

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)




магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО
РУХУ ПО КОСМІЧНІЙ ВУЛ. М. ЗАПОРІЖЖЯ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ
КООРДИНОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Виконав: студент ІІ курсу, групи Тз-313м

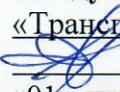
Спеціальності 275 «Транспортні технології
(за видами)»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

 Роман ТКАЧЕНКО
(прізвище та ініціали)
Керівник  Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)
Рецензент  Ольга ДУДАРЕНКО
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний _____
Кафедра _____ «Транспортні технології» _____
Ступінь вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)» _____
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на _____
автомобільному транспорті)» _____
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК
«01» листопада 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ТКАЧЕНКА Романа Євгенійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення ефективності регулювання дорожнього руху по Космічній вул. м. Запоріжжя шляхом введення координованого регулювання

керівник проекту (роботи) к. т. н., доц. ТРУШЕВСЬКИЙ Вячеслав Едуардович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» листопада 2024 року №487

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 16 грудня 2024 р.

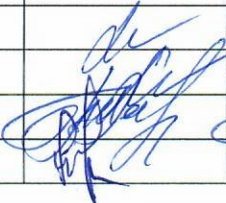

3. Вихідні дані до проекту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналітична частина, 2 Основна частина, 2.1 Розробка планувальних заходів організації дорожнього руху 2.2 Розробка комплексної схеми організації дорожнього руху, 2.3 Перевірка доцільності запровадження проектної схеми організації дорожнього руху 3 Економічна частина, 3.1 Розрахунок капітальних витрат, 3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат, 3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті, 3.4 Розрахунок терміну окупності проекту, 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е., доцент		
2	ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е., доцент		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	28.10.2024-10.11.2024	
2	Основна частина	11.11.2024-15.12.2024	
3	Економічна частина	16.12.2024-29.12.2024	
4	Охорона праці	20.01.2025-26.01.2025	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	27.01.2025-05.02.2025	

Студент(ка)


(підпис)

Роман ТКАЧЕНКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 74 с., 24 табл., 12 рис., 10 використаних джерел.

ВУЛИЦЯ, ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ДОРОЖНЄ ОБЛАДНАННЯ, КООРДИНОВАНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ПЕРЕХРЕСТЯ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження – організація і регулювання дорожнього руху по вул. Космічній м. Запоріжжя.

Мета проекту – розробка заходів із вдосконалення організації і регулювання дорожнього руху.

Метод дослідження – аналітичний, графічний, використання ЕОМ.

В магістерській роботі проаналізовано поточну дорожньо-транспортну ситуацію по вулиці Космічній в м. Запоріжжі, зокрема інтенсивності дорожнього руху, транспортні затримки, аварійність, застосування та режими роботи технічних засобів організації дорожнього руху. За результатами аналізу запропоновано впровадження заходів організації дорожнього руху: зміна параметрів проїзної частини, режиму роботи світлофора, розстановки дорожніх знаків та застосування дорожньої розмітки. Доцільність впровадження запропонованих проектних рішень економічно обґрунтовано.

ЗМІСТ

Завдання на роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Дослідження дорожньо-транспортної ситуації в районі проектування.....	8
1.2 Дослідження характеристик дорожнього руху.....	10
1.2.1 Дослідження інтенсивності та складу транспортного потоку.....	10
1.2.2 Дослідження швидкості руху.....	12
1.3 Аналіз дорожньо-транспортних пригод.....	17
1.4 Дослідження організації дорожнього руху.....	22
1.4.1 Аналіз та виявлення недоліків у схемі організації дорожнього руху.....	22
1.4.2 Дослідження діючого режиму світлофорного регулювання.....	22
1.6 Визначення недоліків та постановка задач дослідження	27
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Розробка планувальних заходів організації дорожнього руху.....	29
2.2 Розробка комплексної схеми організації дорожнього руху	31
2.2.1 План оперативних заходів організації дорожнього руху.....	31
2.2.2 Зміна структури світлофорного циклу	32
2.2.3 Застосування дорожніх знаків та розмітки.....	44
2.3 Перевірка доцільності запровадження проектної схеми організації дорожнього руху.....	46

3 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	57
3.1 Розрахунок капітальних витрат.....	57
3.2 Розрахунок поточних витрат.....	58
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті....	60
3.4 Розрахунок терміну окупності проекту.....	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
Висновки.....	65
Перелік джерел посилань.....	66
Додаток А – Розробка заходів з охорони праці	67

ВСТУП

Збільшення обсягів вантажів, що перевозяться в масштабах загальної транспортної системи, призводить до перерозподілу вантажопотоку між залізничним та автомобільним транспортом. Як відомо з логістичних досліджень, автомобільний транспорт у порівнянні залізничним має значні переваги, які передусім проявляються у тому, що цей транспорт може забезпечувати доставку вантажів «від дверей до дверей» та не потребує завчасного планування поїздок та формування крупних відправлень.

Такі переваги автомобільного транспорту призводять до збільшення частки в транспортному потоці автомобілів великої вантажопідйомності. Такий тренд негативно впливає на використання пропускних здатностей регульованих перехресть та на зношенні верхнього шару дорожнього покриття. Для протидії тим недолікам пропонується застосуванням координованого світлофорного регулювання для зниження кількості затримок транспортних засобів перед зонами регулювання.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Дослідження дорожньо-транспортної ситуації в районі проектування

Процес дорожнього руху відбувається як взаємодія елементів системи до якої входить водій, автомобіль, дорога та зовнішнє середовище. Всі елементи цієї системи постійно взаємодіють між собою в процесі дорожнього руху і визначають дорожньо-транспортну ситуацію. Дорожньо-транспортна ситуація можна умовно характеризувати якісними рівнями зручності руху. Ці рівні зручності руху відповідають певній комбінації діапазонів основних характеристик транспортних потоків, до яких належить інтенсивність дорожнього руху, середня просторова швидкість та щільність транспортного потоку. Основні характеристики транспортного потоку пов'язані між собою таким чином, що помноження щільності транспортного потоку на середню просторову швидкість на певній ділянці визначаємо інтенсивність руху транспорту.

Під середню просторовою швидкістю мається на увазі відношенням довжини траєкторії руху транспортного засобу вздовж проїзної частини до часу, який в середньому необхідний для подолання цієї траєкторії за умов рівномірного руху. На практиці у зв'язку з наявністю різних перешкод, в тому числі транспортних розв'язок в одному рівні, які характеризуються наявністю різного типу конфліктних точок відбувається зниження середньої просторової швидкості, що призводить до зменшення загальної ефективності використання транспортного засобу тобто до зростання частки логістичних витрат у собівартості продукції.

В той же час збільшення середньої просторової швидкості в межах населених пунктів невідворотно веде до збільшення кількості дорожньо-

транспортних пригод пов'язаних зокрема із наїздом на пішоходів на пішохідних переходах.

Всесвітня організація охорони здоров'я звертає увагу на те, що основною задачею у профілактиці дорожньо-транспортної аварійності для країн, що розвиваються, є відділенням транспортних і пішохідних шляхів, тобто фізичне розділення найбільш вразливих учасників дорожнього руху, до яких належить пішоходи, велосипедисти, люди похилого віку, таким чином, аби вони не взаємодіяли у конфліктних точках з транспортними засобами і не підвищували ризик утворення аварійних ситуацій.

Разом із тим, фізичне розділення транспортних і пішохідних потоків а також транспортних потоків між собою вимагає значних капіталовкладень, спрямованих на будівництво розв'язок різних рівнях. Крім того, у населених пунктах будівництво різної розв'язок пов'язане лише зі значними капітальними витратами, а зі створенням значних незручностей для мешканців цих населених пунктів, оскільки транспортні розв'язки в різних рівнях потребують значної площі та призводять до зміни ландшафту а також розрізають пішохідні шляхи сполучення, створюючи необхідність будівництва позавуличних пішохідних переходів, до яких належить підземні та надземні пішохідні переходи. Особливо складність в цій частині являють собою вилітні магістралі, які сполучають між собою магістральні вулиці центра міста з автодорогами що поєднують великі населені пункти.

Пішохідні переходи за своїм розташуванням поділяються на вуличні та позавуличні. Вуличні пішохідні переходи розташовуються в одному рівні з проїзною частиною і тому становлять більшу небезпеку аварійності, ніж по позавуличні. Позавуличні переходи класифікуються на надземні та підземні. По вулиці Космічній в районі стадіону розташована надземний пішохідний перехід, який поєднує між собою дві частини Першотравневого висілку, розділеного виїмкою природного походження.

1.2 Дослідження характеристик дорожнього руху

1.2.1 Дослідження інтенсивності та складу транспортного потоку

Інтенсивність руху пов'язана із поняттям динамічного габариту транспортного засобу, оскільки транспортний засіб під час руху характеризується інертністю, оскільки має масу то зупинка його у разі необхідності перед попереднім транспортним засобом що рухається по тій самій смузі без її зміни є неможливою без наявності так званого гальмівного шляху. Під час гальмування транспортний засіб рухається рівно сповільнено тобто його швидкість впродовж кожної секунди знижується на певну величину яка називається прискоренням з урахуванням (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Коефіцієнти зведення транспортних засобів до легкового автомобіля

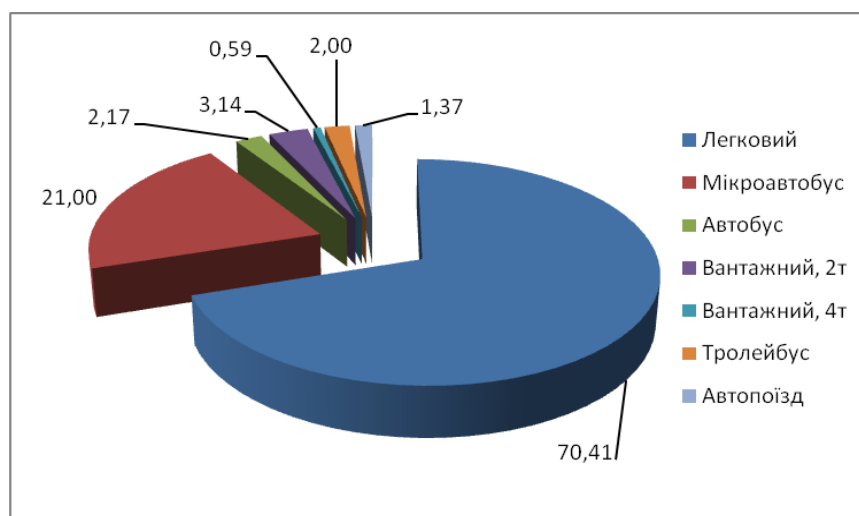
Вид транспортного засобу	Коефіцієнт зведення
Легковий автомобіль	1
Автобус, тролейбус	3
Мікроавтобус	1,5
Вантажний автомобіль вантажопідйомністю до 1,5 т	1,5
Вантажний автомобіль вантажопідйомністю до 8 т	2
Вантажний автомобіль вантажопідйомністю до 12 т	3
Автопоїзд	4

Режим світлофорного регулювання розробляється для пікового періоду доби (17.00 – 19.00) для робочих днів (понеділок – п'ятниця), тому інтенсивності руху виміряні саме в цей час.

Оскільки транспортним засобам керує людина-оператор, необхідно враховувати також її психофізіологічні властивості, які полягають у наявності часу реакції на небезпеку. Залежно від того чи була ця небезпека очікуваною, чи міг водій передбачити що на певній ділянці величносторожньої мережі може бути створена аварійна ситуація, наприклад пішохід може вийти на проїзну частину. Залежно від того час реакції значно змінюються і може сягати однієї півтора секунд. Протягом цього часу транспортний засіб продовжує рухатися із початковою швидкістю яку він досяг у точці, де водій виявив небезпеку. Таким чином, загальне обмеження швидкості в межах населених пунктів суттєво знижує аварійність за рахунок зниження гальмівного шляху. Таким чином збільшення швидкості руху з одного боку дозволяє динамічним габаритам транспортних засобів проїжджати переріз проїзної частини за менший час, тобто збільшувати фактичне пропускну здатність перерізом з іншого боку з умов забезпечення безпеки дорожнього руху необхідно щоб зі збільшенням швидкості зростала і дистанція між транспортними засобами оскільки час реакції водія при цьому залишається незмінним А при збільшенні швидкості за той самий час транспортний засіб пройде вже більший шлях з урахуванням того що транспортний потік поділяється на групи.

Таблиця 1.2 – Дані зі складу транспортного потоку

Тип транспортного засобу	Відсоток у потоці
Легковий	70,41
Мікроавтобус	21,00
Автобус	2,17
Вантажний, 2т	3,14
Вантажний, 4т	0,59
Тролейбус	2,00
Автопоїзд	1,37



Риунок 1.1 – Склад транспортного потоку, %

Також проаналізовано розподіл інтенсивностей руху транспортних засобів на під'їздах до перехрестя (рис. 1.2)

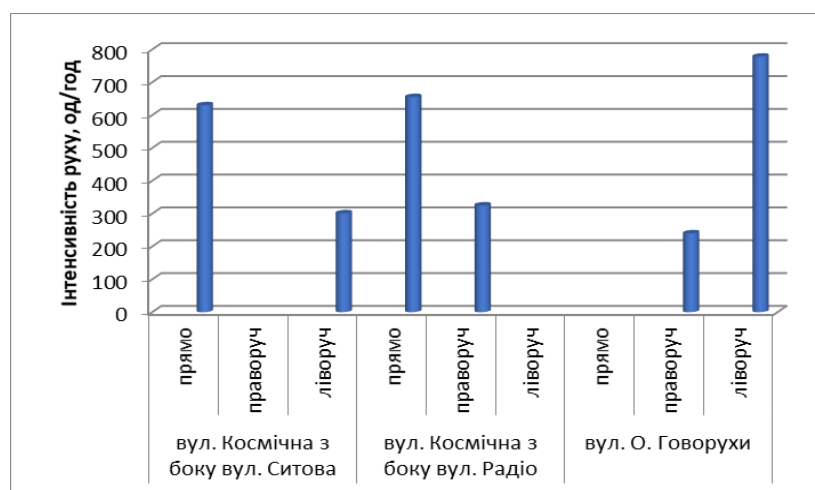


Рисунок 1.2 – Розподіл інтенсивностей транспортних засобів на підходах до перехрестя.

1.2.2 Дослідження швидкості руху

Розподіл швидкості руху автомобілів у транспортному потоці підкоряється нормальному закону розподілу ймовірностей:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-\bar{v})^2}{2\sigma_v^2}} \quad (1.1)$$

де \bar{v} - середня швидкість транспортного потоку, км/год;

σ_v - середнє квадратичне відхилення швидкостей окремих транспортних засобів, км/год.

Стохастичні величини що досліджуються поділяються на дискретні та неперервні. Дискретні випадкові величини, на відміну від стахастичних мають певну кінечну кількість значень випадкові величини, розподілені в певному інтервалі з певною щільністю розподілу відповідно до певного закону розподілу. Дослідженнями встановлено, що миттєва швидкість транспортних засобів на перегоні магістралі розподіляється за нормальним законом розподілу ймовірностей. Цей закон є двопараметричним і характеризується двома величинами а саме математичним очікуванням яке в нормальному законі розподілу відповідає середньому значенню вибірки та середнім квадратичним відхиленням тобто коренем з дисперсії випадкової величини для кількісної оцінки розподілу швидкостей а також є врахуванням при визначенні параметрів проїзної частини та світлофорного регулювання у проектах нерівномірності розподілу миттєвих швидкостей транспортних

$$m = k^{-1} \times \sum_{i=1}^k V_i, \quad (1.2)$$

де k - число спостережень у вибірці;

V_i - значення результату спостереження, км/год

$$\delta = \sqrt{D} \quad (1.3)$$

де D - дисперсія значень, км²/год²

Надамо визначення інтегральної функції:

$$F(x) = P(X < x) \quad (1.4)$$

А значить справедливе таке твердження:

$$F(x) = \int_0^x f(X) \quad (1.5)$$

Інтегральна функція показує імовірність того, що значення випадкової величини буде менше аргументу цієї функції. Значить, для нормального закону розподілу ймовірностей можна записати:

$$F(X) = \int_0^x \frac{1}{\delta \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-v)^2}{2\delta^2}} dx \quad (1.6)$$

Якщо значення імовірності дорівнює 0,85, то

$$F(0.85) = \int_0^x \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-v)^2}{2\delta_v^2}} dx \quad (1.7)$$

Слід розв'язати це рівняння відносно x , тобто знайти значення верхньої межі інтегрування. Для цього застосуємо функцію Лапласа:

$$P(a < X < b) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-t^2} \delta\sqrt{2} dt = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_a^b e^{-t^2} dt = \frac{1}{2} [\Phi(\beta) - \Phi(\alpha)] \quad (1.8)$$

Для практичних розрахунків можна визначити величину швидкості певного відсотку забезпечення тобто певних процентів розподілу швидкостей за допомогою додатку Microsoft Excel. Для цього можна використати підготовлену функцію норм аргументами якої є відсоток забезпечення а також параметри закону розподілу точність отримана таким чином не менше тієї як дасть графічний підхід на основі побудови графіку

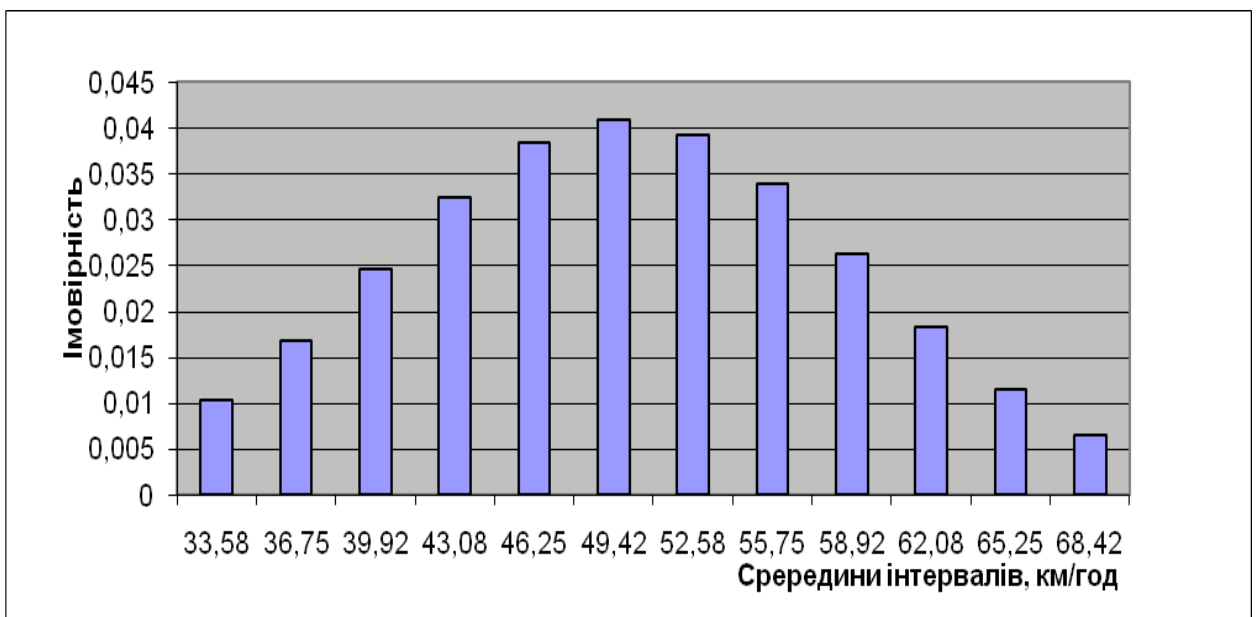


Рисунок 1.3 – Дослідження швидкостей руху

Фактичне значення 85% за даними вимірювань складає 55 км/год тобто на 5 км більше за встановлене обмеження швидкості проте слід зважати на відсутність адміністративного стягнення для водіїв у вигляді штрафу.

Таблиця 1.3 - Результати замірів швидкостей на підходах до перехрестя вул. Космічної та вул. О. Говорухи

Номер спостереження	Швидкість, км/год	Номер спостереження	Швидкість, км/год	Номер спостереження	Швидкість, км/год	Номер спостереження	Швидкість, км/год
1	65	11	64	21	40	31	60
2	40	12	32	22	32	32	66
3	55	13	45	23	48	33	45
4	42	14	48	24	50	34	55
5	55	15	43	25	50	35	51
6	56	16	60	26	55	36	45
7	50	17	55	27	60	37	49
8	60	18	65	28	47	38	40
9	35	19	70	29	45	39	45
10	39	20	53	30	40	40	35

Визначення характеристик закон розподілу миттєвої швидкості руху транспортних засобів на ділянках перегонів що входять до магістралі координовано регулювання дозволяє зважено встановити максимальні обмеження дозволеної швидкості руху на цих перегонах запобігши таким чином дорожньо-транспортним пригодам транспортними засобами які

1.3 Аналіз дорожньо-транспортних пригод

З метою зниження кількості та тяжкості дорожньо-транспортних пригод на ділянці проектування перша задача що є слід розв'язати полягає у визначенні всього комплексу взаємно пов'язаних факторів що призводять до виникнення дорожньо-транспортних пригод при визначенні цього діапазону причини факторів необхідно перш за все мати на увазі тінь які можуть бути об'єктами оперативних заходів з організації регулювання дорожнього руху тому що наступним кроком після визначення взаємно пов'язаної групи причин дорожньо-транспортних пригод є розробка аргументованих та логічно визначених заходів спрямованих на профілактику аварійності а саме недопущення повторення таких умов що призводять до підвищеного ризику потрапляння учасників дорожнього руху такі аспекти як загальна поведінка водіїв та пішоходів звичка ігнорувати вимоги правил дорожнього руху та вимоги безпеки руху не можуть бути об'єктами для ефективного впливу тому не підлягають серйозному аналізу конкретному дослідженню підлягають бажано виражені в цифровому вигляді факторів що є кореляційно пов'язаними із кількістю та тяжкістю дорожньо-транспортних пригод зокрема до таких належить режим світлофорного регулювання геометричні характеристики проїзної частини інтенсивність руху пішоходів склад транспортного потоку статистичні характеристики розподілу миттєвих швидкостей транспортного засобу на ділянці проектування особливо поблизу місць концентрації та накопичення дорожньо-транспортних пригод зв'язаних між собою схожими причинами та наслідками особливістю такого аналізу є вироблення конкретного комплексу заходів запровадження якого дозволить за найкоротшу ціну ціну найшвидшим та найменшим комплексом заходів забезпечити стабільне зниження тяжкості та кількості дорожньо-транспортних пригод що мають місце на ділянці проектування наприклад застосування підвищених пішохідних переходів пагорбів дозволяє знизити середню просторову швидкість транспортного потоку особливим для автомобілів водії яких перевищують встановлення обмеження швидкості

наражаючому небезпеку не тільки силою своїх пасажирів а ще й пішоходів які користуються цими наземними пішохідними переходами особливо це стосується категорії пішоходів що є найменш захищеними від наслідків дорожньо-транспортних пригод а саме дітей пішоходів з обмеженими фізичними можливостями пішоходів старшого віку такі особи не можуть об'єктивно оцінювати швидкість транспортного засобу що наближається до пішохідного переходу особливо в таких випадках коли водій цього транспортного засобу серйозно перевищує становлення обмеження швидкості

Зважаючи на вимоги закону України «Про дорожній рух», власниками велично-дорожньої мережі, а також спеціальними службами місцевих органів самоврядування, відповідальними за організацію і регулювання дорожнього руху на території населеного пункту, а саме на вулицях і дорогах населеного пункту, систематично проводяться різними способами аналіз дорожньо-транспортної аварійності з метою визначення місць концентрації дорожньо-транспортних пригод та місць їх зосередження та вжиття термінових заходів з визначення причин дорожньо-транспортних пригод та усунення обставин, які призводять до їх виникнення. Керуючись вимогами цього Закону, першочергові заходи організації дорожнього руху повинні відбуватися в тих місцях концентрації дорожньо-транспортних пригод, що характеризується їх найбільшою кількістю.

Тяжкість наслідків дорожньо-транспортних пригод визначається відносною кількістю учасників дорожнього руху, що постраждали та загинули внаслідок цих пригод, тому навіть ділянки, що характеризується невеликою кількістю пригод можуть становити небезпеку, оскільки певні види дорожньо-транспортних пригод призводять до серйозного збільшення показників тяжкості за рахунок механізмів ДТП, що призводять до значного травмування учасників дорожнього руху. До таких пригод зокрема належить наїзд на транспортний засіб, що стоїть і наїзд на пішохода.

Статистичний аналіз інформації про дорожньо-транспортні пригоди дозволяє встановити не лише кореляційний зв'язок між причинами дорожніх пригод та їх наслідками кількістю тяжкостю кількістю постраждалих кількістю і пошкоджених транспортних засобів видиме дорожньо-транспортних пригод а також між їх причинами різного виду Таким чином багатofакторний аналіз дозволяє встановити найвизначніші причини дорожніх пригод які усунути в першу чергу і усунення яких навіть шляхом витрати значних коштів на переоблаштування інфраструктури дозволить одразу на першому етапі запровадження проекту впродовж першого року досягнути значної економії за рахунок зниження кількості та тяжкості дорожньо-транспортних пригод..

При аналізі класифікації дорожньо-транспортних пригод необхідно враховувати, що до зіткнень належать лише такі за механізмом дорожні пригоди, під час яких обидва транспортні засоби рухалися. Якщо, наприклад, пошкодження транспортного засобу відбулося під час зупинки на заборонний сигнал світлофора іншим транспортним засобом, то це не вважається ДТП.

Таблиця 1.5 - Результати аналізу ДТП

Параметри		Значення
1	2	3
Кількість ДТП за 2 роки		13
Наслідки ДТП	без постраждалих	7
	постраждалі середнього ступеня	2
	постраждалі важкого ступеня	3
	загиблі	1
Постраждалі категорії учасників дорожнього руху	водії та пасажери	3
	пішоходи	3

Продовження таблиці 1.5

1	2	3
Розподіл ДТП по видах	Зіткнення	6
	наїзд на транспорт, що стоїть	1
	Наїзд не перешкоду	2
	Наїзд на пішохода	4
ДТП, що пов'язані зі світлофорним регулюванням		6
Місяці року	1	1
	2	
	3	2
	4	
	5	2
	6	1
	7	1
	8	
	9	3
	10	
	11	2
	12	1
Години доби	0	
	1	1
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	3
	9	
Години доби	10	1
	11	
	12	
	13	
	14	1
	15	
	16	2

Закінчення таблиці 1.5

	17	
	18	3
	19	
	20	2
	21	
	22	
	23	
Дні тижня	понеділок	1
	вівторок	2
	середа	2
	четвер	1
	п'ятниця	4
	субота	
	неділя	3
Причини ДТП	порушення правил маневрування	4
	перевищення швидкості	1
	порушення ПДР пішоходами	2
	порушення дистанції	2
	порушення правил проїзду перехресть	3
	порушення сигналів регулювання	1

За результатами проведеного аналізу можна зробити наступні висновки: за видами дорожньо-транспортних пригод 46% від усіх випадків складають зіткнення, 30% від загальної кількості ДТП доводиться на наїзди на пішоходів, осінь характеризується найбільшою кількістю дорожньо-транспортних пригод, найбільш аварійний місяць – вересень, пікові години характеризується загально найбільшою кількістю дорожньо-транспортних пригод, загалом половина від усіх ДТП, що сталася на ділянці проектування, є дорожніми пригодами без постраждалих. Загалом можна зробити висновок, що заходи з профілактики аварійності на ділянці проектування повинні передусім бути спрямовані на усунення причин обставин дорожньо-транспортних пригод що характерні для години пік а саме для таких відрізків

часу що характеризується високою інтенсивністю дорожнього руху транспортних засобів та пішоходів на найбільш завантажених перехрестях магістральних вулиць району.

1.4 Дослідження організації дорожнього руху

1.4.1 Аналіз та виявлення недоліків у схемі організації дорожнього руху

В результаті аналізу аварійності та діючих схем організації дорожнього руху можна зробити беззаперечний висновок про те, що побіжною причиною деяких дорожньо-транспортних пригод можна вважати недоліки в організації і регулюванні дорожнього руху, а саме у застосуванні дорожніх знаків, дорожньої розмітки а також режимів світлофорного регулювання, які не відповідають діючій дорожньо-транспортній ситуації, а саме тривалості основних тактів з регулюванням не відповідають поточним рівням завантаження зарахуванням складу транспортного потоку та його розподілу за годинами доби.

1.4.2 Дослідження діючого режиму світлофорного регулювання

На вулиці Космічній розташовано регульовані перехрестя з вулицями Чумаченка, Ситова, О. Говорухи, Столярною та Броньовою. Всі ці перехрестя, окрім Столярної вул., мають трифазний режим світлофорного регулювання, що свідчить про порівняно високі інтенсивності дорожнього руху при повороті ліворуч. Така ситуація зумовлюється розташуванням багатоповерхової житлової забудови лише з південного боку вулиці.

Режим світлофорного регулювання визначається структурою циклу світлофорного регулювання та його параметрами. До параметрів циклу світлофорного регулювання належить тривалості основних тактів фаз регулювання, тривалості перехідних інтервалів та загальна тривалість циклу світлофорного регулювання. В різних програмах регулювання та чергування фаз може бути різним. Встановлено, що при зміні порядку чергування фаз та змінює набору фаз що входить до даної програми змінюється тривалість перехідних інтервалів. При зміні тривалості перехідних інтервалів одразу відбувається зміна тривалості втраченого часу у циклі світлофорного регулювання.

Загалом світлофорний цикл можна поділити на ефективний та втрачений час. Протягом ефективного часу транспортні засоби в'їжджають на перехресті та відбувається їх рух через переріз стоп-ліній з інтенсивністю, що відповідає потоку насичення. В загальному випадку вважається, що потік насичення одразу буде дорівнювати максимальній величині після початку дозволяючого сигналу світлофора, тобто іншими словами можна сказати, що імпульс інтенсивності транспортного потоку буде в такому випадку мати прямокутну форму. На практиці такого не відбувається, оскільки з урахуванням того, що транспортні засоби починають рух на дозволяючий світлофорний сигнал послідовно один за одним, то, зважаючи на реакцію водія та час, необхідний на розгону транспортного засобу, кожен наступний автомобіль починає рух з деяким запізненням відносно попереднього автомобіля, в результаті чого фактичне значення потоку насичення збільшується протягом початку дозволяючого сигналу. Оскільки цей процес відбувається постійно з урахуванням того що в ідеальному випадку для визначення потоку насичення береться черга нескінченної довжини, то поступовий початок руху транспортних засобів у цій черзі буде врешті призводити до зменшення фактичної величини потоку насичення. На практиці таке зменшення відбувається через 30-40 секунд роботи

дозволяючого світлофорного сигналу тому великі за тривалістю основні такти, що призводять до виникнення тривалих циклів світлофорного регулювання, не є ефективними за критерієм транспортної затримки, оскільки фактичне значення потоку насичення починаючи з 30-40 секунди такого циклу вже не відповідає розрахунковому, а тому роз'їзд черги нескінченної довжини, що означає потік насичення, відбувається вже не з тією фактичною інтенсивністю дорожнього руху яка закладена в розрахунок.

Для визначення структури світлофорного циклу перш за все слід визначити склад фаз регулювання. Під фазою регулювання маємо на увазі таку групу попарно неконфліктних напрямів світлофорного регулювання, для транспортних засобів та пішоходів у якій включені одночасно дозволяючі сигнали для транспорту та пішоходів не будуть створювати по відповідним траєкторіям руху небезпечних конфліктних точок, роз'їзд яких не визначений діючими Правилами дорожнього руху.

Таким чином, зменшення кількості фаз регулювання призводить до зниження тривалості світлофорного циклу, що в свою чергу є більш ефективним з точки зору транспортних затримок. Однак, таке зменшення неможливо без ігнорування деяких конфліктних точок які вважаються на даному етапі недостатньо небезпечними для того, щоб напрями регулювання, які відповідають траєкторіям руху, які утворюються конфліктні точки, розносити по різних фазам регулювання. Таким чином, зниження транспортної затримки в такому випадку є протилежністю до забезпечення безпеки дорожнього руху.

В загальному випадку вважається, що для забезпечення абсолютної безпеки за умови виконання всіма учасниками дорожнього руху всіх вимог Правил дорожнього руху щодо світлофорних сигналів та правил проїзду перехрестя загалом без конфліктним вважається такий розподіл траєкторії руху транспортних засобів та пішоходів по фазах регулювання, за якого взагалі немає конфліктних точок окрім конфліктних точок відхилення. На

практиці така ситуація призводить до провокування учасників дорожнього руху, особливо пішоходів, до порушення вимог Правил дорожнього руху, оскільки інтенсивність характеризується нестаціонарністю, і таким чином міжпікові години транспортному потоці можуть виникати інтервали достатні для того щоб пішоходи могли перейти проїзну частину на заборонних сигнал світлофора.

На практиці в багатьох країнах реалізовувалася модель, в якій забороняється включати до однієї фази траєкторії, що відповідають транспортному напрямку руху вздовж однієї з вулиць і пішохідні траєкторії, що відповідає пішохідним напрямкам руху, які паралельні цим транспортним напрямкам. В такій ситуації водії транспортних засобів, які виконують поворот праворуч та ліворуч відповідно до вимог Правил дорожнього руху та Міжнародної конвенції про дорожній рух, повинні поступатися дорогою пішоходам, які переходять проїзну частину, однак на практиці така модель ефективно працює лише в певному діапазоні інтенсивності руху транспорту та пішоходів та за умови, що поворот праворуч що ліворуч відбувається лише з однієї смуги руху.

Таким чином можна зробити висновок про те, що конфліктність транспортного та пішохідного напрямку визначається не лише типом конфліктної точки, а ще індексом інтенсивності дорожнього руху, тобто величиною прямо пропорційною інтенсивності руху, які взаємодіють в даній конфліктній точці. Чим більше ці інтенсивності, тим більше небезпеки у взаємодії транспортних та пішохідних потоків у конкретній конфліктній точці. Для більш точного визначення цієї взаємодії на схемі перехрестя промальовують не траєкторії руху транспортних засобів а динамічні коридори їх руху. Таким чином, конфліктні точки перетворюються в конфліктні зони, які більш точно позначають місця взаємодії транспортних та пішохідних потоків в межах перехрестя.

Для розрахунків перехідних інтервалів використовується так звана

матриця тривалості конфліктів, в якій елементами є тривалості мінімальних часових проміжків ніж дозволяючими сигналами відповідних транспортних та пішохідних напрямів регулювання які є конфліктними між собою, тобто не можуть входити до однієї фази регулювання. Протягом цього мінімального проміжку відбувається звільнення від транспортних засобів тієї зони перехрестя, яка призначена для проїзду як одного так і іншого з конфліктних напрямів або для проїзду транспортного напрямку регулювання та переходу пішоходів, які перетинають проїзну частину в іншій фазі регулювання. Таким чином, для кожного типу конфлікту розраховується показник n , а ступінь конфліктності ($n_{\text{сум}}$) визначається за формулою:

$$n_{\text{сум}} = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_4' + n_5 + n_6 + n_7 + n_8 + n_{13} + n_{14} \quad (1.9)$$

За матеріалами аналізу великої кількості досліджень можна зробити беззаперечний висновок, що кількість та типи конфліктних точок в зоні регульованого перехрестя однозначно пов'язані із кількістю аварійних ситуацій, що трапляються на цьому перехресті. Крім того, кількість дорожньо-транспортних пригод а також їх тяжкість напряму залежить не лише від класифікації конфліктних точок притаманних для даного перехрестя а й від інтенсивностей дорожнього руху від складу транспортного потоку, який взаємодіє один з одним а в межах цього перехрестя у вказаних конфліктних точках. Таким чином, для порівняння між собою двох регульованих перехресть за прогнозованим рівнем аварійності можна зробити аналіз їх складності зауваживши не лише на типи конфліктних точок а і на інтенсивності дорожнього руху транспортних засобів і пішоходів які стикаються в цих конфліктних точках в межах регульованого перехрестя. Загальний рівень конфліктності розраховується за формулою:

$$n_{n. сум.} = \sum_{i=1}^k n_{сум. i} , \quad (1.10)$$

де $n_{сум. i}$ - ступінь конфліктності i -того маневру;

k - кількість маневрів можливих для виконання на перехресті.

В основному, квадратна матриця конфліктів з одного боку визначає мінімальні тривалості між конфліктними напрямками світлофорного регулювання що входять до різних фаз, а з іншого боку визначає факт конфліктності цих напрямів і якщо на основі цієї матриці скласти орієнтований граф то можна на основі пошуку максимального підграфу визначити мінімально можливо кількість вас світлофорного регулювання з урахуванням того, щоб однієї фази входили лише неконфліктні транспортні та пішохідні напрями такий метод дозволяє автоматизувати пошук оптимальної структури світлофорного циклу і запобігти помилкам характерним для великої кількості траєкторії на перехрестях з бульварною частиною.

Відповідно до формули Ф. Вебстера, оптимальна тривалість циклу світлофорного регулювання за критерієм мінімізації затримок учасників дорожнього руху прямо пропорційна фазовому коефіцієнту, який визначається як сума коефіцієнтів завантаження рухом під'їздів до перехресть відповідних напрямів регулювання що рухаються в різних фазах. Для кожної фази регулювання фазовий коефіцієнт визначається як максимальне значення коефіцієнтів завантаження руху для всіх напрямів що входять до даної фази регулювання. Якщо протягом світлофорного циклу транспортний напрям регулювання входять до кількох фаз то інтенсивність руху яка проїжджає за цим напрямом регулювання пропорційно розділяється між фазами регулювання таким чином, аби вона не була визначальною для коефіцієнта завантаження руху в жодній з цих фаз регулювання. Таким

чином, бажано щоб визначальне для коефіцієнта завантаження руху в кожній фазі регулювання бо в той напрям який входить лише до однієї фази регулювання в усьому світлофорному циклі. Що стосується пішоходів то для них визначається мінімальна необхідний час протягом якого триває дозволяючий сигнал цей час визначається з урахуванням того що пішохід який вийшов на проїзну частину протягом дії дозволяючого сигналу світлофорного регулювання повинен рухаючись зі швидкістю 5 км/год закінчити перехід проїзної частини або у випадку якщо світлофорний сигнал що дозволяє рух завершує свою дію дійти до найближчого тротуару або острівця безпеки.

1.6 Аналіз недоліків та постановка задач дослідження

Аналізуючи дорожньо-транспортну ситуацію на ділянці проектування, можна зробити висновок про те, що вулиця Космічна є магістральною вулицею регульованого руху районного значення і в той же час є вилітною магістраллю, тобто за своїм місцем в загальній структурі вулично-дорожній мережі міста Запоріжжя, вона поєднує центральну частину міста а саме Соборний проспект, з виїздом на автодорогу М-18 Харків-Сімферополь. Вулиця Космічна характеризується значним рівнем транспортного завантаження не тільки в пікові години а також і міжпікові години робочих днів. Склад транспортного потоку по цій вулиці містить як легкові автомобілі так і транспорт громадського користування, виражений мікроавтобусами автобусами та троллейбусами а також і вантажними автомобілями, які рухаються транзитом від Набережної магістралі до автодороги Харків-Сімферополь прямуючи через вулицю Олександра Говорухи. В таких умовах слід вводити магістральне координоване регулювання.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка планувальних заходів організації дорожнього руху

До планувальних заходів організації дорожнього руху належать такі заходи які спрямовані на зміну геометричних параметрів вулиці доріг, зокрема зміна ширини проїзної частини, радіусів заокругленням, кількості смуг застосуванням виділених та віднесених поворотів, розширення проїзних частин введення перехресть з рухом по колу, розширення тротуарів. Планувальні заходи організації дорожнього руху головним чином призначені для значної зміни пропускної здатності загальної велично-дорожньої мережі в районі проектування, вони спрямовані на пропуск великої інтенсивності дорожнього руху. Як правило, планувальним заходам організації дорожнього руху є найбільш ефективними на транспортних магістралях, де рух транспорту є ізольований від пішохідних потоків велосипедистів та вразливих груп учасників дорожнього руху а саме в таких умовах широке застосування планувальних заходів які в кінцевому результаті призводять до значного зростання пропускної здатності проїзної частини, є найбільш ефективним та окупається протягом найменшого часу.

До позитивних аспектів влаштування планувальних заходів організації дорожнього руху передусім належить зменшення кількості і тяжкості дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних із тим, що під час здійснення планувальних заходів організації дорожнього руху змінюється конфігурація регульованих перехресть і як наслідок взаємодія транспортних засобів конфліктних точках які є найбільш небезпечними має інший характер.

Найбільш ефективною можна вважати концепцію поєднання планувальних та оперативних заходів організації дорожнього руху. Така концепція є найбільш ефективна не лише з економічної точки зору тобто з точки зору балансування капітальних витрат, спрямованих на будівництво

елементів вулиці доріг, а також на реконструкцію дорожньо-транспортної інфраструктури, а ще й з урахуванням екологічності проєктів, тобто розумного дозування пропускної здатності велично-дорожньої мережі.

Багатьма дослідженнями визначено, що раптове збільшення пропускної здатності велично-дорожньої мережі на певній ділянці або в певному районі не веде до такого обсягу позитивного ефекту, який передбачається теоретично. Це пов'язано із тим, що будь-яке зростання комфортності для використання транспортних засобів одразу сприймається водіями як суттєвий стимул для застосування транспортних засобів індивідуального користування. При цьому транспортні засоби загального користування стають менш популярними та менш ефективними, зростає вартість проїзду і експлуатація таких транспортних засобів стає менш вигідною як для автотранспортних підприємств та підприємств міського електричного транспорту, так і загалом для державного та місцевого бюджетів. В такому випадку громадянам дається серйозний сигнал проте що держава всіляко підтримує розвиток індивідуального транспорту. Загалом такі заходи призводять з часом лише до суттєвого зростання інтенсивності дорожнього руху автомобілізації та автомобілекористування.

В свою чергу це призводить лише до погіршення загальної дорожньо-транспортної ситуації, вираженого як у зростання інтенсивності дорожнього руху, так і зростання використання паркувальних місць біля закладів, що притягують транспортний потік а також житлових районах. Таким чином, на певному етапі розвитку вулично-дорожньої мережі міста виникає така ситуація, коли черговий етап капітальної реконструкції мережі пов'язане з розширенням проїзних частин та збільшенням кількості смуг, будівництвом поза вуличних пішохідних переходів та розподілу транспортних потоків у різних рівнях на розв'язках призводить лише до того, що загальна інтенсивність дорожнього руху зростає знижується кількість транспортних засобів громадського користування в транспортних потоках погіршується

показники експлуатації парковок та показники екології системах організації регулювання дорожнього руху.

2.2 Розробка комплексної схеми організації дорожнього руху

2.2.1 План оперативних заходів організації дорожнього руху

Для забезпечення безпеки руху пішоходів, що користуються наземними пішохідними переходами за наявності на них світлофорного регулювання тривалість дозволяючого сигналу повинна забезпечити можливість дійти до острівця безпеки, де дочекатися наступного дозволяючого світлофорного сигналу. В тому випадку якщо пішохідний напрям регулювання входить до кількох фаз регулювання що слідують одна за одною то для визначення коефіцієнту корекції тривалості основного такту на пішохідний мінімум необхідний для завершення переходу пішоходами проїзної частини необхідно скласти тривалості основних тактів фаз регулювання що йдуть одна за одною та додати до них тривалість перехідного інтервалу що розділяє ці фази регулювання.

В тому випадку коли інтенсивності для того щоб зважаючи на потік насичення відповідного напрямку регулювання утворити такий Фазовий коефіцієнт який V кінцевому розрахунку за формулою Ф. Вебстера дав би мінімальну тривалість основного факту регулювання, що включає до себе лівоповоротний напрям 7 секунд або більше можна замінити введенням додаткової секції світлофора, що відповідає за лівий поворот транспортних засобів, розщепленням основної фази регулювання при цьому в тому напрямі, де інтенсивність руху ліворуч настільки велика що транспортні засоби не можуть завершити розпочатий маневр протягом перехідного інтервалу. Тривалість зеленого сигналу буде більше ніж зустрічному напрямку а псевдофаза регулювання, утворена за рахунок різниці

тривалостей цих зелених сигналів може бути меншою семи секунд, оскільки на всьому перехресті немає такого реального напрямку регулювання, в якому тривалість зеленого сигналу відповідала би лише основному такту цієї псевдофази регулювання.

Таким чином застосуванням зеленого додаткового та раннього старту світлофорному циклі забезпечує більш оптимальні розподіл ефективного часу ніж завантаженими напрямками світлофорного регулювання таким чином зменшуючи тривалість головної послідовності яка в свою чергу визначає фазовий коефіцієнт. Крім того на відміну від стрілки додаткової секції розщеплення фаз може застосовуватися лише в пікових програмах чи відповідають найбільшому завантаженню перехрестя транспортом та пішоходами тобто на практиці може мати місце ситуація коли протягом пікової програми розщеплення фаз у вигляді раннього старту.

2.2.2 Зміна структури світлофорного циклу

старту чи зеленого додаткового сигналу застосовується А вони ж пікові години зелені сигнали відповідних зустрічних напрямів функціонують синхронно у випадку застосування такої технології важливо забезпечити таке розташування дублюючих транспортних світлофорів аби водії транспортних засобів які виконують дозволений лівий поворот в тому напрямі де тривалість зеленого сигналу визначена меншою ніж у зустрічних напрямках не бачили дублюючого світлофора виїхавши на перехрестя оскільки в такому випадку він може ввести водіїв в оману з урахуванням того що перехід із зеленого сигналу на червоний на цьому світлофорі відбувається раніше ніж на зустрічному напрямку

залежно від функціональних можливостей автоматизовані системи керування дорожнім рухом надають можливість здійснювати магістральним та

мережевим локальне та координованим світлофорне регулювання залежно від технічних можливостей автоматизовані системи керування дорожнім рухом поділяються на кілька рівнів до першого рівня належить системи що здійснюють локальне керування

на першому рівні автоматизовані системи керування поділяється на три рівні системи першого підрівня першого рівня забезпечують багато програмне жорстке регулюванням із заздалегідь встановленими програмами за визначеним переліком параметрів світлофорного циклу залежно від години доби та дня тижня на другому підрівні перебувають Системи які забезпечують гнучке керування для забезпечення гнучкого автоматизованого керування дорожнім рухом автоматизовані системи мають у своєму складі детектори транспорту та пішоходів транспортні та пішохідні детектори можуть бути різних видів залежно від фізичної основи та принципу роботи датчиків які покладені в їх основу найбільш часто в якості транспортних детекторів застосовується електромагнітні індуктивні детектори а також оптичні детектори що складаються на базі камер відеоспостереження шляхом інсталяції спеціалізованого програмного забезпечення яке забезпечує зчитування абрисів транспортних засобів за швидкісними групами транспортного потоку відповідно до поділу за державними будівельними нормами та фіксацію швидкості руху цих транспортних засобів для визначення інтенсивності та інших параметрів руху пішохідних потоків а також фіксації моментів виклику пішоходами дозволяючи сигналів на пішохідних переходах із спеціальними датчиками застосовується універсальні табло виклику пішоходів які реалізуються у вигляді сенсорних або контактних кнопок із додаванням спеціальних табло які показують факт фіксації та обробки виклику отриманого автоматизованої системи на локальному чи координованому рівні від пішохода який збирається перейти проїзну частину

на третьому підрівні використовується система координатного регулювання які забезпечують безцентрову координацію світлофорних об'єктів принцип безцентрової координації полягає в тому що для кожного світлофора об'єкти відповідно для до графіку кардинованого регулювання визначається сув початку Першої фази регулювання відносно початку координат На графіку координації для забезпечення відпрацювання цього суву для кожного циклу регулювання необхідне забезпечення точного часу на світлофорному об'єкті таке забезпечення виконується за допомогою точного годинника а джерелами точного часу для якого є сигнал GPS та сигнал мобільного зв'язку який передає точний час від сервера автоматизованої системи керування дорожнім рухом така безцентрова система забезпечує координованим магістральним та мережеве керування без наявності фізичного сервера

Матрицю відстаней до дальніх конфліктних точок (ДКТ) (табл. 2.1) отримаємо шляхом вимірювання відстаней на масштабному плані перехрестя.

Таблиця 2.1 - Матриця відстаней до ДКТ

напряв	1	2	3	4	5	6
1	0.00	0.00	51.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	15.00	0.00	15.00	25.00
3	-25.00	-20.00	0.00	-25.00	-20.00	0.00
4	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	-37.00	-37.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	-16.00	0.00	0.00	0.00	0.00

На другому рівні автоматизованих систем забезпечується координоване керування із застосуванням трав від зв'язку між фронтальною частиною автоматизованої системи та її периферійною частиною яка включає в себе датчики дорожні контролери та телеавтоматичну апаратуру.

$$t_{\partial j}^i = t_p + \frac{V}{2a} + \frac{|B_j^i| + l_a}{V} + 2 \quad (2.1)$$

де t_p - термін реакції водія, с (0,8., .1.2 с),

v - швидкість руху, м/с (16,6)

a - прискорення уповільнення, $a^k = 2,5 \dots 3,0$ м/с²;

B_j^i - елемент конфліктної матриці, м;

l_a - довжина наведеного автомобіля, м ($l_a = 5$ м).

Наприклад, для елемента В[1,3] переведення проводиться таким чином:

$$t_{\partial}[1,3] = 1 + \frac{16.67}{2 \times 2.75} + \frac{|51| + 5}{16.67} + 2 = 9.39 \approx 10c$$

переведення проводиться таким чином:

$$t_{\partial}[3,1] = 1 + \frac{11.66}{2 \times 2.75} + \frac{|-25| + 5}{11.66} + 2 = 7.69 \approx 8c$$

Таблиця 2.2 - Матриця мінімальних проміжків

напря́м	1	2	3	4	5	6
<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	9	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
2	0	0	<u>7</u>	0	7	8
3	8	6	0	8	6	0
4	0	4	8	0	0	0
5	0	9	9	0	6	0
6	0	7	<u>0</u>	0	0	0

В такому випадку зміна режимів координованого регулювання не залежить від фізичної інтенсивності дорожнього руху на мережі координації і відбувається за заздалегідь встановленими планами, втім до цих планів може втручатися оператор автоматизованої системи шляхом диспетчерського вибору належного плану координації за допомогою маніпулятора на центральному пульті керування. На другому підрівні в такій системі розташовується апаратура, яка здатна здійснювати координоване регулювання в гнучкому режимі. Зокрема, до таких систем належить дорожні контролери, що здійснюють місцеву гнучку корекцію планів координованого регулювання. Місцева гнучка корекція за своїм принципом полягає в тому, що проходження обох стрічок неперервного часу забезпечується в тих межах що визначені графіком координованого регулювання. У випадку, якщо тривалість дозволяючого сигналу в магістральному напрямі перевищує відмітки, де проходять стрічки неперервного часу то за даними детекторів що розташовуються на перехресті та визначають інтенсивність руху транспортних засобів, щільність транспортного потоку та середню просторову швидкість руху транспортного потоку, а також визначають факти виклику відповідних фаз регулювання пішоходами, здійснюється місцева корекція, тобто скорочується магістральна тривалість дозволяючого сигналу для того, аби пропустити транспортні засоби і пішоходів з другорядних вулиць, якщо це не шкодить магістральному транспортному потоку навіть з урахуванням того що він може рухатися не за стрічкою часу тобто для позагрупових транспортних засобів.

На третьому підрівні таких систем використовується автоматика, яка забезпечує не лише зміну програм регулювання та порядку слідування фаз а також оптимізацію параметрів світлофорних циклів на окремих перехрестях а також забезпечує за даними транспортних детекторів всієї координованої системи зміну цілих планів координації тобто підлаштування вибору

конкретного плану під характеристики транспортних потоків, що є актуальними для всієї ділянки покриття автоматизованої системи керування дорожнім рухом.

В такому випадку керування здійснюється в більш широкому аспекті, що забезпечує технічну можливість підвищення пропускної здатності під'їздів до регульованих перехресть, що входять до автоматизованої системи керування дорожнім рухом як по магістралі так і по другорядній вулиці до 25% порівняно із локальним режимом регулювання. Крім того за рахунок забезпечення умов для створення ефекту ведучого вогню тобто прискорення транспортних потоків що рухаються в режимі координації тобто не зупиняються на забороні сигнали перед усіма перехрестями, що входять до даного маршруту координації забезпечується виграш часу в системі координованого регулювання до 10% в порівнянні із локальним режимом регулювання.

Для забезпечення особливих потреб учасників дорожнього руху що мають інвалідність універсальні датчики, які фіксують вимогу пішоходам на виклик спеціальної фази світлофорного регулювання, що містить такий напрям який відповідає пішохідному переходу призначеному для руху через проїзну частину осіб з особливими потребами можуть використовуватися спеціальні табло виклику. Такі табло, окрім світлодіодної панелі, яка показує роботу світлофорного об'єкту в режимі виклику фази регулювання, а також сигналізує про прийняття та опрацювання сигналу на виклик відповідної фази регулювання від пішохода, який підійшов до пішохідного переходу, а також показує залишковий час для очікування дозволяючого сигналу доповнюється також додатковим вібросигналом, який для пішоходів із вадами зору підтверджує отримання спеціальної вимоги на виклик подовженої фази регулювання, призначеної для забезпечення переходу через проїзну частину пішоходів швидкість руху яких є менше за встановлену національним стандартом тобто менший за 5 км/год.

Для того щоб викликати таку фазу пішоходу треба натиснути не лише надзвичайно сенсорну кнопку розташовану на передній панелі універсального табло виклику, а також на спеціальну кнопку а розташовану в нижній частині табло. Таким чином табло виклику може сприймати вимоги пішоходів на виклик фази регулювання як із звичайною тривалістю дозволяючого сигналу, так і подовженої фази, розрахованої на пішоходів з інвалідністю.

Подовження тривалості фази регулювання є не єдиним способом прояву гнучкої місцевої корекції структури циклу світлофорного регулювання. Для подовження тривалості зеленого сигналу, призначеного для переходу пішоходами проїзної частини, може викликатися додаткова або позачергова фаза світлофорного регулювання, до якої також включено означений пішохідний напрям регулювання. Сумарна тривалість дозволяючого сигналу для пішоходів в такому випадку буде визначатися як сума тривалостей основних тактів фаз, що послідовно тривають одна за одною та перехідного інтервалу першої з цих двох фаз.

Таблиця 2.3 – Структура світлофорного циклу

Номер фази	Напрями				
	1	1	2	4	11
2	1	4	5	6	7
3	3	7	12	13	

Для потоку, що рухається в прямому напрямі при ширині проїзної частини 11 м, величина потоку насичення визначається за емпіричною формулою:

$$M_n = 525 \cdot H, \quad (2.2)$$

де H - ширина проїзної частини, м.

Якщо $H < 5,4$ м, користуються таблицею 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення потоків насичення

H , м	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,2
M_n , од./год	1850	1875	1950	2075	2475	2700

Для виділених смуг руху, M_n визначається для кожної смуги руху окремо згідно з таблицею 2.4.

Якщо поворот праворуч чи ліворуч виконується безконфліктно з окремої смуги, то потік насичення залежить від радіуса повороту [16]:

$$M_n = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{r}} \quad (2.3)$$

де r - радіус повороту, який визначається як середнє арифметичне між початковим і кінцевим радіусами руху ТЗ, м.

Якщо поворотні маневри здійснюються із загальної смуги руху і частка транспортних засобів, що повертають, більша за 10%, користуються формулою:

$$M_n^k = \frac{M_n \cdot 100\%}{\alpha + 1,75\beta + 1,25\alpha} \quad (2.4)$$

де M_n - величина потоку насичення розрахована для прямого напрямку, од./год;

α, β, γ - відсоток ТЗ із загального потоку, що рухаються відповідно прямо, ліворуч, праворуч, %.

Втрачений у циклі час:

$$L = \sum_{i=1}^m (t_{\partial}^i - 1 - 2) \quad (2.5)$$

де $t_{\partial}^i = \max_{k=1}^n (t_{\partial_j}^i)$;

m - кількість фаз регулювання на перехресті.

Таблиця 2.4 – Визначення тривалості втраченого часу

Фази регулювання	Напрями	Мінімальні проміжки, с
1-2	2-5	7
	2-6	8
	max	8
2-3	1-3	10
	4-3	8
	5-3	9
	max	10
3-1	3-1	8
	3-2	8
	3-4	8
	max	8

$$L = (8 - 3) + (10 - 3) + (8 - 3) = 17c$$

Для кожного з поєднаних у фази напрямів розраховують значення фазових коефіцієнтів:

$$Y_i^j = \frac{N_i}{M_H} \quad (2.6)$$

де N_i - інтенсивність ТП на i -му напрямі перехрестя, од./год;

M_H - потік насичення напрямку, од./год.

Далі розраховують фазовий коефіцієнт перехрестя як суму максимальних фазових коефіцієнтів, дозволених у фазі напрямів руху:

$$Y_k = \sum_{j=1}^m y_{j_{\max}} \quad (2.7)$$

Тривалість світлофорного циклу розраховується за формулою Вебстера:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y_k} \quad (2.8)$$

Тривалість основного такту обчислюють так:

$$t_o^i = \frac{y^i}{Y} (T_k - L_k) - 1 \quad (2.9)$$

де y^i - фазовий коефіцієнт відповідної фази.

Необхідно розрахувати коефіцієнти корекції, що розраховується за наступними формулами:

$$k_2^i = \frac{H/V_n + 5 - t_{III}^i}{t_{OT}^i} \quad (2.10)$$

$$k_1^i = \frac{7}{t_{OT}^i} \quad (2.11)$$

де H – ширина проїзної частини, що перетинають пішоходи, м;
 $V_{пiш}$ - швидкість руху пішоходів, м/с $V_{пiш}=1.3$ м/с [6].

Перебіг розрахунку наведено в табл. 2.5

Таблиця 2.5 – Розрахунок параметрів циклу світлофорного регулювання

Параметр	Значення			
1	2	3	4	5
Фаза 1				
Напрямок	1.000	4.000	2.000	11.000
Скоригований потік насичення, од/год	3937.500	3937.500	3937.500	6300
Ширина проїзної частини, м	7.500	7.500	7.500	12.000
Інтенсивність руху прямо, од/год	329	329	657	-
Інтенсивність руху праворуч, од/год	-	-	-	-
Інтенсивність руху ліворуч, од/год	-	-	-	-
Радіус виділеної смуги, м	-	-	-	-
Сумарна інтенсивність руху, од/год	638.000	638.000	356.000	-
Частка інтенсивності руху прямо	1.000	1.000	1.000	-
Частка інтенсивності руху паворуч	-	-	-	-
Частка інтенсивності руху ліворуч	-	-	-	-
Потік насичення, од/год	3937.500	3937.500	3937.500	-
Фазовий коефіцієнт	0.162	0.162	0.090	-
Максимальний фазовий коефіцієнт	0.162	-	-	-
Фаза 2				
Напрямок	1.000	4.000	5.000	6.000
Скоригований потік насичення, од/год	3937.500	3937.500	1968.750	1968.750
Ширина проїзної частини, м	11.25	7.500	3.750	3.750
Інтенсивність руху прямо, од/год	602	301	-	-
Інтенсивність руху праворуч, од/год	-	-	-	-
Інтенсивність руху ліворуч, од/год	-	-	301.000	240

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
Радіус виділеної смуги, м	-	-	17.000	8.000
Сумарна інтенсивність руху, од/год	301.000	301.000	301.000	240
Частка інтенсивності руху прямо	1.000	1.000	-	-
Частка інтенсивності руху праворуч	-	-	-	-
Частка інтенсивності руху ліворуч	-	-	1.000	1.000
Потік насичення, од/год	3937.500	3937.500	1651.822	1511.811
Фазовий коефіцієнт	0.076	0.076	0.182	0.159
Максимальний фазовий коефіцієнт	0.182	-	-	-
Фаза 3				
Напрямок	3.000	-	12.000	13.000
Скоригований потік насичення, од/год	-	-	-	-
Ширина проїзної частини, м	3.75	-	12.000	12.000
Інтенсивність руху прямо, од/год	-	-	-	-
Інтенсивність руху праворуч, од/год	-	-	-	-
Інтенсивність руху ліворуч, од/год	778.000	-	-	-
Радіус виділеної смуги, м	17.000	-	-	-
Сумарна інтенсивність руху, од/год	778.000	-	-	-
Частка інтенсивності руху прямо	-	-	-	-
Частка інтенсивності руху праворуч	-	-	-	-
Частка інтенсивності руху ліворуч	1.000	-	-	-
Потік насичення, од/год	1651.822	-	-	-
Фазовий коефіцієнт	0.471	-	-	-
Максимальний фазовий коефіцієнт	0.471	-	-	-

Отримані за допомогою програми МРЛ параметри циклу наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Параметри світлофорного циклу

Параметр	Значення
1	2
Тривалість світлофорного циклу, с	90
Основний такт 1, с	12
Основний такт 2, с	13

Продовження таблиці 2.6

1	2
Основний такт 3, с	39
Перехідний інтервал 1, с	8
Перехідний інтервал 2, с	10
Перехідний інтервал 3, с	8

2.2.3 Застосування дорожніх знаків та розмітки

Для забезпечення нормативної видимості дорожніх знаків у межах населеного пункту на відстані 100 м в напрямі руху необхідне виконання кількох умов. По-перше, матеріали, з яких виготовляється зовнішня поверхня дорожнього знаку, повинні мати підвищену світловідбивну здатність, параметри якої визначаються вимогами національного стандарту.

Тривалість сигналу розрахована як на нормативну швидкість пішохода, який перетинає проїзну частину, так і на подовжену фазу регулювання, розраховану на перехід тих пішоходів, які не можуть розвинути відповідної швидкості. У випадку адаптації наземного пішохідного переходу для пішоходів, що мають особливі потреби, на пішохідному переході, як правило влаштовується центральний острівець безпеки, який комплектується не лише пішохідними світлофорами, а також з кожного боку спеціальними табло виклику.

Окрім спеціальних табло виклику такі пішохідні переходи в обов'язковому порядку облаштовуються пристроями звукового супроводження. Задача пристрою звукового супроводження полягає не лише в тому, щоб дублювати сигнали пішохідного світлофора а і в тому, щоб створювати слуховий орієнтир для пішоходів які мають вади зору. Таким

чином можна зробити висновок що розташування цих пристроїв звукового супроводження повинно бути таким або пішоходи який має вади зору чітко формувалися орієнтири у межах розташування наземного регульованого пішохідного переходу. Оскільки пішоходи які мають вади зору при переході проїзної частини не можуть розвинути нормативної швидкості, то сигнали звукового супроводження повинні підключатися до окремого напрямку світлофорного регулювання, для якого утворюється своя циклограма з урахуванням специфічних перехідних інтервалів та на якій показується замість світлофорних сигналів інтервали часу, протягом яких пристрої звукового супроводження подають ту чи іншу інформацію. Загалом пристрій звукового супроводження може подавати такі види інформаційних повідомлень:

- про те що пішохідний перехід через певну вулицю дозволено;
- про те що час відведення на пішохідний перехід через певну вулицю завершується;
- про те що пішохідний перехід через певну вулицю забороняється.

Також протягом дії дозволяючого сигналу цей сигнал дублюється різними типами метрономів, частота яких відповідає швидкості руху пішохода а також створює уявлення стосовно частини часу, відведеної для що знаходяться посередині проїзної частини вул. Космічної позначаються завершення пішохідного переходу у разі, коли пішохід опинився на проїзній частині у момент завершення дії дозволяючого перехід звукового сигналу.

Для позначення наземних пішохідних переходів використовується один тип дорожньої розмітки незалежно від того, регульований цей пішохідний перехід, чи нерегульований. Для позначення пішохідних переходів, що характеризуються високим рівнем аварійності та потребують від учасників дорожнього руху підвищеного рівня уваги, використуються червоно-біла розмітка.

Відомості про дорожні знаки, що встановлюються, наведені в табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Відомість дорожніх знаків

Номер знаку	Назва знаку	Кількість знаків, що встановлюються
5.18	Напрямок руху смугами	6
5.62	Місце зупинки	1
5.41	Місце зупинки автобуса	1
5.43	Місце зупинки тролейбуса	1
5.35	Пішохідний перехід	3
4.2	Рух праворуч	1
3.34	Зупинку заборонено	4
5.11	Смуга руху для маршрутних транспортних засобів	1
4.7	Об'їзд перешкоди з правого боку	2

Встановлення нових дорожніх знаків відповідно до впроваджуваної схеми організації дорожнього руху позитивно впливає на рівень аварійності. Цей вплив оцінюється шляхом застосування спеціальних частинних коефіцієнтів.

2.3 Перевірка доцільності запровадження проектної схеми організації дорожнього руху

Важливим позитивним аспектом застосування таких пристроїв звукового супроводження разом із універсальними табло виклику, оснащеними додатковими кнопками та вібраційним сигналом є те, що слухові орієнтири та звукові сигнали від пристрою звукового супроводження подаються лише в тому випадку, коли надійшов виклик від пішохода, який має вади зору. Таким чином цей пристрій не створює зайвого в місцевому

середовищі шуму. Особливо це важливо у вечірні та ранкові години, коли видимість на проїзній частині є невисокою, а шум що утворюється пристроєм звукового супроводження може переноситися на декілька кварталів. Можна зробити висновок, що застосування таких пристроїв в комплексі із сучасними дорожніми контролерами дозволяє забезпечити прийнятні умови для переходу проїзної частини в одному рівні є осіб чи мають вади зору.

Найбільш поширеною є п'ятибальна система оцінки небезпеки конфліктних точок (табл.. 2.8).

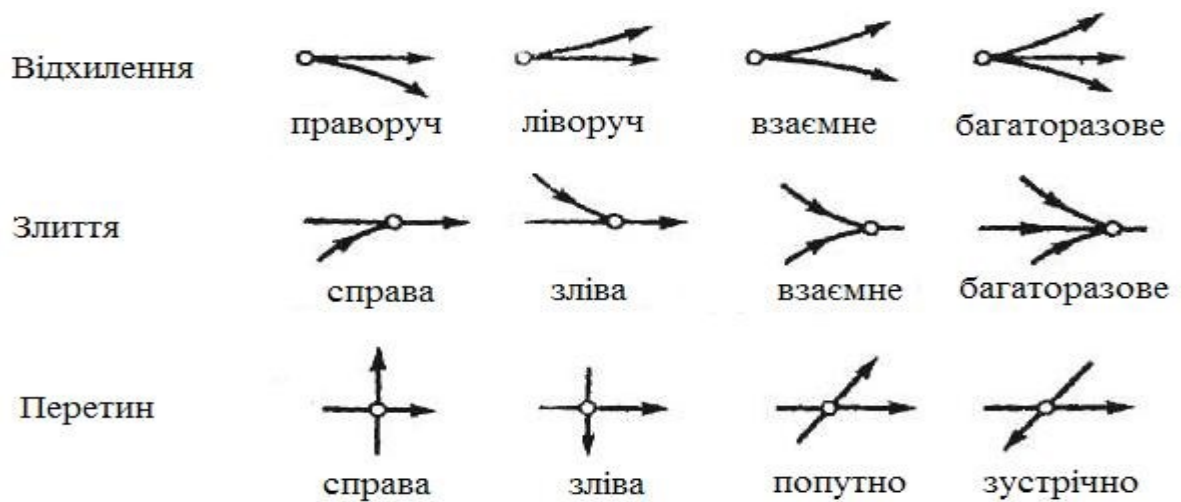


Рисунок 2.1 – Класифікація конфліктних точок

Таблиця 2.8 – П'ятибальна система оцінки конфліктних точок

Тип конфліктної точки	Оцінка
відхилення	1
злиття	3
перетин	5

Показник складності перехрестя розраховується за наступною формулою [17]:

$$m = n_6 + 3n_3 + 5n_n \quad (2.12)$$

де n_6 , n_3 , n_n – кількість точок відхилення, злиття та перетину відповідно.

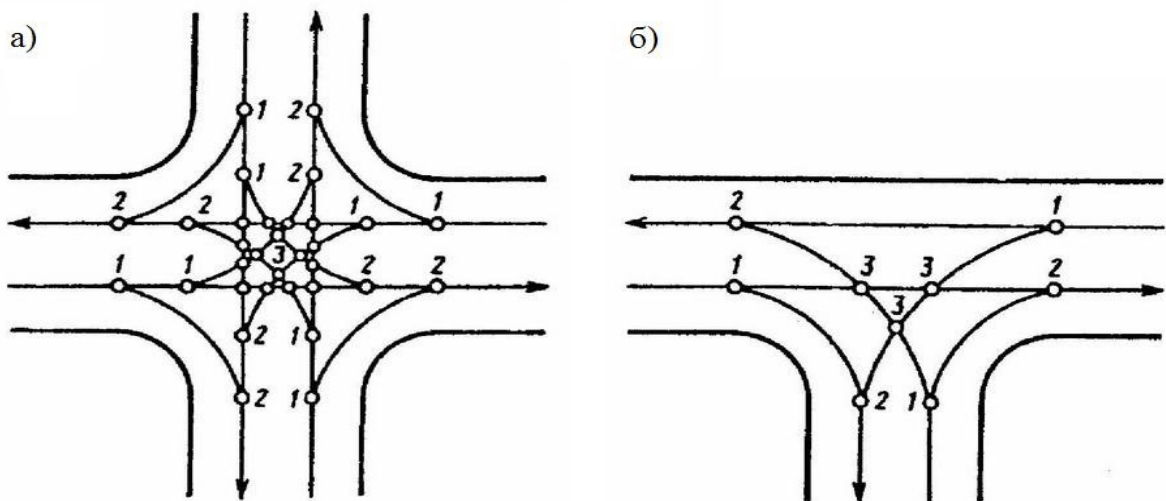


Рисунок 2.2 – Конфліктні точки відхилення (1), злиття (2) та перетин (3) на перехрестях з різною конфігурацією: а – чотирьохстороннє, б – трьохстороннє

На рисунку 2.2 видно як визначаються конфліктні точки на чотирьохсторонньому перехресті (а), на якому можна виконувати всі види маневрів.

$$\sigma = 0,01(N' + N'') \quad (2.13)$$

де N' , N'' – приведені інтенсивності конфліктуючих потоків.

Таблиця 2.9 – Визначення коефіцієнту m для базового варіанту

Тип конфліктної точки	Оцінка	Кількість точок	m
відхилення	1	3	3
злиття	3	4	12
перетин	5	23	115
Разом		30	130

Показник складності перехрестя з урахуванням індексу інтенсивності розраховується за наступною формулою (табл. 2.10):

$$m' = n_{\hat{a}} \sum_{i=1}^{n_{\hat{a}}} \sigma_{N_{s\hat{a}}} + 3n_{\hat{c}} \sum_{i=1}^{n_{\hat{c}}} \sigma_{N_{s\hat{c}}} + 5n_{\hat{i}} \sum_{i=1}^{n_{\hat{i}}} \sigma_{N_{s\hat{i}}} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.10 – Розрахунок показника m' для базового варіанту

Номер КТ	Тип КТ	Коефіцієнт	N1	N2	Індекс інтенсивностей	m'
1	2	3	4	5	6	7
1	злиття	3	50	100	1,5	4,5
2	перетин	5	50		0,5	2,5
3	злиття	3	550	678	12,28	36,84
4	перетин	5	550		5,5	27,5
5	перетин	5	30	678	7,08	35,4
6	перетин	5	30	100	1,3	6,5
7	відхилення	1	30	301	3,31	3,31
8	перетин	5	331		3,31	16,55
9	перетин	5	310	678	9,88	49,4
10	перетин	5	310	301	6,11	30,55
11	перетин	5	301	678	9,79	48,95
12	перетин	5	301	100	4,01	20,05

Закінчення таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6	7
13	перетин	5	310	100	4,1	20,5
14	перетин	5	310		3,1	15,5
15	перетин	5	305	301	6,06	30,3
16	перетин	5	305	678	9,83	49,15
17	перетин	5	305	100	4,05	20,25
18	перетин	5	305		3,05	15,25
19	відхилення	1	40	325	3,65	3,65
20	перетин	5	40	301	3,41	17,05
21	перетин	5	678	40	7,18	35,9
22	перетин	5	100	40	1,4	7
23	злиття	2	240	40	2,8	5,6
24	перетин	5	280		2,8	14
25	злиття	3	325	301	6,26	18,78
26	відхилення	1	240	100	3,4	3,4
27	перетин	5	626		6,26	31,3
28	перетин	5	625		6,25	31,25
29	перетин	5	678		6,78	33,9
30	перетин	5	340		3,4	17
Разом						651,83

Застосування індикаторного показника m' надає можливість порівнювати перехрестя між собою за ознакою складності та рівня небезпеки виникнення ДТП.

Визначення показників m та m' для проектного варіанту наведено в табл. 2.10 та 2.12.

Зважаючи на те, що частка в потоці автобусів, тролейбусів і в конфліктній точці 1 в проектному варіанті за прямою траєкторією

$$N_{np} = 300 \times (1 - 0,25) = 225 \text{ од} / \text{год}$$

Таблиця 2.11 - Визначення коефіцієнту m для проектного варіанту

Тип конфліктної точки	Оцінка	Кількість точок	m
відхилення	1	1	1
злиття	3	1	3
перетин	5	16	80
Разом		18	84

Таблиця 2.12 - Розрахунок показника m' для базового варіанту

Номер КТ	Тип КТ	Коефіцієнт	N1	N2	Індекс інтенсивностей	m'
1	2	3	4	5	6	7
1	злиття	2	225	778	10,03	20,06
2	відхилення	1	225	75	3	3
3	перетин	3	300		3	9
4	перетин	5	778	330	11,08	55,4
5	перетин	5	330		3,3	16,5
6	перетин	5	778	329	11,07	55,35
7	перетин	1	301		3,01	3,01
8	перетин	5	301	778	10,79	53,95
9	перетин	5	301	329	6,3	31,5
10	перетин	5	329		3,29	16,45
11	перетин	5	301	330	6,31	31,55
12	перетин	5	778	330	11,08	55,4
13	перетин	5	330		3,3	16,5
14	перетин	5	240		2,4	12
15	перетин	5	325		3,25	16,25
16	перетин	5	301		3,01	15,05
17	перетин	5	778		7,78	38,9
18	перетин	5	240		2,4	12
Разом						461,87

Як довів проведений розрахунок, а саме фазо-траєкторний аналіз, в результаті запровадження розроблених заходів з організації і регулювання

дорожнього руху знижується показник складності та небезпеки ключового перехрестя. (табл.. 2.13):

- за кількістю конфліктних точок по видах з урахуванням індексу інтенсивності зі 130 до 84, тобто на 35 %;
- при включенні до розрахунку інтенсивностей дорожнього руху на ключовому перехресті зі 651,83 до 461,87, тобто на 29%.

При цьому змінюється кількість конфліктних точок на перехресті (табл.. 2.13 та рис. 2.3).

Таблиця 2.13 – Зміна кількості конфліктних точок

Тип конфліктної точки	Базовий варіант	Проектний варіант	Різниця	Різниця, %
відхилення	3	1	2	67
злиття	4	1	3	75
перетин	23	16	7	30
разом	30	18	12	40

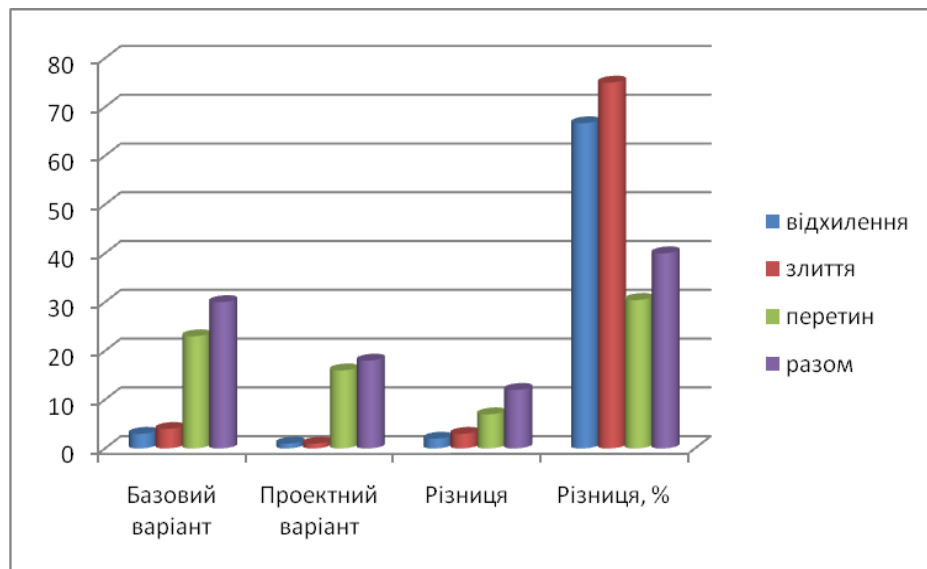


Рисунок 2.3 - Зміна кількості конфліктних точок

Запровадження вищенаведених змін в організації та регулюванні дорожнього руху дозволяє понизити кількість конфліктних точок на

ключовому перехресті системи координованого світлофорного регулювання, а також індекси інтенсивності руху у цих точках, забезпечивши без значних витрат достатнє зниження рівню аварійності.

Під координованим регулюванням мається на увазі такий режим роботи світлофорів на сусідніх перехрестях, який дозволяє транспортним засобам, які рухаються за маршрутом координації, приїздити послідовно декілька перехресть, обладнаних світлофорною сигналізацією без зупинки перед кожним з цих перехресть. Такий режим досягається за рахунок визначення для кожного світлофорного об'єкту такого суугу у початку першої фази регулювання від загального початку плану координації, якому відповідає час руху транспортних засобів зі встановленою швидкістю 85% на перегонах магістралі координації. Оскільки транспортні засоби рухаються зі встановленою розрахунковою швидкістю назустріч один одному по маршруту координації, то задача визначення таких зсувів є n-p-повною, тобто існують на практиці лише методи приблизного визначення такого оптимального набору цих зсувів початку основних тактів перших фаз світлофорного регулювання на перехрестях, включених до маршруту координації, який дозволить якомога кращим чином організувати рух транспортних засобів по маршруту, забезпечивши їм зменшення загальної затримки учасників дорожнього руху, в тому числі водіїв транспортних засобів, пішоходів та пасажирів.

Також введення координатного регулювання дозволяє знизити кількість дорожньо-транспортних пригод на маршруті координації за рахунок створення ефекту ведучого сигналу і таким чином утворення груп транспортних засобів, які послідовно рухаються одна за одною в різних циклах світлофорного регулювання, що дозволяє створити на магістралі щільний потік автомобілів однакових швидкісних груп і зменшує таким чином кількість порушень пішоходами Правил дорожнього руху, що

полягають у переході проїзної частини під час дії заборонного сигналу світлофорного регулювання, спрямованого для пішоходів.

Графік магістрального координованого регулювання характеризується тривалістю стрічок безперервного часу спрямованого в кожному з напрямів координації, тобто таких проміжків часу протягом яких водієм транспортних засобів, які рухаються за маршрутами координованого регулювання вздовж магістралі через кілька послідовно розташованих перехресть гарантується у випадку руху з розрахунковою швидкістю координації.

Безупинковий проїзд цих перехресть, тобто рух зі встановленою швидкістю спочатку до кінця цього маршруту. При цьому негативним моментом є те що у випадку розташування на перегонах цих магістралей регульованих пішохідних переходів з гнучким регулюванням тобто таких де для переходу проїзної частини пішоходам слід натиснути кнопку і дочекатися виклику відповідної фази регулювання, то на таких перехрестях суттєво збільшується тривалість затримки пішоходів в очікуванні дозволяючого сигналу оскільки виклик фаза регулювання, незважаючи на момент натиснення кнопки може відбуватися лише в конкретні проміжки а розташування яких в загальному це є світлофорного регулювання диктується конкретними моментами підходження стрічок неперервного часу до ділянки даного регульованого пішохідного переходу.

Таким чином, на практиці збільшується кількість скарг пішоходів на те що вони задовго чекають дозволяючого сигналу. Однак в будь-якому випадку таких збільшення тривалості затримки пішоходів в очікуванні дозволяючих сигналів перед регульованими в координованому режимі при координації пішохідними переходами виправдовується за рахунок суттєвого скорочення затримок перед цими переходами транспортних засобів.

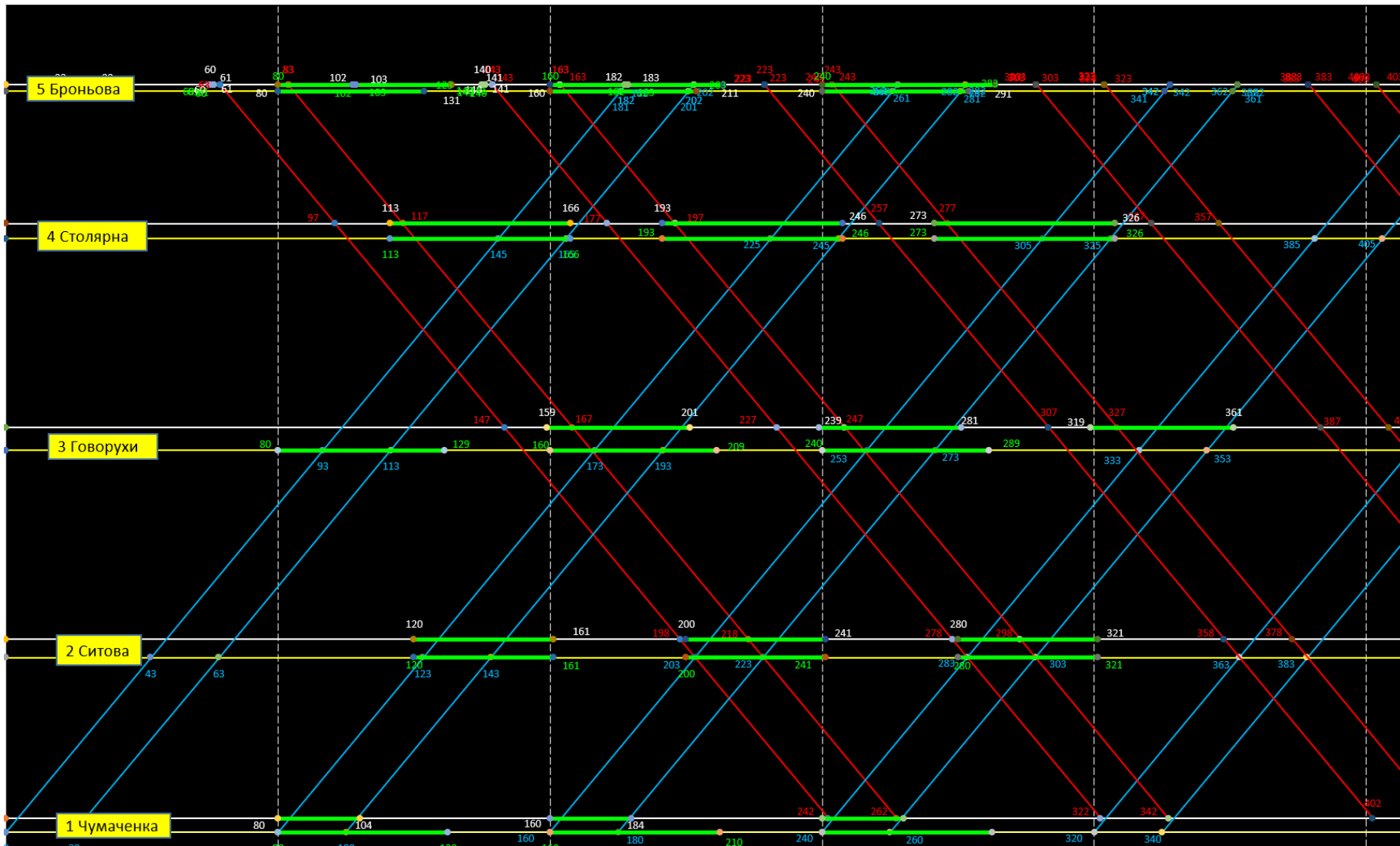


Рисунок 2.4 – Грфік координованого регулювання

Учасники дорожнього руху зокрема пасажирів транспортних засобів громадського користування які характеризуються високим коефіцієнтом використання пасажиромісткості та високої пасажиромісткістю найбільше впливають на загальні техніко-економічні показники.

Оптимальні параметри графіку координації за критеріями зниження загальної тривалості затримок учасників дорожнього руху визначається за допомогою спеціальної програми а створеної на основі удосконаленого графо-аналітичного методу побудови графіків координованого регулювання.

Окрім тривалостей стрічок часу та розрахункових швидкостей руху транспортних засобів з того ж маршруту координації на кожному з перегонів між регульованими перехрестями, розташованими на цьому маршруті належить також зсув початку основного такту першої фази регулювання на кожному з перехресть що входять до маршруту координації, а також зсув початку зворотної стрічки часу на останньому перехресті від моменту нульового часу. На графіку координації такий набір параметрів дозволяє відтворити графік координації наприклад у застосунку Microsoft Excel як це зроблено на рисунку 2.4. Таке відтворення дозволяє у випадку можливості використовувати неформальні способи корекції графіку координації, які описані в різних літературних джерелах та одразу побачити результати такої корекції які виражаються у збільшенні ширини стрічок часу без шкоди для закриття кальок зелених сигналів з яких світлофорного регулювання на кожному з перехресті які входять до магістрального координованого маршруту.

Загалом координований ефект окрім зменшення тривалостей затримав учасників дорожнього руху перед світлофорними об'єктами також дозволяє суттєво зменшити обсяг викидів до атмосфери відпрацьованих газів від двигунів внутрішнього згорання, а також суттєво знизити середній рівень транспортного шуму який можна визначити вздовж магістралі координації у житлових будинках.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ

До капітальних витрат належать витрати по придбанню дорожніх знаків, визначених у основній частині, K_1 монтажу цих дорожніх знаків K_2 та демонтажу старих дорожніх знаків K_3 , а також на закупівлю дорожніх контролерів K_4 .

Витрати на закупівлю дорожніх знаків K_1 розраховані в табл. 3.1 на основі таблиці демонтажу та встановлення дорожніх знаків, що їх наведено у основній частині роботи.

Таблиця 3.1 – Витрати на дорожні знаки

Тип знаку	Вартість 1 знаку	Кількість знаків	Сума
Трикутний	696	1	696
Круглий	972	4	3888
Квадратний	972	4	3888
Прямокутний	1680	2	3360
Табличка	366	1	366
,		12	12198

Витрати на монтаж 12 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 184 грн., складатимуть

$$K_2 = 12 \cdot 184 = 2208 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 10 старих дорожніх знаків становить:

$$K_3 = 10 \cdot 74 = 740 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Вартість дорожнього контролера КДК 40-02 за даними заводу-виробника складає 200180 грн. З урахуванням необхідності заміни усіх дорожніх контролерів по вул. Космічній, крім перетину із вул. Броньовою, для досягнення ефекту координації, слід встановити 4 нових дорожніх контролери.

$$K_4 = 4 \cdot 200180 = 800720 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

Оскільки демонтовані дорожні знаки списуються з нульовою вартістю, додаткові основні фонди після запровадження проекту будуть мати таку вартість:

$$\Phi = 12198 + 800720 = 812918 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

З урахуванням робіт зі встановлення та демонтажу дорожніх знаків, сума капітальних вкладень становитиме:

$$K = 812918 + 2208 + 740 = 815866 \text{ грн.}$$

3.2 РОЗРАХУНОК РІЧНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ

Поточні витрати складаються з витрат на відновлення дорожньої розмітки а також робіт, пов'язаних з ремонтом технічних засобів.

Розрахунок площі дорожньої розмітки, що буде щорічно відновлюватися в межах зони проєктування, наведено в таблиці у основній частині роботи. За даними розрахунку, сумарна площа розмітки складатиме 1046,3 м².

Витрати на нанесення 1 м² розмітки становлять 354 грн., таким чином витрати на оновлення розмітки становитимуть:

$$C_n = 1046,3 \cdot 354 = 370390 \text{ грн. / рік} \quad (3.5)$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять (з урахуванням амортизації усіх капітальних витрат, окрім демонтажу старих дорожніх знаків, які вже не є основними фондами):

$$A = \Phi \cdot 0,24 \quad (3.6)$$

$$A = 812918 \cdot 0,24 = 195630 \text{ грн / рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{рем} = (K_1 + K_4) \cdot 0,05$$

$$C_{рем} = (12198 + 800720) \cdot 0,05 = 40646 \text{ грн / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 370390 + 195630 + 40646 = 606666 \text{ грн / рік}$$

3.3 ЕКОНОМІЯ ВІД ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

Економія від зменшення затримок на перехресті визначається добутком різниці тривалостей затримок в проектному та базовому варіантах та вартості цієї різниці затримок.

$$E_{затр} = C_{затр.баз} - C_{затр.проект} \quad (3.6)$$

За даними програми МРЛ, сумарна річна затримка за магістральними напрямками регулювання в базовому та проектному варіантах наведена у табл. 3.2. При визначенні річної тривалості затримки вважається щоденний ефективний час роботи світлофорів становить 10 год.

Таблиця 3.2 –Тривалості транспортних затримок

Напрямок	Перехрестя Космічної вул.	Тривалість затримки за базовим варіантом, год./год.	Тривалість затримки за проектним варіантом, год./год.	Різниця затримок, год./год.	Різниця затри- мок, год./рік
Прямий	Ситова	3,26	2,36	0,9	3285
Прямий	Говорухи	2,1	1,41	0,69	2518,5
Прямий	Столярна	2,86	2,04	0,82	2993
Прямий	Броньова	2,86	2,04	0,82	2993
Зворотний	Столярна	2	1,32	0,68	2482
Зворотний	Говорухи	1,9	1,21	0,69	2518,5
Зворотний	Ситова	3,46	2,06	1,4	5110
Зворотний	Чумаченка	3,46	2,06	1,4	5110
Разом		21,9	14,5	7,4	27010

Таким чином, загальна різниця тривалостей затримок приведених транспортних засобів за напрямками регулювання на перехресті протягом року складатиме 27010 год./рік.

Умовна вартість цієї різниці визначається таким чином:

$$C_{tz} = \frac{Z_{zag} \times D_i \times S}{K_{zg}} \quad (3.9)$$

де Z_{zag} - загальні транспортні затримки, год/рік;

D_i - частка в потоці транспортних засобів i - го виду;

K_{zg} - коефіцієнт зведення ТЗ i -го типу до легкового автомобіля;

S - вартість машино-години i -го виду ТЗ.

Наприклад, для мікроавтобусів:

$$C_{мкр} = \frac{27010 \cdot 0,1 \cdot 600}{1,5} = 1080400 \text{ грн / рік}$$

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів провадиться за формулою:

$$C_{nac} = \frac{Z_{zag} \times D_i \times \Pi \times K_{впм} \times S_g}{K_{zg}} \quad (3.10)$$

де Π - пасажиромісткість i -го виду ТЗ;

$K_{впм}$ - коефіцієнт використання пасажиромісткості;

S_g - вартість години часу пасажирів.

Проміжні результати розрахунків наведено у табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 –Параметри розрахунку вартості затримок

Тип учасника дор. руху	пішохід	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт
Частка в потоці, %		73	12	5	10
Пасажиромісткість		4		50	18
Коеф. використ. пас.-місткості		0,4		0,75	0,75
Вартість машино-години, грн		340,00	950,00	1380,00	600,00
Вартість години людини, грн	48				

Таблиця 3.4 –Параметри розрахунку вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	19717,30	1620,6	450,167	1800,67	23588,733
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	1514288,64	0	810300	1166832	3491420,6
Вартість згаяних машино-годин, грн/рік	6703882,00	1539570	621230	1080400	9945082
<i>ЗАГАЛОМ, грн/рік</i>	8218170,64	1539570	1431530	2247232	13436503

$$E_{затр} = 13436503 \cdot 0,2 = 2687301 \text{ грн/рік}$$

3.5 РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ ПРОЄКТУ

Оскільки за результатами запровадження запропонованих у проєкті оперативних заходів організації дорожнього руху ефект спостерігається у зменшенні транспортних затримок, то загальна економія дорівнює величині вартості збереженого учасниками дорожнього руху часу та заощаджених машино-годин:

$$E = E_{затр} \quad (3.14)$$

$$E = 2687301 \text{ грн/рік}$$

У випадку, коли умовна економія від запровадження заходів організації дорожнього руху протягом першого року життя проекту суттєво перевищує витрати на його реалізацію, термін окупності проекту розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E - C} \quad (3.15)$$

З урахуванням попередньої формули, отримаємо:

$$T_{ок} = \frac{815866}{2687301 - 606666} = 0,39 \text{ року}$$

Термін окупності проекту – близько 4,5 місяців. Техніко-економічні показники проекту наведено у таблиці 3,8.

Таблиця 3.8 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	815866
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	606666
Затримки транспорту і пасажирів, год./год.	21,9	14,5
Економія від зменшення затримок, грн/рік	-	2687301
Термін окупності проекту, років	-	0,39

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

При виконанні монтажних робіт по світлофорних установках виникають не лише небезпеки для учасників дорожнього руху які перебувають поряд із зоною виконання дорожніх робіт, а й для електротехнічного та електротехнологічного персоналу будівельно-монтажних підприємств, які безпосередньо виконують будівельні та монтажні роботи на світлофорному об'єкті.

Відповідно до вимог проектної документації, з метою недопущення ураження електричним струмом а також пошкоджень внаслідок падіння з висоти технічних засобів регулювання фрагментів та деталей світлофорних стійок та іншого електричного обладнання, визначаються потенційні небезпеки, які може спровокувати проведення будівельних та монтажних робіт, а також конкретні заходи організаційного та технологічного порядку, спрямовані на недопущення небезпечного прояву цих факторів, який може призвести до затримок у дорожньому русі внаслідок зменшення ефективної залишкової ширини смуг руху, що залишилась при загородженні ділянки проведення будівельних та монтажних робіт. Також наслідком може бути нанесення шкоди здоров'ю учасників дорожнього руху, які можуть помилково потрапити до зони виконання робіт.

З метою недопущення цих проявів виконується обгородження ділянки проведення робіт за допомогою застосування комплексу технічних засобів регулювання дорожнього руху, до яких входять тимчасові дорожні знаки тимчасові проблискові маячки, дорожнє огороження та інші технічні засоби, що можуть бути передбачені індивідуальним проектом при виконанні будівельних чи монтажних робіт. Більш детально вказані заходи розглянуто в додатку А до магістерської роботи.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі проаналізовано вплив введення магістрального координованого регулювання на дорожньо-транспортну ситуацію по міській вулиці загальноміського значення регульованого руху.

Введення магістральної координації дає можливість суттєво скоротити тривалість непродуктивних затримок транспортних засобів різних типів перед стоп-лініями.

Крім того, при введенні координованого регулювання було враховану зміну локальних режимів регулювання на кожному із перехресть, що входять до координаційного маршруту.

Застосування сучасного обладнання дозволило застосувати на ключовому перехресті координованої магістралі режим світлофорної сигналізації із влаштуванням розщепленої фази регулювання для лівоповоротного транспортного потоку високої інтенсивності.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Manual on Uniform Traffic Control Devices. – Режим доступу: <http://mutcd.fhwa.dot.gov/htm/2009/part4/part4c.htm>.
2. Запорізька міська рада. Офіційний сайт. URL: <https://zr.gov.ua/uk/page/shevchenkivskij> (дата звернення: 18.05.2023)
3. Паспорт Шевченківського району міста Запоріжжя. URL: https://zr.gov.ua/upload/editor/pasport_18-01-2023.pdf (дата звернення: 18.05.2023)
4. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. – К.: Знання України, 2012. – 467 с.
5. Правила дорожнього руху України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> (дата звернення: 21.05.2023)
6. Григор'єв В.І. Дослідження обставин, факторів та причин, які впливають на виникнення дорожньо-транспортних пригод / В.І. Григор'єв // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – №1–2. – С. 43–50.
7. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4100_2014.pdf (дата звернення: 23.05.2023)
8. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_2587_2021.pdf (дата звернення: 23.05.2023)
9. Дзюба О.П. Елементи теорії масового обслуговування в організації дорожнього руху / О.П. Дзюба, Н.Т. Кунда. – К.: УТУ, 1996. – 28 с.

Додаток А
РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ
Аналіз потенційних небезпек

До потенційних небезпек належать:

-при появі підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера. Підвищений шум впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху;

-монотонність роботи за ПК приводить до швидшої втоми, це більш ніж 600 однакових дій упродовж 75 % робочого часу за годину. Монотонність роботи, не ергономічність робочого місця призводить до захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну;

-підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити оператора. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше;

-підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції променю ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння.;

-електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що визиває роздратованість, сип, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;

-при виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (бумага, спирт для обтирки та інше) може виникнути пожежа. Якщо своєчасно її не загасити, то виникне пожежа, яка може призвести до опіків людини;

-негативний вплив шкідливих факторів середовища такі як не задовільнена освітленість, не відповідність нормам мікроклімату, підвищений шум та інше в дослідницькій лабораторії облаштованої ПК

Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття (пластмасові коробки). Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно.

Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками, які живляться напругою до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

Тому з метою забезпечення безпеки, як користувачів, так і обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в приміщеннях (лабораторіях) обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки ДСТУ 7237:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

Рівні електромагнітних випромінювань моніторів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR 11 1990:10 Шведського національного комітету по вимірах і випробуванням. Ці

значення рівнів вважаються базовими. Українські нормативні документи повністю збігаються в частині рівнів ЕМІ з вимогами MPR 11.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана монітора для прискорення електронного променя.

Напруженість поля для кольорових дисплеїв може досягати 18 кВ. Тому із зовнішньої сторони до екрана притягаються з повітря негативні частинки, які при нормальній вологості мають певну провідність.

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж на 50%. Для зменшення впливу шуму принтера, треба винести його в інше приміщення.

У виробничих приміщеннях, на робочих місцях з комп'ютерною технікою забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості переміщення повітря, для легкої роботи категорій 1б, згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії де є ПК. які були внесені до таблиці А.1.

Таблиця А.1 – Порівняльні параметри

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час дії год.
1	2	3
Умови праці:		
Мікроклімат за ТНС-індексом, t, ⁰ C	29	9
Освітленість приміщення E, лк	150	9
Розряд і під розряд зорових робіт, Z _{ор}	Б-2	-
Рівень шуму L, дБ А	109	6
Напруженість праці:		
Загальні енергозатрати організму, Вт	340	6
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61000	6
Важкість праці		6
Тривалість зосередженої уваги (в % від часу зміни)	80	6
Тривалість робочого дня, год	9	9

Далі було оброблено отримані данні.

Таблиця А.2 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Вимірні показники, $P_{\text{вим.}}$	Час дії, год.	ГДК, ГДР, показники $P_{\text{доп.}}$	$X_{\text{визн.}}$ бали	Клас умов праці	X_i бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ\text{C}$	29	10	22-25.1	3.2	3.3	3
Освітленість приміщення $E, \text{лк}$	150	9	200	-	3.2	2
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{\text{ор}}$	Б-2	-	-	-	-	-
Рівень шуму $L, \text{дБА}$	109	6	60	-	3.3	2.25
Загальні енергозатрати організму, Vt	340	6	290	0.87	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	61000	6	40000	1.14	3,3	3
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	80	6	75	0.8		
Тривалість робочого дня, год.	9	9	8	0.18		

Розрахунковий коефіцієнт $X_{\text{визн}}$ при оцінка мікроклімату розраховується в балах, за формулою:

$$X_{\text{визн}} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T}, \quad (5.1)$$

де t_1, t_2, t_3, t_4 - час дії фактора на відповідному ступені 3 класу, год.;

T - тривалість робочої зміни, год.;

1, 2, 3, 4 - ступені 3 класу (шкідливі умови праці).

$$X_{\text{визн}} = \frac{3 \cdot 8}{8} = 3$$

Загальні енерговитрати організму:

$$X_{\text{виз}} = \frac{P_{\text{виз}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}}, \quad (5.2)$$

де $P_{\text{виз}}$ – вимірні показники важкості та напруженості праці;

T – час дії показника важкості та напруженості праці;

$K_{\text{знач}}$ – коефіцієнт значимості показника, для основних показників

$K_{\text{знач}} = 1,0$, для допоміжних $K_{\text{знач}} = 0,15$;

8– тривалість робочої зміни, год.;

$P_{дон}$ – допустимі рівні показників важкості та напруженості праці;

$$X_{виз} = \frac{340 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 0.87$$

Стереотипні робочі рухи:

$$X_{виз} = \frac{61000 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 4000} = 1.14$$

Тривалість зосередженої уваги:

$$X_{виз} = \frac{80 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0.8$$

Тривалість робочого часу:

$$X_{виз} = \frac{9 \cdot 9 \cdot 0.15}{8 \cdot 8} = 0.18$$

Сума всіх коефіцієнтів:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.3)$$

$$X_{сум} = 0.87 + 1.14 + 0.8 + 0.18 = 2.99$$

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , по формулі 5.4.

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.4)$$

$$X_{сум} = 3 + 2 + 2.25 + 2 = 9.25$$

Виходячи з отриманих розрахунків за даних умов праці рівень доплати повинен становити 20%.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції:

1 Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 2 ступеню що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2 Відповідно до класифікації умови, важкості та напруженості праці дослідника належать до категорії Іб, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Іб, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 22-25,1°C;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 200$ лк;
- рівень шуму в робочій зоні ЦЗЛ – 60 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 290 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 75%;
- тривалість робочого дня, 8 год.

3 Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;
- збільшити кількість освітлювальних приладів, щоб загальна освітленість приміщення становила 200 лк.

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідників де є ПК необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;
- для зменшення загальних енергозатрати організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 8 год;
- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;
- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

4 Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, у розмірі 20 %.