати теорію та практику як локальних, так і системних методів підвищення споживчих властивостей, методів контролю та оцінювання якості дорожнього руху на регульованих перехрестях.

В Америці та країнах Європи широко поширене адаптивоване світлофорне керування, забезпечення першочерговістю громадського транспорту, мережеве регулювання [2].

Введення світлофорного керування на перехресті не завжди є виправданим. Тому є низка показників, що дозволяють оцінити необхідність такого запровадження. Одним із основних показників введення світлофорного керування на перетині доріг є сумарна напруженість руху транспортних струменів.

Крім інтенсивності руху основним критерієм для запровадження світлофорного керування на перетині доріг є число та тяжкість ДТП на перехресті [7].

При запровадженні світлофорного керування основними суперечливими вимогами є:

- забезпечення безпеки дорожнього руху та високої спроможності пропуску. Втрати загальної спроможності пропуску, зазвичай, відбуваються у проміжні такти світлофорного циклу, оскільки, у період припиняється рух транспортних засобів. Пропуск повертаючих струменів із конфліктом, як правило, призводить до підвищення загальної спроможності пропуску, але

водночас призводить до появи додаткових конфліктних точок (підвищення ймовірності ДТП);

- для пішохідного струменя необхідно забезпечити достатню тривалість дозвільного сигналу для переходу проїжджої частини та обмежити тривалість заборонного сигналу при цьому забезпечити достатню пропускну здатність основного транспортного струменя, що перетинає пішохідний перехід.

Враховуючи важливість і велику провізну здатність громадського транспорту перед перехрестям, можливе забезпечення йому першочерговістю з можливістю зміни напрямку руху, як показано на рис. 1.2 за рахунок затримки основного струменя.

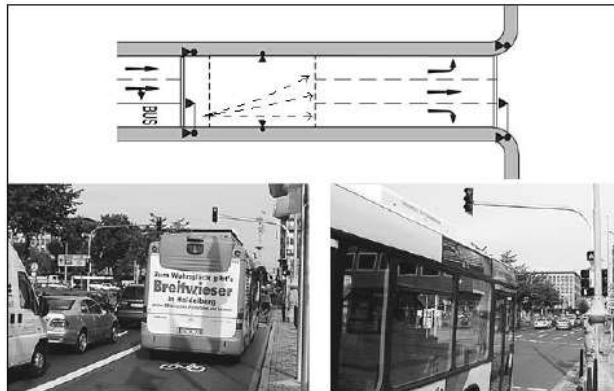


Рисунок 1.2 – Принцип і приклад першочерговісної пропуску автобусів у Німеччині перед регульованим перехрестям [6]

Для безпечної посадки/висадки пішоходів при зупинках трамваїв на середині проїжджої частини, можливо, пристрій тимчасових острівців за допомогою світлофорного керування (рис. 1.3).

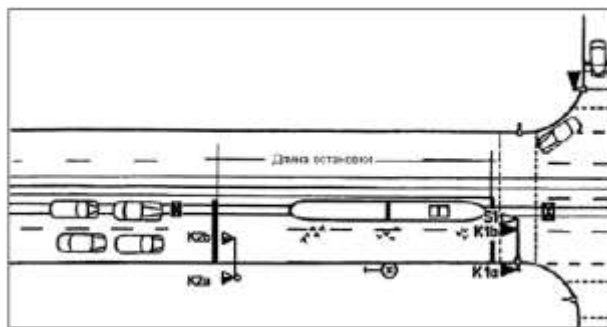


Рисунок 1.3 – Забезпечення безпечного переходу проїзної частини під час посадки/висадки пасажирів на трамвайній зупинці [6]

З наведеного вище можна зробити висновок, що напруженість руху і пропускну здатність на перетині доріг є найважливішими критеріями застосування керованих перехресть. Разом з тим, при проектуванні ізольованих керованих перехресть та за кордоном застосовується ще низка показників для оцінювання їх споживчих властивостей на різних стадіях містобудівного проектування.

У [8] порівнюється ефективність введення жорсткого світлофорного управління на нерегульованому перехресті, і організування перетину з круговим рухом. З цієї статті випливає, що жорстке світлофорне керування буде ефективним за коефіцієнта завантаження до 0,85 для міських доріг і до 0,75 для приміських і сільських доріг (рисунок 1.4). При збільшенні коефіцієнта завантаження смуги руху спостерігатимуться корки та надмірні черги під час під'їзду до перехрестя. Також у цій статті розглядається проблема нерівномірності транспортного струменя у часі. Як зазначає автор, що навіть використання кількох тимчасових програм світлофорного управління протягом дня, не допомагають суттєво покращити ситуацію на перехресті. Через старіння часових програм ефективність світлофорного керування постійно знижується.

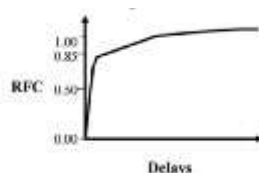


Рисунок 1.4. - Залежність затримок (Delays) від коефіцієнта завантаження смуги руху (RFC)

У [9] автори дійшли висновку, що «Аналіз різних моделей в контрольованому лабораторному середовищі довів, що будь-яка зміна в такій системі ніколи не надає математично передбачуваного впливу на контрольовані значення транспортного струменя, незалежно від рівномірного збільшення значення параметрів моделі. Кожна система дорожнього руху є насправді поодиноким випадком з характерними транспортними та

технологічними умовами та вимогами безпеки, в яких виникають транспортні потоки.»

Проблема жорсткого світлофорного керування та перехідних інтервалів розглядається у [10]. Автор пропонує використання детекторів транспорту при наближенні до перехрестя, для прогнозування транспортного струменя, що рухається з кожного входу та визначення першочерговістю сигналу світлофора, а також встановлення детекторів у зупинкових пунктів, щоб громадський транспорт, починаючи рух, подавав сигнал у контрольний пункт, тим самим викликаючи зелений для свого напрямки (рисунок 1.5).

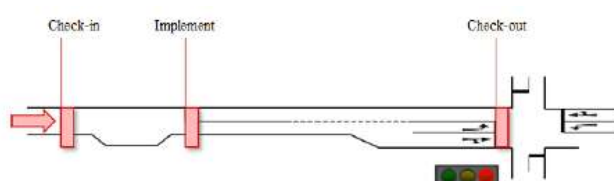


Figure 3 – Typical public transport detectors

Рисунок 1.5 – встановлення детекторів громадського транспорту

У статті "Оцінка спроможності пропуску напрямків руху на регульованих перехрестях" [11] розглядається проблема зміни величини струменя насичення протягом часу. На думку авторів, точна оцінка струменя насичення в реальному часі є важливою складовою щодо оптимальних параметрів на регульованому перехресті при його роботі в адаптивному режимі. Розробка та застосування алгоритмів, що дозволяють на основі сучасних методів детекції ТЗ визначати в режимі реального часу величину струменя насичення, а також використання у вже розроблених алгоритмах коригування параметрів світлофорного керування з урахуванням отримуваної величини, дозволять суттєво підвищити ефективність функціонування не лише окремих керованих перехресть, а й вулично-дорожньої мережі міст. У цій роботі виявлено закономірності та фактори, визначають величину струменя насичення на регульованих перехрестях у добовому циклі. Це допоможе створювати більш ефективні програми адаптивованого світлофорного управління регульованими перехрестями.

1.2. Управління транспортними потоками

Управління транспортними потоками під час перевантажень у своїх роботах розглядав Вітолін С.В. [12,13,14]. «При розрахунку режимів роботи РП прийнято, що частка сигналу, що дозволяє, розподіляється між напрямками руху пропорційно фазовим коефіцієнтам. При перевантаженні всіх напрямків руху РП та наявності підходів РП з більшим числом смуг (ніж на підході, який використовується в іншій фазі) пропонується примусове розбалансування розподілу часток роздільних сигналів між напрямками з метою максимально можливого пропуску ТЗ на виході з більшим числом смуг та затримка ТЗ на підході з малою кількістю смуг. Визначивши тривалий корок вузькому місці (наприклад, за допомогою сервісу «Google, корки») водії, що під'їжджають, будуть, за наявності можливості, змінювати маршрут руху [13] або вибирати інший час для проїзду.

При керуванні транспортними потоками при навантаженнях на РП для максимального використання спроможності пропуску слід уникати виникнення ефекту «пляшкового шийки» [14]. Якщо утворення протяжної черги на РП неминуче, то організувати цю чергу слід на підході, що не призводить до затору (черга автомобілів не зачіпає сусідні перехрестя). Впровадження автоматизованих систем управління дорожнім рухом високого покоління (автоматизований облік та адаптивне реагування на зміни), а також введення системи транспортного менеджменту здатні суттєво підвищувати ефективність функціонування транспортних систем та їх елементів.»

Виходячи з цього можна дійти невтішного висновку, що з управління рухом на регульованих перехрестях при перевантаженнях, слід віддавати першочерговість напрямам із найменшою довгою перегону до наступного перехрестя, щоб корок не поширювався на сусідні перехрестя.

Застосування адаптивованого регулювання підвищення пропускну здатність у роботі розглядали Е.Н. Бусарін та Р.А. Корабльов [15], П.Ф.

Павленко [16]. У цих роботах описується алгоритм розрахунку програми адаптивованого регулювання теоретичним способом. Запитання викликає відсутність об'єктивної оцінювання ефективності даних розрахунків, а також відсутність економічного ефекту.

Останнім часом велике значення надається створенню у спеціальних програмах імітаційних моделей об'єктів. За допомогою цих моделей можна прогнозувати наслідки змін у транспортній мережі міста. Моделі цього застосовуються підтримки рішень у сфері транспортного планування міста, для аналізу наслідків тих чи інших заходів щодо організації руху, під час виборів альтернативних проектів розвитку транспортної мережі та інших [17].

Питання оцінювання ефективності управління світлофорним керуванням для вирішення різних містобудівних завдань потребує подальшого опрацювання.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЮВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЬ

2.1. Обчислювання параметрів оптимального світлофорного керування

Як об'єкти дослідження виступають такі регульовані перехрестя м. Львів:

- 1 вул. Липинського – вул. І. Миколайчука;
- 2 вул. Промислова – вул. Городницька;
- 3 вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна;
- 4 вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького.

Нижче докладно викладено методику оптимізування параметрів світлофорного керування на прикладі перехрестя вул. Липинського – вул. І. Миколайчука. На цьому перехресті (рисунок 2.1.1) рух керується транспортними світлофорами Т.1. За винятком входу 3, рух на якому регулюється за допомогою транспортного світлофора Т.1.л (з додатковою лівою секцією) та входу 4, де рух регулюється транспортним світлофором Т.1.п (з додатковою правою секцією). Регулювання пішохідного руху здійснюється за допомогою пішохідних світлофорів П.2.



Рисунок 2.1.1 – Схема перехрестя вул. Липинського – вул. І. Миколайчука

На рисунках 2.1.2, 2.1.3 зображені існуюча часова діаграма світлофорного керування і схема пофазного роз'їзду для перехрестя, що розглядається.



Рисунок 2.1.2 – Тимчасова діаграма перемикання світлофорної сигналізації

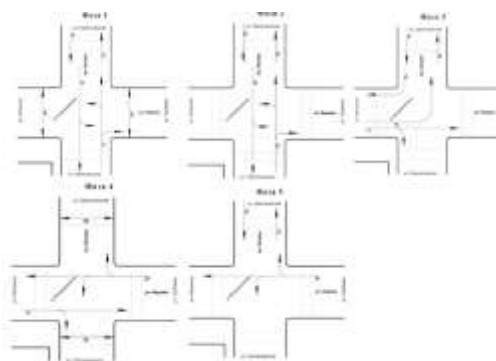


Рисунок 2.1.3 – Пофазний роз'їзд на перехресті

Оптимізування параметрів світлофорного керування та коригування пафазного роз'їзду виконувались за допомогою програмного комплексу ArteryLite (Transyt) [18]. Внаслідок цього були скориговані тривалості фаз.

Оптимізована часова діаграма світлофорного керування та схема пофазного роз'їзду наведено на рисунках 2.1.4, 2.1.5.

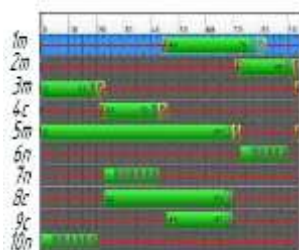


Рисунок 2.1.4 – Оптимізована часова діаграма світлофорного керування

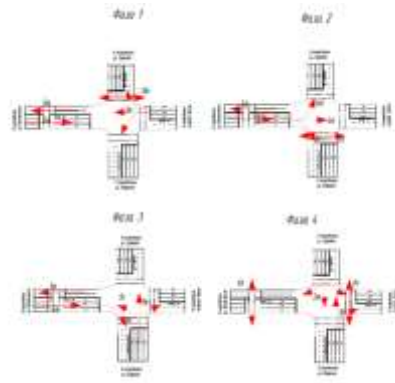


Рисунок 2.1.5 – Оптимізована схема пофазного роз'їзду

Аналогічним чином було оптимізовано цикли світлофорного керування та тривалості фаз для всіх досліджуваних 4-ти перехресть.

2.2. Обчислювання параметрів адаптивованого світлофорного керування

Адаптивоване світлофорне керування дозволяє гнучко реагувати на зміни в інтенсивності руху, що робить його більш доцільним у порівнянні з жорстким регулюванням. У той же час, для його реалізації потрібні капітальні вкладення. Суть адаптивованого регулювання показано на прикладі перехрестя вул. Липинського – вул. І. Миколайчука. Вона полягає в реалізації алгоритму пошуку розриву в транспортному струмені у напрямку дії дозволяючого сигналу по згаданих вулицях при фіксованих значеннях управляючих властивостей (час, що визначає розрив у струмені, мінімальна і максимальна тривалість дозволяючого сигналу). Сигнал перемикається з дозволяючого на забороняючий при виявленні часового інтервалу між автомобілями, що прибувають до перехрестя, більшого або рівного заданому. В іншому випадку тривалість дозволяючого сигналу продовжується на тривалість заданого інтервалу. Даний алгоритм реалізуємо за допомогою детекторів транспорту - технічний засіб, що реєструє кількість транспортних засобів, що проходить через переріз дороги, а також визначає параметри транспортних струменів. Ці дані необхідні реалізації алгоритмів гнучкого регулювання, розрахунку чи автоматичного вибору програми управління дорожнім рухом.

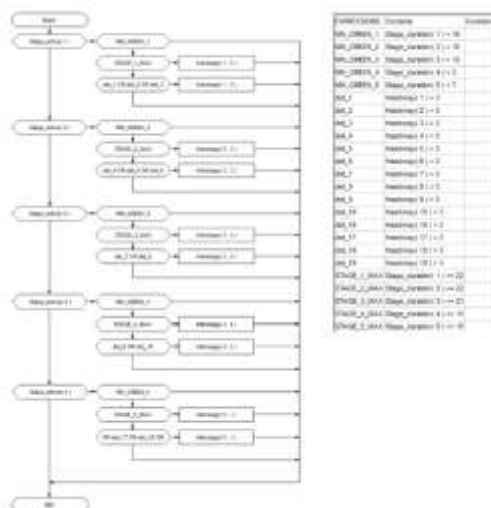
Для реалізації адаптивованого регулювання PTV VISSIM необхідно створити за допомогою додаткового модуля VAP логіку управління СФО, під засобом детекторів, які будуть визначати розрив в т.п. Визначається розрив у транспортному струмені Z_c , детектори встановлюються на відстані 30 м від стоп-лінії (згідно з німецькими нормативами RILSA), як показано на рис. 2.2.1.



Рисунок 2.2.1 – Місця встановлення детекторів

За допомогою додаткового модуля VisVAP створюємо логіку управління СФО (рисунком 2.2.2 а). На основі розробленої блок-схеми створюється текстовий файл логіки управління СФО для подальшого застосування даної логіки в PTV Vissim (рисунком 2.2.2 б).

Наступним кроком створиться сигнальна програма, на якій ґрунтуватиметься робота СФО. Зокрема задається послідовність перемикання груп сигналів і тривалість перехідних тактів, а також необхідний інтервал розриву в т.п., і час, протягом якого даний алгоритм працюватиме. Мінімальне значення зеленого сигналу на вул. Промислова становить 16 с, максимальне -22 с.



а) б)

Рисунок 2.2.2 – а-блок-схема логіки управління СФО; б-Програма для перемикання груп сигналів.

Аналогічно було створено програми адаптивованого регулювання інших досліджуваних перехресть.

2.3. Обчислювання ефекту від оптимізування параметрів світлофорного керування і вступ адаптивизованого регулювання

Для оцінювання ефективності оптимізування параметрів світлофорного керування (розділ 2.1) та введення адаптивизованого регулювання (розділ 2.2) у програмному продукті PTV Vissim були створені моделі досліджуваних об'єктів. Нижче наведено опис створення моделі на перетині вул. Липинського – вул. І. Миколайчука. Для інших об'єктів моделі були побудовані за аналогічним алгоритмом.

За допомогою бокового меню Фони та контекстного меню в редакторі мережі завантажуються растрова основа (рисунки 2.3.1.-2.3.3).



Рисунок 2.3.1 – Фото перетину вул. Липинського – вул. І. Миколайчука

За допомогою відрізків та сполучних відрізків створюється модель даного перехрестя, яка представлена на рис. 2.3.4.



Рисунок 2.3.2 – Модель досліджуваного перехрестя

Потім встановлюються відповідні параметри для створеної УДС, а саме:

- тип манери їзди на транспортних відрізках – міська (моторизована) модель Відемана 74.



Рисунок 2.3.5 – Параметри манери їзди для ТЗ

- для пішохідних відрізків тип манери їзди Footpath (no interaction)



Рисунок 2.3.6 – Параметри манери їзди для пішоходів

- Задається розподілу швидкостей на даному об'єкті

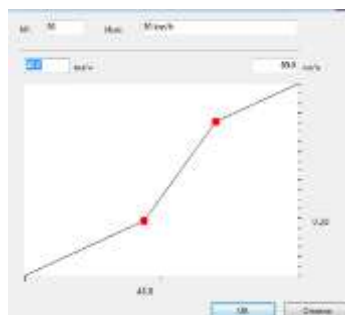


Рисунок 2.3.7 – Розподіл бажаної швидкості

У середньому швидкість на даному об'єкті при дозвільному сигналі світлофора становить 49 км/год.

– задається розподіл прискорень на даному об'єкті

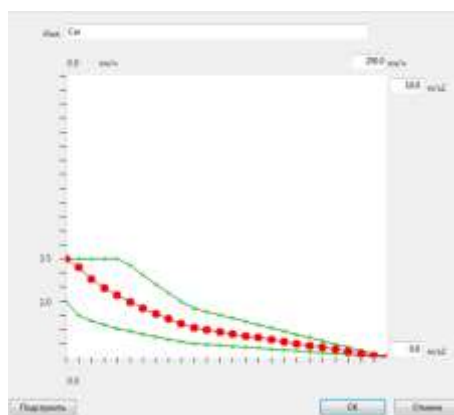


Рисунок 2.3.8 – Розподіл прискорення

Для введення транспортного та пішохідного руху необхідно задати інтенсивності та склад струменів на кожному вході.

За допомогою бокового меню «рішення маршруту», задаються для входу 1 можливі напрямки руху: лівоповоротні, транзитні, правоповоротні, потім вказується інтенсивність за напрямками. Далі кожному вході задається вхідний потік (напруженість руху Т.З.)

Після задається склад Т.П. на цьому вході



Рисунок 2.3.9 – Склад Т.З. Вхід 1

Після цього додається регулювання руху на перехресті за допомогою встановлення світлосигнальних пристроїв.

Для управління світлофорами за допомогою редактора VISSIG створюються чотири групи сигналів і сигнальні програми на основі груп сигналів. Час циклу цьому перехресті становить 98с.

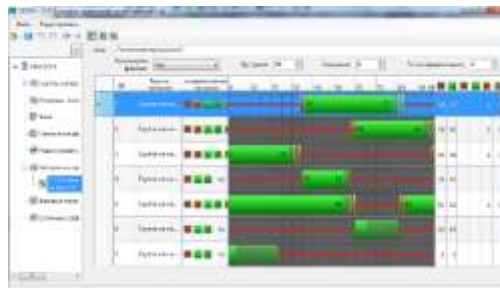


Рисунок 2.3.10 – Сигнальна програма

Створюються відповідні світлофори (рис. 2.3.14).

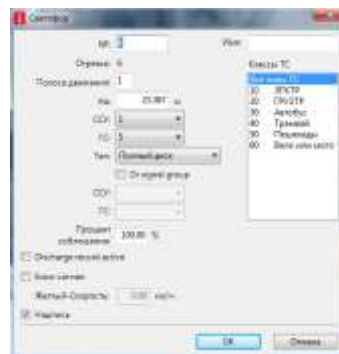


Рисунок 2.3.11 – Діалогове вікно «Світлофор»

Далі відповідно до [29,30,31] з отриманою моделлю необхідно зробити ряд дій:

1. Верифікація моделі (Verification) -це перевірка правильності введення вихідних даних, геометрії УДС, параметрів ОДР, визначальних залежностей (функцій) тощо.

Метою даного етапу є підтвердження коректності введення даних за такими аспектами:

- відсутність помилок безпосередньо під час введення чисельних параметрів;
- коректність базових налаштувань та співвідношень елементів моделі;
- врахування специфічних факторів.

У частині перевірки помилок введення необхідно впевнитись, що введені значення таких параметрів, як дозволена швидкість, обсяг руху між пунктами відправлення/призначення, тривалість фаз, параметри ТЗ та інших чисельних параметрів відповідають зібраним вихідним даним. Характерними помилками на цьому етапі можуть бути прості друкарські помилки, наприклад, зайвий нуль, або неправильний вибір поля для введення значення.

Рекомендується, щоб етапи первинного введення даних та верифікації виконувались різними фахівцями. Верифікацію повинен проводити більш досвідчений фахівець, переважно той, який займатиметься калібруванням моделі.

Рекомендується використовувати такі методи виявлення помилок уведення:

Перевірка правильності введення атрибутів відрізків шляхом виділення кольорів. Колірне відображення дозволить швидко визначити відрізки з неправильними атрибутами;

Запуск моделі з невеликим завантаженням (менше 50% від пікової) для пошуку можливих помилок. Якщо при невисокому навантаженні утворюються корки, то це через помилки;

Простежити кілька траєкторій руху ТЗ ключовими маршрутами. Відстежити непередбачені гальмування та зміну смуг;

Запуск моделі з 50% завантаженням та вище для аналізу реалізованості попиту. Слід перевірити, чи весь попит входить у мережу, і який відсоток виходить.

На виході етапу верифікації модель повинна гарантувати відсутність помилок введення та правильність налаштування основних елементів та їх співвідношень, тобто. має бути повністю готова до калібрування.

2.Калібрування моделі (Calibration) -це налаштування різних параметрів моделі з метою мінімізувати розбіжність даних обстежень та результатів моделювання.

Можна сформулювати наступну послідовність дій калібрування локальної моделі:

Крок 1. Провести перевірку правильності введення вихідних даних, вибрати перелік та значення параметрів, що не підлягають калібрування. Етап аналізу помилок введення є вкрай важливим, не можна припустити, щоб процес калібрування полягав у компенсації помилок введення.

Крок 2. Виконати початковий процес калібрування з налаштуванням параметрів, що впливають на пропускну здатність і домогтися задовільного відповідності зі значеннями, що спостерігаються в реальності. Насамперед калібруються глобальні параметри, потім локальні. На цьому етапі параметри, що впливають попит, не змінюються, але допускається штучно збільшувати навантаження, щоб оцінити пропускну здатність. Цей етап також має важливе значення, оскільки пропускну здатність надає прямий вплив на показники роботи мережі.

Крок 3. Виконайте другий етап калібрування з фіксованими значеннями параметрів, отриманих на попередньому кроці. Змінюються лише параметри, що впливають розподіл струменів. Насамперед калібруються глобальні параметри, потім локальні.

Крок 4. Оцінка загальних показників моделі щодо відповідності реальним значенням (час руху, довжини черг та інших.). Дозволяється мінімальне налаштування локальних параметрів обох типів за потреби.

У разі суттєвих розбіжностей на даному етапі допускається невелике підстроювання параметрів моделі в межах 10-15%. Необхідність у більш

суттєвих коригуваннях говорить про неякісно виконані попередні кроки калібрування.

Кінцева мета калібрування моделі – компроміс між зусиллями, витраченими на калібрування, та точністю відтворення моделлю реальної ситуації. Як критерії для завершення калібрування імітаційних мікромоделей рекомендується застосовувати такі значення основних показників (таблиця 2.3.1).

Таблиця 2.3.1 – Критерії якості калібрування імітаційних мікромоделей

Критерій та показники	Прийнятні значення
Інтенсивності потоків (авт/год), різниця між змодельованими та спостережуваними	
На окремих відрізках	
До 15%, для потоку від 700 авт/год до 2700 авт/год. До 100 авт/год для потоку до 700 авт/год.	85% випадків
До 400 авт/год для потоку понад 2700 авт/год	85% випадків
Загалом по мережі до 5%	85% випадків
GEN статистика – на окремих відрізках GEN < 5	
GEN статистика - в цілому по мережі GEN < 4	
Часи руху, різниця між змодельованими та спостерігаються	
До 15% (або 1 хвилина, залежно, що більше)	85% випадків
Потоки насичення в перерізі стоп-ліній, різниця між змодельованими та спостережуваними	
Не більше 3%	100% випадків
Довжзні черг, різниця між змодельованими та спостерігаються	На розсуд фахівця
Для порівняння рекомендується брати 95% квантиль	
Візуальна оцінка поведінки потоків	На розсуд фахівця

3.Валідація моделі (Validation) -це порівняння результатів моделювання та реальної ситуації з використанням набору незалежних даних, що не беруть участь у калібруванні для оцінювання працездатності моделі та можливості її використання для прогнозів.

Валідація імітаційної моделі ґрунтується на порівняльному аналізі спостережуваних вихідних характеристик реальної системи та підсумкових даних, які отримуються в результаті виконання імітаційних експериментів над комп'ютерною моделлю.

На виході етапу валідації має бути отримано підсумкову модель, яка на підставі проведеного аналізу вважається придатною для подальших експериментів.

Модель досліджуваного перехрестя пройшла всі етапи перевірки і вважається придатною для подальших досліджень.

Після проведення трьох перерахованих вище дій можна приступити до моделювання. В результаті моделювання отримано затримки транспортного та пішохідного струменів при існуючому регулюванні (таблиця 2.3.2). У таблицях 2.3.3 та 2.3.3 наведено результати імітації моделей після введення оптимізованого та адаптивизованого регулювання.

Таблиця 2.3.2 – Основні параметри транспортного та пішохідного струменів при існуючому регулюванні

Перехрестя	Існуюче регулювання						Затримки П, с./добу.
	Затримки Т, с./добу.			Зупинки Т, шт/добу.			
	Л	Г	Про	Л	Г	Про	
Вулиця Липинського - вул І. Миколайчука	3654580	3384	404160	79650	83	14032	855612
вул. Промислова – вул. Городницька	304920	3852	61416	8786	106	2339	132444
вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	877284	22824	128700	23077	571	3772	148248
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	1276524	15840	302832	25521	352	7650	22896

Таблиця 2.3.3 – Основні параметри транспортного та пішохідного струменів під час оптимізованого регулювання

Перехрестя	Оптимізоване регулювання						Затримки П, с./добу.
	Затримки Т, с./добу.			Зупинки Т, шт/добу.			
	Л	Г	Про	Л	Г	Про	
Вулиця Липинського - вул І. Миколайчука	2063944	6189	331499	50499	140	8281	841780
вул. Промислова – вул. Городницька	263481	3139	53976	8184	85	2113	125263
вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	814465	20313	119145	22245	538	3564	132447
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	1254438	16511	296897	23833	385	7600	21757

Таблиця 2.3.4 – Основні параметри транспортного та пішохідного струменів при адаптивному регулюванні

Перехрестя	Адаптивне регулювання						
	Затримки Т, с./добу.			Зупинки Т, шт/добу.			Затримки П, с./добу.
	Л	Г	Про	Л	Г	Про	
Вулиця Липинського - вул І. Миколайчука	2063944	6189	331499	50499	140	8281	841780
вул. Промислова – вул. Городишська	263481	3139	53976	8184	85	2113	125263
вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	814465	20313	119145	22245	538	3564	132447
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	1254438	16511	296897	23833	385	7600	21757

2.4. Структуризація даних для статистичних досліджень

Отримані у підрозділі 2.3 відомості є вихідною інформацією для подальших наукових пошуків. Для їх реалізації необхідно згрупувати усі змінні.

Як залежна змінна виступатиме річна економія при впровадженні запропонованого заходу.

$$\Delta Z = Z_1 - Z_2, \quad (2.1)$$

де Z_1 – сумарні поточні витрати за існуючої організації руху, у.о./рік;

Z_2 – сумарні поточні витрати при запропонованій організації руху (оптимізація параметрів світлофорного регулювання або запровадження адаптивного регулювання, у.о./рік);

ΔZ - Річна економія, у.о. / рік.

Вартість затримки для легкового автомобіля прийнята 2,2 у.о./рік, вартість зупинки 0,02 у.о./зуп. За допомогою економічного коефіцієнта приведення $K_{пе}$, було визначено вартість затримки та зупинки для інших груп транспортних засобів (таблиця 2.4.1.).

Таблиця 2.4.1– Вартість затримки та зупинки транспортних засобів

Група	Кпе	Вартість затримки, у.о./рік	Вартість зупинки, у.о./зуп.
Легкові	1,00	2,2	0,02
Вантажні	1,70	3,74	0,034
Громадський	8,00	17,6	0,16

Вартість затримки пішоходів дорівнює 0,3 у.о./год.

Результати розрахунку економічного ефекту від оптимізування параметрів світлофорного керування та введення світлофорного керування наведено у таблиці 2.4.2

Таблиця 2.4.2 – Результати розрахунку економічного ефекту для досліджуваних перехресть

Найменування перехрестя	Розмір економічного ефекту Z, у.о./рік	
	Оптимізація	Адаптація
вул. Липинського – вул. І. Миколайчука	1031770,16	1103697,35
вул. Промислова – вул. Городницька	40862,15	53089,43
вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	51125,31	52010,34
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	30129,79	303318,48

Як незалежні параметри прийняті такі характеристики керованих перехресть:

1. Кількість входів на перехрестя ($N_{вх}$);
2. Сумарне число смуг на всіх входах ($N_{пол}$);
3. Пікова напруженість руху у фізичних одиницях, авт/год ($I_{ф}$);
4. Коефіцієнт приведення складу транспортного струменя ($K_{пт}$);
5. Пікова напруженість руху в наведених одиницях, од/год ($I_{пр}$);
6. Коефіцієнт завантаження в годину-пік. ($K_з$);
7. Математичне очікування коефіцієнта завантаження по годині доби ($MO_{кз}$);
8. Дисперсія коефіцієнта завантаження по годинах доби ($D_{кз}$);
9. Сумарна кількість пішохідних переходів ($N_{пп}$);
10. Сумарна інтенсивність пішоходів у годину-пік ($I_{п}$);
11. Математичне очікування інтенсивності руху пішоходів щогодини доби ($MO_{п}$);
12. Дисперсія інтенсивності руху пішоходів по годині доби ($D_{п}$);
13. Економічний ефект оптимізування світлофорного циклу, у.о./рік ($Z_о$);
14. Економічний ефект введення адаптивованого регулювання, у.о./рік ($Z_а$).

Скомпоновані дані наведено у таблиці 2.4.3.

Таблиця 2.4.3 – Дані для статистичних досліджень

Найменування перехрестя	№ х	№ по л	Іф	Кст	Іпр	Кс	МОп з	Дкз	№п т	Іп	МО П	Дп	Зо	За
Вулиця Липинського - вул І Миколайчука	4	14	4288	1,181	5064	1,030	0,633	0,036	4	2704	2054	51057,6	1031770,16	1103697,35
вул. Промислова – вул. Горьких	3	8	2668	1,244	3318	0,711	0,510	0,012	2	988	688	38262	40862,15	53089,43
вул. І Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	4	8	2656	1,250	3319	0,927	0,700	0,018	3	688	466	14905	51125,31	52010,34
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	3	11	3208	1,198	3842	0,751	0,630	0,015	1	60	91	2133	30129,79	303318,48

У такий спосіб стоїть завдання встановлення виду залежності залежних змінних (Z) від незалежних.

3. ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ПЕРЕХРЕСТЬ

3.1. Моделювання

У таблиці 2.4.3 змінні 1-12 є незалежними, знятими на перехресті. Змінні 13-14-залежні, що показують ефективність від оптимізування (13) та від адаптизування (14) світлофорного керування. Необхідно встановити (спростувати) наявність між залежними та незалежними змінними статистичної залежності. Для визначення інструментарію такої статистичної оцінювання необхідно перевірити змінні на нормальність. Зробимо перевірку з прикладу змінної математичне очікування коефіцієнта завантаження (МОкз).

Першим етапом такої перевірки є візуальна перевірка гістограми розподілу даної величини, а також критерій Колмогорова-Смирнова (рис. 3.1).

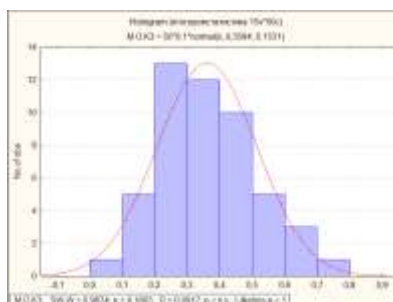


Рисунок 3.1 – Гістограма розподілу математичного очікування коефіцієнта завантаження

З рис. видно, що ця величина підходить під нормальне розподілення, рівень значущості критерію Колмогорова-Смирнова $p > 0.2$ також підтверджує це.

Наступним кроком є перевірка за показником середнього, медіани, коефіцієнта асиметрії та ексцесу (рис 3.2).

Variable	Descriptive Statistics (итоговая статистика)							
	Mean	Median	Minimum	Maximum	Skewness	Std. Err. Skewness	Kurtosis	Std. Err. Kurtosis
КОЛ-ВО ВХОДОВ	3,34	4,00	3,000	4	-1,91272	0,336601	1,72595	0,661908
КОЛ-ВО ПОЛОС	8,60	8,00	6,000	14	0,70300	0,336601	0,10410	0,661908
ПИК ИНТ.Ф	1630,72	1474,00	736,000	4288	1,32976	0,336601	1,90373	0,661908
КПТ	1,12	1,10	1,020	1	0,66340	0,336601	-0,51970	0,661908
ПИК ИНТ.П	1845,36	1647,00	816,000	5064	1,37905	0,336601	1,98281	0,661908
ПИК.КЗ	0,49	0,47	0,223	1	0,87742	0,336601	0,30991	0,661908
М.О.КЗ	0,36	0,34	0,003	1	0,55043	0,336601	0,38273	0,661908
ДИСП.КЗ	0,01	0,01	0,001	0	6,80501	0,336601	47,39367	0,661908
КОЛ-ВО ПП	3,44	4,00	1,000	4	-1,40584	0,336601	1,01467	0,661908
ПИК ИНТ.ПЕШ	827,92	620,00	16,000	2864	0,98150	0,336601	0,04403	0,661908
М.О.ПЕШ	631,22	466,00	8,000	2054	0,87709	0,336601	-0,32763	0,661908
ДИСП.ПЕШ	72147,26	17259,50	51,000	510576	2,37499	0,336601	-5,23275	0,661908
ЭФФ.О	47319,31	9327,93	122,379	1031770	5,15057	0,336601	26,87540	0,661908
ЭФФ.А	63813,32	17932,53	2900,491	1103697	4,81607	0,336601	24,01686	0,661908

Рисунок 3.2 – Показники досліджуваної величини

З рис. 3.2 видно, що значення середнього (0,36) і медіани (0,34) досить близькі, а середні значення коефіцієнтів ексцесу (0,55) і асиметрії (0,38) не перевершують по модулю свої середньоквадратичні відхилення (0,33 і 0,66 відповідно) утричі і більше, що також підтверджує нормальність розподілу цієї величини.

Так було перевірено всі досліджувані величини та виявлено, що нормально розподілені:

- 1 пікова напруженість руху у фізичних одиницях (Іпр)
- 1 коефіцієнт приведення транспортного струменя (Кз);
- 2 пікова інтенсивність у наведених одиницях (МОкз);
- 3 коефіцієнт завантаження в годину пік(Дкз);
- 4 математичне очікування коефіцієнта завантаження (Nпп);

Для таких змінних кореляційний аналіз проводитиметься за критерієм Пірсона (рисунок 3.3), інших – за критерієм Спірмена (рисунок 3.4).

Variable	Correlations (итоговая статистика)	
	ЭФФ.О	ЭФФ.А
ПИК.ИНТ.Ф	0,55	0,62
КПТ	0,22	0,24
ПИК.ИНТ.П	0,58	0,64
ПИК.КЗ	0,42	0,46
М.О.КЗ	0,32	0,38

Рисунок 3.3 – Кореляційна матриця

З малюнка 3.3 випливає, що ефективність оптимізування та адаптизування прямо залежать від пікової інтенсивності, а також коефіцієнта завантаження перехрестя.

Spearman Rank Order Correlations (итоговая статистика)		
MD pairwise deleted		
Marked correlations are significant at p < .05000		
Variable	ЭФФ О	ЭФФ А
КОЛ-ВО ВХОДОВ	-0,344016	-0,166338
КОЛ-ВО ПОЛОС	0,175420	0,287159
ДИСП.КЗ	0,524508	0,558699
КОЛ-ВО ПП	-0,240029	-0,042087
ПИК.ИНТ.ПЕШ	0,075778	0,337015
М.О.ПЕШ	0,068333	0,338189
ДИСП.ПЕШ	0,047203	0,274910

Рисунок 3.4 – Кореляційна матриця

З рис. 3.4 випливає, що ефективність оптимізування зворотнозалежна кількості входів на перехресті, а також безпосередньо залежить від дисперсії коефіцієнта завантаження. Ефективність адаптивованого керування збільшується зі зростанням кількості смуг, дисперсії коефіцієнта завантаження, а також інтенсивності руху пішоходів.

Таким чином, ефективність від оптимізування параметрів світлофорного керування збільшується зі зростанням інтенсивності транспортного струменя та зниженням кількості входів перед перехрестям. Ефективність адаптивованого регулювання збільшується зі зростанням інтенсивності руху транспортного та пішохідного струменів.

3.2. Отримання аналітичної залежності

Для отримання аналітичної залежності між залежними та незалежними змінними застосовувався множинний нелінійний регресійний аналіз. Для цього для категоріальних змінних кількість смуг та кількість пішохідних переходів створювалися додаткові змінні. Для змінної кількість смуг, що відповідають кількості смуг від 6 до 12, такі змінні наведені на рис. 3.5.

3 кол-во полос	4 6	5 7	6 8	7 9	8 10	9 11	10 12
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	1	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0	0
9	0	0	1	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1	0
11	0	0	0	0	0	1	0
12	0	0	0	0	0	0	1
13	1	0	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0	0	0
16	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	1	0	0	0	0
18	0	0	1	0	0	0	0
19	0	0	0	1	0	0	0
20	0	0	0	1	0	0	0
21	0	0	0	0	1	0	0
22	0	0	0	0	1	0	0
23	1	0	0	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0

Рисунок 3.5 – Кодування додаткових змінних кількості смуг

Аналогічним чином було створено доп. змінні кількості пішохідних переходів. Таким чином було отримано вихідну таблицю для регресійного аналізу. Реалізувався такий аналіз у програмі Statistica.

Нижче наведено його приклад для величини затримки транспорту за оптимізованого регулювання.

У командному вікні програми вибирається пункт Statistics-Multiple Linear Regression. Далі натисканням клавіші Variables вибираються досліджувані змінні: залежну – ЕФФ О. у першому стовпці, незалежні – у другому (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Робоче вікно «Багатовимірна регресія»

Далі вибирається покроковий аналіз, тиснеться ОК і виходить результат (рисунок 3.7,3.8).

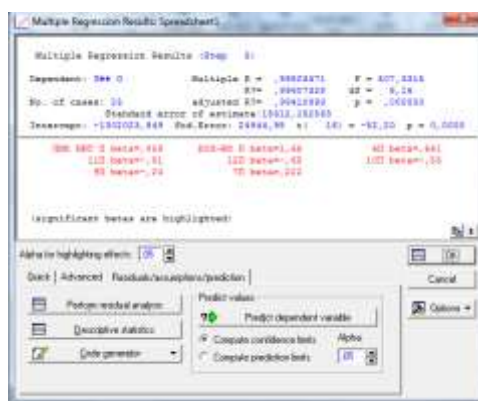


Рисунок 3.7 – Результати регресійного аналізу

Regression Summary for Dependent Variable: ЭФФ О (Spreadsheet1)						
R= .99803471 R ² = .99607328 Adjusted R ² = .99410993						
F(8,16)=507.33 p<.000000 Std Error of estimate: 156.12						
	Beta	Std Err. of Beta	B	Std Err. of B	t(16)	p-level
N=25						
Intercept			-1302024	24944.95	-52.1959	0.000000
ПІК ІНТ П	0.058816	0.022248	12	4.38	2.6346	0.018025
КОЛ-ВО П	1.679048	0.034779	162524	3366.47	48.2774	0.000000
6П	0.640557	0.022903	319180	11412.32	27.9580	0.000000
11П	-0.810773	0.022211	-497285	13622.82	-36.5038	0.000000
12П	0.652903	0.020536	664081	20687.32	31.7935	0.000000
10П	-0.528948	0.020203	-324429	12391.51	-26.1815	0.000000
9П	-0.344495	0.016590	-179626	12261.98	-14.6490	0.000000
7П	0.221679	0.017886	162863	13140.28	12.3942	0.000000

Рисунок 3.8 – Коефіцієнти рівняння регресії

З цього рисунка видно, що ефективність оптимізування світлофорного циклу із затримок транспортних засобів збільшується зі збільшенням пікової інтенсивності, а також зменшується зі зростанням числа смуг.

Для оцінювання якості отриманої регресії проведено аналіз залишків на нормальність. Для цього побудовано частотну гістограму залишків (рисунок 3.9) та нормально-імовірнісний графік (рисунок 3.10)

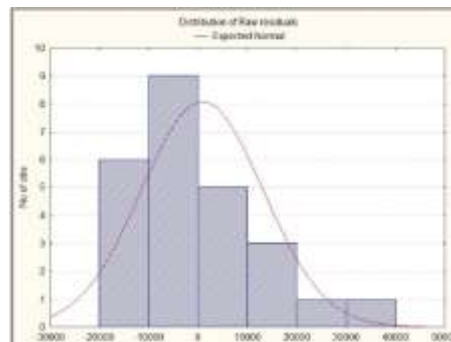


Рисунок 3.9 - Частотна гістограма залишків

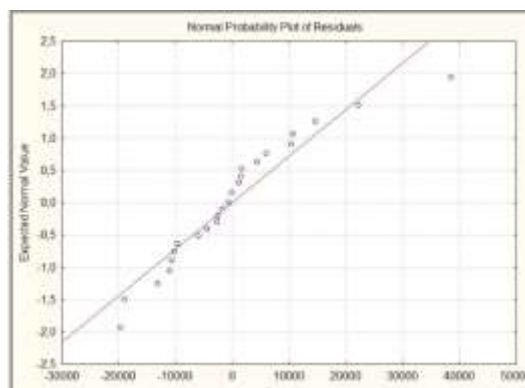


Рисунок 3.10 – Нормально-імовірнісний графік

На рис. 3.9 видно, що залишки розташовані досить симетрично, а малюнку 3.10 систематичних даних відхилень від теоретичної прямої немає, отже, залишки розподілені нормально.

Аналогічним чином було проведено аналіз для ЕФФ А (рис 3.11):

Regression Summary for Dependent Variable: ЭФФ А (Spreadsheet1)						
R= .98469006 R ² = .96961452 Adjusted R ² = .95442178						
F(8,16)=63.821 p<.000000 Std Error of estimate: 47080.						
	Beta	Std Err. of Beta	B	Std Err. of B	t(16)	p-level
N=25						
Intercept			-2382841	168412.6	-14.1488	0.000000
ПИК ИНТ П	0.213547	0.061889	46	13.2	3.4505	0.003290
КОЛ-ВО П	2.216193	0.161123	232549	16906.8	13.7547	0.000000
6П	1.739561	0.151171	939656	81657.5	11.5073	0.000000
7П	0.889299	0.090861	708269	72365.1	9.7874	0.000000
8П	0.900313	0.121011	454071	56051.2	8.1010	0.000000
12П	-0.431455	0.052117	-475728	57454.6	-8.2786	0.000000
11П	-0.259458	0.054666	-172514	36347.4	-4.7462	0.000219
9П	0.225260	0.065973	179405	52543.4	3.4144	0.003551

Рисунок 3.11 – Коефіцієнти рівняння регресії ЭФФ А

ефективність адаптивованого регулювання

Рисунок показує, що зі зростанням пікової інтенсивності руху транспорту ефективність адаптивованого регулювання збільшуватиметься сильніше ніж ефективність оптимізування.

Таким чином, в результаті регресійного аналізу отримані наступні висловлювання для прогнозування ефективності оптимізування та введення адаптивованого регулювання:

$$Z_o \begin{cases} -1302024 + 12I_{пр} + 162524N_{пол} + K_{п}, Z_o > 0; \\ 0, Z_o \leq 0. \end{cases} \quad (3.1)$$

$$Z_a \begin{cases} -2382841 + 46I_{пр} + 232549N_{пол} + K_{п}, Z_a > 0; \\ 0, Z_a \leq 0. \end{cases} \quad (3.2)$$

де – Z_o -ефективність від проведення оптимізації циклу світлофорного регулювання, у.о./рік;

Z_a -ефективність від введення на перехресті адаптивного регулювання, у.о./рік;

$N_{пол}$ -число смуг на підході до перехрестя;

$I_{пр}$ -наведена інтенсивність руху транспортних засобів у годину пік;

$K_{п}$ -коефіцієнт, що враховує сумарну кількість смуг, призначених для в'їзду на перехрестя на всіх входах цього перехрестя (таблиця 3. 1);

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта смужності для рівнянь регресії

№пол	Kп	
	При оптимізації світлофорного циклу	При введенні адаптивного регулювання
6	319180	939656
7	162863	708269
8	0	454071
9	-179626	179405
10	-324429	0
11	-497285	-172514
12	-664081	-475728

Таким чином, статистичні дослідження показали, що для прогнозування ефективності від оптимізування циклу світлофорного керування, а також від впровадження адаптивованого регулювання необхідно знати пікову напруженість руху транспортних засобів, а також кількість смуг на підході до перехрестя. За допомогою виразів 3.1 та 3.2 були ранжировані всі перехрестя в порядку зменшення ефективності від оптимізування світлофорного керування (таблиця 3.2) та введення адаптивованого регулювання (таблиця 3.3).

Таблиця 3.2 – Ранжування перехресть щодо зменшення прогнозованої ефективності від оптимізування циклу

Найменування перехрестя	КІЛЬКІСТЬ СМУГ, Шт	ПІК.ІНТ.П. од/год	ЕФФ ПРО ПРОГНОЗ у.о./рік
вул. Липинського – вул. І. Миколайчука	14	4288	1024768
вул. Промислова – вул. Городницька	8	2668	30184
вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	8	2656	30040
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	11	3208	26951

Таблиця 3.3 – Ранжування перехресть щодо зменшення прогнозованої ефективності від адаптивованого регулювання

Найменування перехрестя	КІЛЬКІСТЬ СМУГ, Шт	ПІК.ІНТ.П. од/год	ЕФ А ПРОГНОЗ, у.о./рік
вул. Липинського – вул. І. Миколайчука	14	4288	1070093
вул. Промислова – вул. Городницька	8	2668	54350
вул. І. Миколайчука – вул. Авраама Лінкольна	8	2656	53798
вул. Промислова – вул. Б. Хмельницького	11	3208	150252

Таким чином, запропоновані заходи щодо підвищення ефективності роботи керованих перехресть можна сформулювати у вигляді наступного алгоритму дій:

1. Створення переліку перехресть, у яких необхідно підвищити ефективність роботи.

2. Натурним способом для кожного такого перехрестя визначити:

-наведену напруженість руху транспорту в годину-пік;

-Кількість смуг на вході в перехрестя.

3. З виразу 3.1 визначити ефективність оптимізування параметрів світлофорного циклу (Z_0) для кожного перехрестя і впорядкувати перехрестя в порядку зменшення Z_0 .

4. З виразу 3.2 визначити ефективність від введення адаптивованого регулювання (Z_a) для кожного перехрестя та впорядкувати перехрестя в порядку зменшення Z_a .

5. З урахуванням ранжування перехресть вибрати регульоване перехрестя, на якому реалізовуватимуться заходи щодо підвищення ефективності дорожнього руху.

6. Створити модель вибраного перехрестя в ArteryLite (при оптимізуванні параметрів сетофорного регулювання) або PTV VISSIM (при введенні адаптивованого регулювання).

7. Здійснити відповідні розрахунки в отриманій на етапі 6 моделі.

ВИСНОВОК

У рамках цієї роботи проведено натурні обстеження 4 перехресть міста Львів. Отримано напруженість руху транспорту та пішоходів, а також дані про склад транспортного струменя. Здійснено оцінку існуючого регулювання, оптимізацію параметрів світлофорного управління. У програмному комплексі VISSIM створено імітаційні моделі досліджуваного перехрестя, впроваджено розроблені програми управління та отримано дані щодо показників затримок, зупинок, викидів шкідливих речовин для трьох видів управління (існуючого після оптимізування параметрів світлофорного керування після введення адаптивованого регулювання).

Результати досліджень, виконаних у магістерській дисертації, дозволили зробити такі висновки:

-основними типовими заходами щодо поліпшення дорожньо-транспортної ситуації на завантажених регульованих перехрестях можуть бути оптимізування параметрів світлофорного керування та введення адаптивованого регулювання;

-оптимізування не несе в собі будь-яких фінансових вкладень, однак, розраховані оптимальні параметри світлофорного керування будуть найкращими лише для того трафіку, який спостерігався під час проведення обстежень;

-Адаптивоване управління світлофорним об'єктом дозволяє більш точно підлаштуватися під реально існуючий в даний момент трафік і за рахунок цього зберегти оптимальність управління при зміні характеристик транспортних та пішохідних струменів, але вимагають економічних вкладень.

-Ефективність оптимізування світлофорного циклу по затримках транспортних засобів збільшується зі збільшенням пікової інтенсивності, а також зменшується зі зростанням числа смуг.

-Ефективність адаптивованого регулювання буде збільшуватися зі зростанням пікової наведеної інтенсивності руху транспортних засобів та числа смуг на входах у перехрестя.

Отримані в результаті досліджень формули дозволять прогнозувати економічну ефективність заходів для керованих перехресть з найменшими працею та часом витратами, оскільки для оцінювання знадобиться лише вимірювання інтенсивності час-пік та кількості смуг на підходах до перехрестя. А результати прогнозованої ефективності за формулою дозволять ухвалити подальше рішення про доцільність детальних досліджень та обґрунтувати витрати на впровадження заходів щодо вдосконалення роботи керованих перехресть.

Підсумковий алгоритм підвищення ефективності роботи керованих перехресть виглядає так:

1. Створення переліку перехресть, у яких необхідно підвищити ефективність роботи.
2. Натурним способом для кожного такого перехрестя визначити:
 - наведену напруженість руху транспорту в годину-пік;
 - Кількість смуг на вході в перехрестя.
3. визначити ефективність оптимізування параметрів світлофорного циклу (Z_0) для кожного перехрестя і впорядкувати перехрестя в порядку зменшення Z_0 .
4. визначити ефективність від введення адаптивованого регулювання (Z_a) для кожного перехрестя та впорядкувати перехрестя в порядку зменшення Z_a .
5. З урахуванням ранжування перехресть вибрати регульоване перехрестя, на якому реалізовуватимуться заходи щодо підвищення ефективності дорожнього руху.
6. Створити модель вибраного перехрестя в ArteryLite (при оптимізуванні параметрів світлофорного керування) або PTV VISSIM (при введенні адаптивованого регулювання).
7. Здійснити відповідні розрахунки в отриманій на етапі 6 моделі.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Контроль за режимами праці та відпочинку водіїв

Власники чи керівники підприємств, установ, організацій, суб'єкти підприємницької діяльності організують контроль дотримання водіями режимів праці та відпочинку.

Для ТЗ, на яких встановлені контрольні пристрої (тахографи), джерелом інформації щодо режимів праці і відпочинку водіїв є реєстраційні листки.

Для ТЗ, не обладнаних контрольними пристроями (тахографами), джерелом інформації щодо режимів праці і відпочинку водіїв є „Особиста контрольна книжка” члена екіпажу.

Контроль за дотриманням режиму праці і відпочинку водіїв під час перевезень вантажів здійснює урядовий орган державного управління з питань контролю на автомобільному транспорті, його територіальні органи та служба міжнародних автомобільних перевезень центрального органу виконавчої влади в галузі транспорту в пунктах пропуску через державний кордон України, професійні спілки, їх об'єднання в особі своїх виборних органів і представників.

Орган державного контролю на автомобільному транспорті повинен організувати перевірки таким чином, щоб:

- протягом кожного календарного року перевірявся мінімум 1% днів, які були відпрацьовані водіями;
- принаймні 15% від загальної кількості перевірених робочих днів перевірялися на дорогах та принаймні 25% - у приміщеннях підприємств.

Елементи перевірки на дорозі повинні включати:

- щоденні періоди водіння, зупинки та денні періоди відпочинку, а також, в разі наявності очевидного порушення, листи запису попередніх днів, які повинні знаходитись у салоні ТЗ;
- період відпочинку за останній тиждень;

- правильне функціонування контрольного пристрою (тахографа).

Елементи перевірок у приміщеннях підприємств повинні включати, за винятком тих елементів, що підлягають перевірці на дорогах:

- щотижневі періоди відпочинку та періоди керування ТЗ між цими періодами відпочинку;
- двотижневі обмеження годин керування ТЗ;
- компенсацію за зменшені щоденні та щотижневі періоди відпочинку
- використання реєстраційних листів та/або організації робочого часу водіїв [10,42].

Перевірки, проведені у приміщеннях контролюючих органів, на основі відповідних документів та/або даних, що передані підприємствами на вимогу згаданих органів, матимуть той самий статус, що й перевірки, проведені у приміщеннях підприємств.

4.2. Вимоги до фізичних та хімічних умов в кабіні автомобіля

Прискорення, коливання та вібрації.

В процесі руху виникають прискорення поздовжні (при зміні швидкості), відцентрові (при зміні напрямку), вертикальні (при русі по нерівній поверхні). Для людини нешкідливі прискорення 10-15 м/с², проте незначні за величиною, але діючи тривалий час, вони можуть викликати подразнення вестибулярного апарату, збуджують нервову систему водія, що негативно позначається на психофізіологічній та рефлексорній діяльності водія, викликає головний біль, знижує гостроту зору, підвищує стомлення.

Таблиця 4.1 – Параметри прискорення

Причина виникнення прискорення	Величина, м/с ²
Розгін	2-5
Гальмування	6-7
Рух по горизонтальній кривій	2-7
Рух по нерівній дорозі	1,0-3,5 часом до 5,0

Вібрація (коливання високої частоти і малої амплітуди). Вертикальні, горизонтальні поперечні. Найбільш небезпечні вібрації в діапазоні 1-5 Гц., так як створюють резонансні коливання частин тіла, викликають зміну ритму і частоти дихання, артеріальний тиск, погіршують діяльність центральної нервової системи. При більших частотах коливання також неприємні, але не так шкідливі. При таких частотах має велике значення амплітуда коливань: при амплітуді 0,01 мм вібрація майже не відчувається, при 0,02 мм діє подразнююче, 0,03 – відволікає від основної діяльності. При коливаннях з амплітудою більшою 0,03 мм тривала робота неможлива. Людина особливо негативно сприймає вібрацію та коливання, якщо сидить і тим більше, коли сидить при великому нахилі тулуба. Резонансними для водія є коливання 4 -5 Гц та 30 Гц, так як природні коливання 4-6 Гц для області тазу, живота – 4-8 Гц, голови відносно плечей 30Гц. [10].

Таблиця 4.2 – Параметри вібрації та коливань

Покриття дороги	Швидкість руху	Діапазон частот вертикальних коливань, Гц	Відчуття водія
Рівний асфальтобетон	40-140	0,1-2,0	„морська хвороба”
Нерівний а/б або покриття з плит розміром 1-2 м	40-50	16,0 – 70,0 40,0 – 14,0	Головний біль, біль у суглобах, погіршення зорового сприйняття
Ц/б покриття з швами через 4-8 м	80-90	3,0 – 7,0	Сильний головний біль, втрата уваги, запаморочення, розриви судин
Мостова (бруківка)	40-70	1,0 – 70,0	Головний біль

Найчастіше на водія діють коливання частотою 2-4 Гц з перевантаженням $2,5 \text{ м/с}^2$. Коливання від роботи двигуна в діапазоні 75-100 Гц, підвіски 10-30 Гц.

Шум – безладні звуки різної частоти й сили. Джерело – тіла, що коливаються. В автомобілі – двигун, трансмісія, глушник, шини, кузов. Є корисним (звук двигуна, звук від інших авто) та некорисним. Під впливом шуму в водія погіршується працездатність, збільшується латентний час реакції, знижується зорове сприйняття, послаблюється сутінковий зір, порушується координація рухів і функції вестибулярного апарату тощо.

Шум постійний (якщо рівень відрізняється не більш чим на 5 дБА) та непостійний (від одиночного автомобіля, транспортного потоку). Рівень шуму нормується стандартами і в теперішній час не повинен перевищувати: зовнішній від одиночного автомобіля - 74-80дБА і в середині автомобіля 78 – 82дБА.

Мікроклімат. Найбільш сприятлива температура 18-24°. Підвищення її знижує увагу, зменшується об'єм оперативної пам'яті, погано сприймається зміна обстановки, збільшується час реакції, швидше виникає втома. Низька температура знижує працездатність м'язів, викликає їх швидку втому, скованість, неточність рухів. Зимовий вуличний одяг водія сковує його рухи, заважає точності управління педалями тощо[10].

Вологість. Оптимальна – 30 – 70 %. Занадто вологе повітря заважає тепловіддачі, що особливо несприятливо при температурі більшої 24°.

Рухливість повітря. Людина відчуває рух повітря при швидкості повітряних потоків більше 0,25м/с. Рекомендовано не більше 1,0м/с.

Таблиця 4.3 – Параметри шуму

Вид шуму	Рівень звуку, дБА	Шумність
Звичайна розмова	50	Нормальна
Розмова на відстані	60	Нормальна
Крики, шум автомобіля	70	Гучна
Шум інтенсивного транспортного потоку	80	Гучна
Нижній больовий поріг	90	Дуже гучна
Верхній больовий поріг	135	Гранично гучна

Шкідливі домішки (хімічні умови). Окис вуглецю. Не має смаку, запаху, кольору. Потрапляючи в кров, заміщує кисень (в 250 разів активніший за нього), утворює карбоксигемоглобін, не здатний переносити кисень, що значно знижує його споживання. Окис вуглецю в кількості 0,01% по об'єму викликає перші ознаки отруєння, а при його кількості 0,02% при вдиханні протягом декількох годин можливе отруєння. Вдихання повітря з 0,12% CO через 0.5 годин викликає легке серцебиття, через 2 години – головний біль, втрату свідомості. Концентрація CO 0,2 – 2,24% через 30 хв. приводить до запаморочення.

Окис азоту NO (без кольору) та двоокис азоту NO₂ (червоно-рудий, з різким запахом). В організмі вступають в сполуки з водою, утворюють азотну та азотисту кислоти, що подразнює легені.

Сполуки вуглецю та водню (вуглеводні) канцерогенні, викликають рак.

Таблиця 4.4 – Психологічні та фізіологічні умови комфорту для водія

Показники	Зони		
	Комфорту	Психологічні границі	Фізіологічні границі
Температура, °C	18°	15-22°	1,0 - 43.5°
Вологість, %	50 - 60	30 - 70	20 - 90
Швидкість руху повітря, м/с	0,15	0,30	2,0
Кількість, мг/л			
CO	Відсутні	0,010	0,020
CO ₂	Відсутні	0,017	0,400
Акролеїн	Відсутні	-	0,007
Пари бензину	Відсутні	-	0,100
Окисли сірчаної кислоти	Відсутні	-	0.001
Мінеральний пил	Відсутні	-	0,0005
Вентиляція, м ³ / хв.	0,57	0,37	0,14

4.3. Мікроклімат і його вплив на людину

В будь-який приміщеннях повинні виконуватись вимоги щодо мікроклімату.

Тому, офісні приміщення підприємства були обладнані згідно європейських стандартів кондиціонерами із зволоженням повітря, підтриманням сталої температури в приміщеннях, також система вентилявання повітря відповідає вимогам щодо циркуляції і швидкості руху повітря в приміщеннях.

При виборі системи підтримки мікроклімату враховувались нижче приведені вимоги щодо мікроклімату в приміщеннях.

Метеорологічні умови визначаються такими параметрами:

- 1) температурою повітря, t (С);
- 2) відотною вологістю, φ (%);
- 3) швидкістю повітря, v (м/с).

Крім цих параметрів, що є основними, не слід забувати і про атмосферний тиск (P , Па), який впливає не тільки на парціальний тиск основних компонентів повітря (кисень та азот), а й на процес дихання.

Життєдіяльність людини проходить в умовах достатньо широкого діапазону тиску 734—1276 гПа. Однак тут треба пам'ятати, що для здоров'я людини є небезпечною швидка зміна тиску, а не сама величина цього тиску. Наприклад, швидке зниження тиску лише на декілька гектопаскалей щодо нормальної величини 1013 гПа спричиняє хворобливі відчуття.

Необхідність урахування основних параметрів метеорологічних умов диктується наслідками в змінах стану людини. Особливо переконливо це можна пояснити під час розглядання теплового балансу між організмом людини і навколишнім середовищем.

Величина тепловиділення (Q) організмом людини залежить від ступеня фізичного напруження у певних метеорологічних умовах і складає від 85 (у стані спокою) до 500 Дж/с (важка робота).

Людина постійно перебуває в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Для того, щоб фізіологічні процеси проходили нормально, теплота, що виділяє організм, повинна віддаватись в навколишнє середовище. Співвідношення між кількістю цієї теплоти й охолоджувальною

здатністю середовища характеризує умови як комфортні. В умовах комфорту у людини не виникає турбот щодо її температурних відчуттів охолодження чи перегрівання.

Віддача теплоти організмом людини в навколишнє середовище відбувається через теплопровідність крізь одяг (Q_r), конвекцією тіла (Q_k), випромінюванням на навколишні поверхні (Q_v), випаровуванням вологи з поверхні шкіри ($Q_{\text{вип}}$). Частина теплоти витрачається на нагрівання повітря, яким дихає людина (Q_r).

Кількість теплоти, яка віддається організмом людини будь-якими шляхами, залежить від того чи іншого параметра мікроклімату. Так, тепловіддача конвекцією залежить від температури навколишнього повітря і швидкості його переміщення. Випромінювання теплоти відбувається у напрямі поверхонь, що оточують людину, мають нижчу температуру поверхні одягу ($27\text{—}31\text{ }^\circ\text{C}$) і відкритих частин тіла людини (близько $33,4\text{ }^\circ\text{C}$). Під час впливу високих температур навколишньої поверхні ($30\text{—}35\text{ }^\circ\text{C}$) тепловіддача випромінюванням повністю відсутня, а під час впливу більш високих температур теплообіг йде у зворотному напрямі — від поверхні до людини. Віддача теплоти за рахунок випаровування залежить від відносної вологості і швидкості переміщення повітря. У стані спокою, коли температура навколишнього середовища $18\text{ }^\circ\text{C}$, частка Q_k складає близько 30 % всієї теплоти, яка віддається людиною, $Q_{\text{вип}} = 20\text{ }%$ і $Q_{\text{п}} = 5\text{ }%$.

Під час зміни температури повітря, швидкості його руху і вологості, наявності близько людини нагрітої поверхні, в умовах її фізичної праці тощо — це співвідношення змінюється.

Нормальне теплове самопочуття (комфортні умови), відповідно до конкретних видів роботи, забезпечується при дотриманні теплового балансу: $Q = Q_r + Q_k + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{п}}$, тому температура внутрішніх органів людини залишається постійною (близько $36,6\text{ }^\circ\text{C}$). Ця здатність людського організму до утримання постійної температури під час зміни параметрів мікроклімату та під час виконання роботи будь-якої важкості називається терморегуляцією.

Висока температура впливає на людину і сприяє розширенню судин кровообігу. Відповідно має місце підвищений приплив крові до поверхні тіла, і тепловіддача в навколишнє середовище значно підвищується. Однак, коли температура навколишнього середовища і поверхні досягає 30—35°C, віддача теплоти конвекцією і випромінюванням в основному припиняється. Більш висока температура повітря сприяє тому, що більша частина теплоти віддається через випаровування її з поверхні шкіри. В таких умовах організм губить відповідну кількість вологи, а разом з нею і солі, які відіграють важливу роль в життєдіяльності організму.

В умовах зниження температури повітря реакція людського організму на ці зміни інша — судини кровообігу шкіри звужуються, приплив крові до поверхні тіла зменшується, і віддача теплоти конвекцією і випромінюванням зменшується. Таким чином, для теплового самопочуття людини важливим є певне сполучення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря.

Вологість повітря значною мірою впливає на терморегулювання організму. Підвищена вологість ($\varphi > 85\%$) ускладнює терморегулювання через зниження випару поту, а досить низька вологість ($\varphi < 20\%$) спричиняє сухоту слизових оболонок шляхів дихання. Оптимальні величини відносної вологості складають 40—60 %.

Рух повітря в приміщеннях є важливим чинником, який впливає на теплове самопочуття людини. В умовах спекоти рух повітря сприяє підвищенню віддачі теплоти організмом і поліпшує його стан, але в холодну пору року цей вплив не є сприятливим.

Мінімальна швидкість руху повітря, яку відчуває людина, складає 0,2 м/с. Взимку швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,2—0,5 м/с, а влітку 0,2—1,0 м/с.

Швидкість повітря також впливає на розподіл шкідливих речовин у приміщенні. Повітряні потоки можуть розповсюджувати їх по всьому об'єму приміщення, переводити пил з осілого у зважений стан.

Під впливом високої температури повітря, інтенсивного теплового випромінювання виникає загроза перегрівання організму людини, яке характеризується підвищенням температури тіла, рясним потовиділенням, прискореним пульсом і диханням, різкою слабкістю, запамороченням, а в тяжких випадках — появою судом і виникненням теплового удару.

4.4. Вплив електромагнітного випромінювання на людину

ЕМП негативно впливають на людей, які безпосередньо працюють з джерелами випромінювання, а також на населення, яке проживає поблизу джерел випромінювання. Установлено, що більшість населення живе в умовах підвищеної активності ЕМП.

Внаслідок дії ЕМП можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зміни в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем.

Звичайно, зміни діяльності нервової та серцево-судинної системи зворотні, і хоча вони накопичуються і посилюються з часом, але, як правило, зменшуються та зникають при усуненні впливу і поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень і захворювань.

Внаслідок дії на організм людини електромагнітних випромінювання ВЧ – та УВЧ-діапазонів (діапазони 30 кГц – 300 МГц) спостерігаються: загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в області серця. З'являються роздратування, втрата уваги, продовжується тривалість мовно-рухової та зорово-моторної реакцій, збільшується межа нюхової уривисті. Виникає низка симптомів, що свідчать про порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз. Пригнічуються харчові та статеві рефлексі, порушується діяльність серцево-судинної системи, фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, змінюється склад крові, фіксуються порушення на клітинному рівні.

У цьому діапазоні працюють радіомовні станції, судові радіостанції та аеродромна радіослужба, радіомовні та телевізійні станції, розташовані, як правило, у місцях великої концентрації населення.

Активність впливу ЕМП різних діапазонів частот значно зростає зі збільшенням частоти і дуже серйозно впливає у НВЧ-діапазоні. У зв'язку зі зниженням рівня перешкод застосування ЕМП у НВЧ-діапазоні забезпечує вищу якість передання інформації, ніж в УВЧ-діапазоні. Усі ділянки НВЧ-діапазону використовуються для радіозв'язку, в тому числі радіорелейного та супутникового. Тут працюють практично всі радіолокатори.

Вплив НВЧ на біологічні об'єкти залежить від інтенсивності опромінення. Теплова дія характеризується загальним підвищенням температури тіла або локалізованим нагрівом тканини. Впливаючи на живу тканину організму, ЕМП викликає зміну поляризації молекул і атомів, які складають клітини, внаслідок чого відбувається небезпечне нагрівання. Надмірне тепло може завдати шкоди окремим органам і всьому організму людини. Особливо шкідливе перегрівання таких органів, як очі, мозок, нирки тощо. Зростання інтенсивності впливає на нервову систему, умовно-рефлекторну діяльність, на клітини печінки, підвищує тиск, приводить до змін у корі головного мозку, до втрати зору.

ЕМП низькочастотного діапазону (конкретно промислової частоти 50 Гц) викликають у людей порушення функціонального стану центральної нервової системи, серцево-судинної системи, спостерігається підвищена втомлюваність, млявість, зниження точності робочих рухів, зміна кров'яного тиску і пульсу, аритмія, головний біль.

Для запобігання професійним захворюванням, що викликані впливом ЕМП, встановлені допустимі норми опромінення.

Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання – частина електромагнітного спектра, з довжиною хвилі 700 нм – 1000 мкм, енергія якого при поглинанні викликає у речовині тепловий ефект. Джерела випромінювання поділяються на природні і штучні. До природних джерел інфрачервоного випромінювання

належать природна інфрачервона радіація Сонця. Штучними джерелами інфрачервоного випромінювання є будь-які поверхні, температура яких вища за температуру поверхні, яка підлягає опроміненню (для людини всі поверхні з температурою вищою від температури тіла людини: 36-37 °C).

Ефект дії інфрачервоного випромінювання залежить від довжини хвилі, яка зумовлює глибину проникнення. Дія інфрачервоних випромінювань зводиться до нагрівання шкіри, очей, до порушення діяльності центральної нервової системи, серцево-судинної системи, органів травлення. При інтенсивній дії на непокриту голову може виникнути так званий сонячний удар – головний біль, запаморочення, прискорення дихання, втрата свідомості, порушення координації рухів, тяжкі ураження мозкових тканин аж до вираженого мінінгіту та енцефаліту.

Засоби захисту від дії ІЧ-випромінювання такі: теплоізоляція гарячих поверхонь, охолодження тепловипромінюючих поверхонь, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту, організація раціонального режиму праці і відпочинку.

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання – спектр електромагнітних коливань з довжиною хвилі 200-400 нм. Особливістю ультрафіолетового випромінювання є висока сорбційність – їх поглинає більшість тіл.

Ультрафіолетове випромінювання, яке становить близько 5% щільності потоку сонячного випромінювання, є життєвонеобхідним фактором, який сприятливо впливає на організм, знижує чутливість організму до деяких негативних впливів; оптимальні дози ультрафіолетового випромінювання активізують дію серця, обмін речовин, підвищує активність ферментів, поліпшують кровотворення, чинять антирахітну і бактерицидну дію.

Ультрафіолетове випромінювання довжиною хвилі 10-20нм (дальній діапазон) має дуже велику енергію є згубним для людини, але у природніх умовах ці хвилі поглинаються озоновим шаром атмосфери і на поверхні землі вони відсутні.

УФ випромінювання штучних джерел може стати причиною гострих і хронічних захворювань. Найбільш уразливі очі, шкіра. Дія УФ-випромінювань на шкіру викликає дерматити, екзему, «старіння» шкіри, злоякісні пухлини. Внаслідок впливу уф-випромінювання виникають загальнотоксичні симптоми – головний біль, запаморочення, підвищення температури тіла, підвищена втома, нервові збудження.

Зниження інтенсивності опромінення УФ-випромінюванням і захист від його впливу досягаються відстанню, екрануванням джерел випромінювання, екрануванням робочих місць, засобами індивідуального захисту, спеціальним фарбуванням приміщень і раціональним розташуванням робочих місць.

Лазерне випромінювання може негативно впливати на живий організм. Найбільш чутливими до лазерного випромінювання є очі, шкіра, їх пошкодження мають характер опіків. Опромінення шкіри лазерною енергією може також призвести до утворення пухлин. Під впливом лазерного випромінювання в організмі людини відчуються функціональні зміни центральної нервової і серцево-судинної систем, ендокринних залоз, зростає фізична втомлюваність, коливається тиск, з'являється головний біль, роздратованість, збудженість, порушується сон.

Для захисту від лазерного випромінювання застосовують: телевізійні системи спостереження за ходом процесу, захисні екрани (кожухи), огороження лазерної зони, засоби індивідуального захисту — спеціальні протилазерні окуляри, щітки, маски, халати, рукавиці.

ВИСНОВОК

У рамках цієї роботи проведено натурні обстеження 4 перехресть міста Львів. Отримано інтенсивність руху транспорту та пішоходів, а також дані про склад транспортного потоку. Здійснено оцінку існуючого регулювання, оптимізацію параметрів світлофорного управління. У програмному комплексі VISSIM створено імітаційні моделі досліджуваного перехрестя, впроваджено розроблені програми управління та отримано дані щодо показників затримок, зупинок, викидів шкідливих речовин для трьох видів управління (існуючого після оптимізації параметрів світлофорного регулювання після введення адаптивного регулювання).

Результати досліджень, виконаних у магістерській дисертації, дозволили зробити такі висновки:

-основними типовими заходами щодо поліпшення дорожньо-транспортної ситуації на завантажених регульованих перехрестях можуть бути оптимізація параметрів світлофорного регулювання та введення адаптивного регулювання;

-оптимізація не несе в собі будь-яких фінансових вкладень, однак, розраховані оптимальні параметри світлофорного регулювання будуть найкращими лише для того трафіку, який спостерігався під час проведення обстежень;

-Адаптивне управління світлофорним об'єктом дозволяє більш точно підлаштуватися під реально існуючий в даний момент трафік і за рахунок цього зберегти оптимальність управління при зміні характеристик транспортних та пішохідних потоків, але вимагають економічних вкладень.

-Ефективність оптимізації світлофорного циклу по затримках транспортних засобів збільшується зі збільшенням пікової інтенсивності, а також зменшується зі зростанням числа смуг.

-Ефективність адаптивного регулювання буде збільшуватися зі зростанням пікової наведеної інтенсивності руху транспортних засобів та числа смуг на входах у перехрестя.

Отримані в результаті досліджень формули дозволять прогнозувати економічну ефективність заходів для регульованих перехресть з найменшими працею та часом витратами, оскільки для оцінки знадобиться лише вимірювання інтенсивності час-пік та кількості смуг на підходах до перехрестя. А результати прогнозованої ефективності за формулою дозволять ухвалити подальше рішення про доцільність детальних досліджень та обґрунтувати витрати на впровадження заходів щодо вдосконалення роботи регульованих перехресть.

Підсумковий алгоритм підвищення ефективності роботи регульованих перехресть виглядає так:

1. Створення переліку перехресть, у яких необхідно підвищити ефективність роботи.
2. Натурним способом для кожного такого перехрестя визначити:
 - наведену інтенсивність руху транспорту в годину-пік;
 - Кількість смуг на вході в перехрестя.
3. визначити ефективність оптимізації параметрів світлофорного циклу (Z_0) для кожного перехрестя і впорядкувати перехрестя в порядку зменшення Z_0 .
4. визначити ефективність від введення адаптивного регулювання (Z_a) для кожного перехрестя та впорядкувати перехрестя в порядку зменшення Z_a .
5. З урахуванням ранжування перехресть вибрати регульоване перехрестя, на якому реалізовуватимуться заходи щодо підвищення ефективності дорожнього руху.
6. Створити модель вибраного перехрестя в ArteryLite (при оптимізації параметрів світлофорного регулювання) або PTV VISSIM (при введенні адаптивного регулювання).
7. Здійснити відповідні розрахунки в отриманій на етапі 6 моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белстат [електронний ресурс].
2. The Detroit News, www.madyar.net
3. СТБ 1300-2014 «Технічні засоби організації дорожнього руху. Правила застосування».–2014.
4. ОДМ 218.6.003-2011 «Методичні рекомендації щодо проектування світлофорних об'єктів на автомобільних дорогах».–2011.
5. Highway Capacity Manual (HCM 2000). TRB, National Research Council, Washington, DC, 2000.
6. RiLSA (1992/2003). Richtlinien für Lichtsignalanlagen - Lichtzeichenanlagen für den Straßenverkehr. Forschungsgesellschaft für Straßen-und Verkehrswesen (Hrsg.), Nr. 321. Köln.Berichtigter Nachdruck 1998.
7. Аземша С.А. Застосування наукових методів підвищення безпеки дорожнього руху: [монографія]/ С.А. Аземша, О.М. Старовойтів; М-во трансп. та комунікацій Респ. Білорусь, Білорусь. держ. ун-т трансп. – Гомель: БелДУТ, 2017. – 191 с. -ISBN 978-985-554-618-5.
8. Ezenwa Amanamba, Performance Evaluation of a 'Priority-Controlled' Intersection 2016. 948-957.
9. Dino Županović, Optimisation signal-controlled intersection capacity / Dino Županović, Mario Anžek, Goran Kos // Promet – Traffic&Transportation, – 2010. – № 6. – С. 419-431.
10. Thomas Riedel, Adaptivity vs. прихильність при керованих інтерсекціях / Thomas Riedel, Hermann Kaul // 26th ITS World Congress, Singapore, 21-25 жовтня 2019.
11. Кашталінський А.С. Оцінка пропускної спроможності напрямків руху на регульованих перехрестях / О.С. Кашталінський, Д.С. Іскаков, А.О. Колесников, Ю.А. Пилипів. // Збірник наукових праць національної науково-практичної конференції Сібаді. – 2018. – С. 300-303.

12. Вітолін С.В. Управління транспортними потоками під час перевантажень на регульованих перехрестях // Прогрес транспортних засобів та систем, – Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, –2018. З. 300.
13. Вітолін С.В. Аналіз зміни довжини черги автомобілів перед регульованим перехрестям під час перевантаження // Транспорт Уралу. 2018. № 2 (57). С. 80-84. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-80-84. ISSN 1815-9400.
14. Вітолін С.В. Значення довжини черги автомобілів перед світлофорним об'єктом та сучасні підходи до її оцінки /С.В. Вітолін // Вісник Сібаді. 2016. №4 (50) - С. 53-59. ISSN 2071-7296
15. Бусарін Е.М. Підвищення пропускної спроможності регульованого перехрестя шляхом застосування на ньому адаптивного регулювання / Е.М. Бусарін, Г.А. Бабенков, Р.А. Корабль // Сучасні автомобільні матеріали та технології (САміт-2014).Курськ, 2014.
16. Павленко П.Ф. Адаптивна модель регульованого перехрестя дорожньої мережі/П.Ф. Павленко // Проблеми автоматики та управління. – Інститут машинознавства та автоматики НАН Киргизької Республіки (Бішкек).–2014.– №1.– С.174-178.
17. Куфтінова Н.Г. Моделювання транспортних потоків на регульованому перехресті за допомогою програмних засобів / Н.Г. Куфтінова// Актуальні напрями наукових досліджень: перспективи розвитку. -Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. -2018. - С.170-172.
18. ArteryLite-електронний ресурс.
19. Хейт Ф. Математична теорія транспортних потоків. - М.: Світ, 1966.
20. Лобанов Є.М. та ін. Пропускна спроможність автомобільних доріг. - М.: Транспорт, 1970.
21. R. Wiedemann, Modelling of RTI-Elements on multi-lane roads. In: Advanced Telematics в Road Transport edited Commission of the European Community, DG XIII, Brussels, 1991.
22. M. Fellendorf, VISSIM: Як microscopic simulation tool для оцінки дійсних сигналів контролю, включаючи bus priority. 64th ITE Annual Meeting, 1994.

23. Dijkstra A. та ін. Do Calculated Conflicts в Microsimulation Model Predict Number of Crashes. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. Vol. 2147 pp. 105-112, 2010.
24. Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., i S. Shelby. Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report. Publication FHWA-HRT-08-051. FHWA, US Department of Transportation, 2008.
25. Chen, Y., Persaud, B., Sacchi, E., & Bassani, M. (2013). Investigation of models for relating roundabout safety to predicted speed. Accident Analysis & Prevention, 50, 196-203.
26. Cunto, F., & Saccomanno, FF (2008). Calibration and validation simulated vehicle safety performance at signalized intersections. Accident Analysis & Prevention, 40 (3), 1171-1179.
27. El-Basyouny, K., & Sayed, T. (2013). Safety performance functions using traffic conflicts. Safety Science, 51 (1), 160-164.
28. Kim, SJ, Kim, W., & Rilett, LR (2005). Калібрація мікросимуляційних моделей використовує непараметичні статистичні технології. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1935(1), 111-119.
29. Miaou S., Lum H. (1993). Modeling vehicle accident and highway geometric design relationships, Accidents Analysis and Prevention, Vol. 25, No. 6, 1993, pp. 689-709.
30. US Department of Transportation (2008), Surrogate Safety Assessment Model and Validation: Final Report, Publication No. FHWA-HRT-08-051.
31. FHWA. Surrogate Safety Assessment Model and Validation. Final report.FHWA-HRT-08-051. US Department of Transportation, Washington, DC, 2008.