

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний

(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛ. ШКІЛЬНОЇ ТА ВУЛ. ЗАПОРІЗЬКОЇ
МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент II курсу, групи T-319м

Спеціальності 275 Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

Керівник

Рецензент

В.В. Іващенко

(прізвище та ініціали)

В.Е. Трушевський

(прізвище та ініціали)

О.М. Артюх

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет _____ машинобудівний, транспортний
 Кафедра _____ «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти _____ магістр
 Спеціальність _____ 275 Транспортні технології
 _____ (на автомобільному транспорті)
 _____ (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____ Транспортні технології
 _____ (на автомобільному транспорті)
 _____ (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

проф. Турпак С.М.

« ____ » _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Іващенко Віталія Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті вул. Шкільної та вул. Запорізької міста Запоріжжя
 керівник проєкту (роботи) Трушевський Вячеслав Едуардович,

канд.техн.наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «27» листопада 2020 р. №354

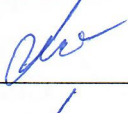
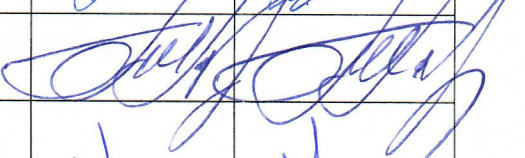
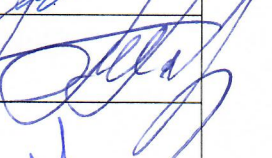
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) схема організації дорожнього руху на перехресті, яка існує в даний час, інтенсивності та склад автомобільного потоку, місця розташування світлофорів та дорожніх знаків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Підвищення безпеки руху при виконанні лівого повороту з вулиці Шкільної на вулицю Запорізьку. 2.2 Застосування багатопрограмного режиму регулювання світлофорами. 2.3 Організація дорожнього руху на перехресті в нових умовах. 2.4 Заходи щодо підвищення безпеки пішохідного руху. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація магістерської роботи.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Трушевський В.Е., доцент		
Основна частина	Трушевський В.Е., доцент		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

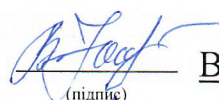
7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

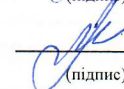
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Захист звітів зі стажування	23.09-04.10	
2	Аналітична частина	07.10-18.10	
3	Основна частина	21.10-04.11	
4	Економічна частина	05.11-15.11	
5	Охорона праці	18.11-22.11	
6	Оформлення МР	25.11-29.11	
7	Перевірка МР на плагіат	01.12-14.12	
8	Отримання зовнішніх рецензій	15.12-18.12	
9	Захист магістерських робіт	22.12-24.12	

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

В.І. Іващенко
(прізвище та ініціали)


(підпис)

В.Е. Трушевський
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 52 с., 25 табл., 19 рис., 12 джерел.

АВТОДОРОГА, БЕЗПЕКА РУХУ, ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНІЙ РУХ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ОСНОВНІ ТАКТИ, ПЕРЕХІДНИЙ ІНТЕРВАЛ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, СВІТЛОФОР, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження: вулично-дорожня мережа Олександрівського району міста Запоріжжя.

Мета роботи: розробити заходи щодо поліпшення організації руху на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької.

Методи дослідження: аналітичний, графо-аналітичний.

В магістерській роботі зібрано матеріал про основні характеристики транспортних та пішохідних потоків на перехресті, досліджені дорожні умови, виконано аналіз статистики ДТП.

Запропоновано використання багатопрограмного світлофорного регулювання із застосуванням особливої схеми пофазових роз'їздів. Запропоновані схеми організації руху в нових умовах, виконані розрахунки нових параметрів світлофорної сигналізації.

Нова схема руху на перехресті обґрунтована економічними розрахунками.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на магістерську роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 Аналітична частина.....	7
1.1 Загальна характеристика об'єкту дослідження.....	7
1.2 Характеристики транспортних і пішохідних потоків.....	8
1.3 Визначення складності перехрестя.....	15
1.4 Загальна характеристика управління дорожнім рухом.....	18
1.5 Визначення пропускних спроможностей перехрестя.....	21
1.6 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод.....	23
1.7 Існуючі недоліки та постановка задач на магістерську роботу.....	24
2 Основна частина.....	26
2.1 Підвищення безпеки руху при виконанні лівого повороту з вулиці Шкільної на вулицю Запорізьку.....	26
2.2 Застосування багатопрограмного режиму регулювання світлофорами.....	31
2.3 Організація дорожнього руху на перехресті в нових умовах.....	33
2.4 Заходи щодо підвищення безпеки пішохідного руху.....	40
3 Економічна частина.....	41
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	49
Висновки.....	50
Перелік джерел посилання.....	51

ВСТУП

Проблема вдосконалення організації руху транспорту в сучасних містах є дуже серйозною. Розвиток міської інфраструктури, постійне збільшення кількості транспортних засобів на дорогах ставить це питання серед найважливіших питань, які впливають на нормальне функціонування міста та його мешканців. Це фактор, який впливає на здоров'я та життя людей.

Збільшення заторів та обсягів руху призводить до того, що у містах з історично сформованою забудовою виникають проблеми з транспортом. Це особливо погано на перехрестях. Тут спостерігається збільшення затримок руху, що призводить до уповільнення, необґрунтованого споживання палива та збільшення зносу деталей автомобілів. Затори, часті зупинки на перехрестях сприяють збільшенню забруднення міських повітряних басейнів через неповне згоряння палива. Одночасно тисячі людей отримують поранення та гинуть, машини та дорожнє обладнання пошкоджуються, а дорожньо-транспортні пригоди зростають. Місто Запоріжжя нічим не відрізняється від інших.

В магістерській роботі розглядається перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької, яке розташоване в Олександрівському районі міста Запоріжжя. Зниження транспортних витрат та підвищення безпеки руху автомобільного транспорту на цьому перехресті є основними питаннями магістерської роботи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика об'єкту дослідження

Перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької, яке розташоване в Олександрівському районі міста Запоріжжя стало об'єктом дослідження у магістерській роботі.

Зазначене перехрестя показане на рисунку 1.1.

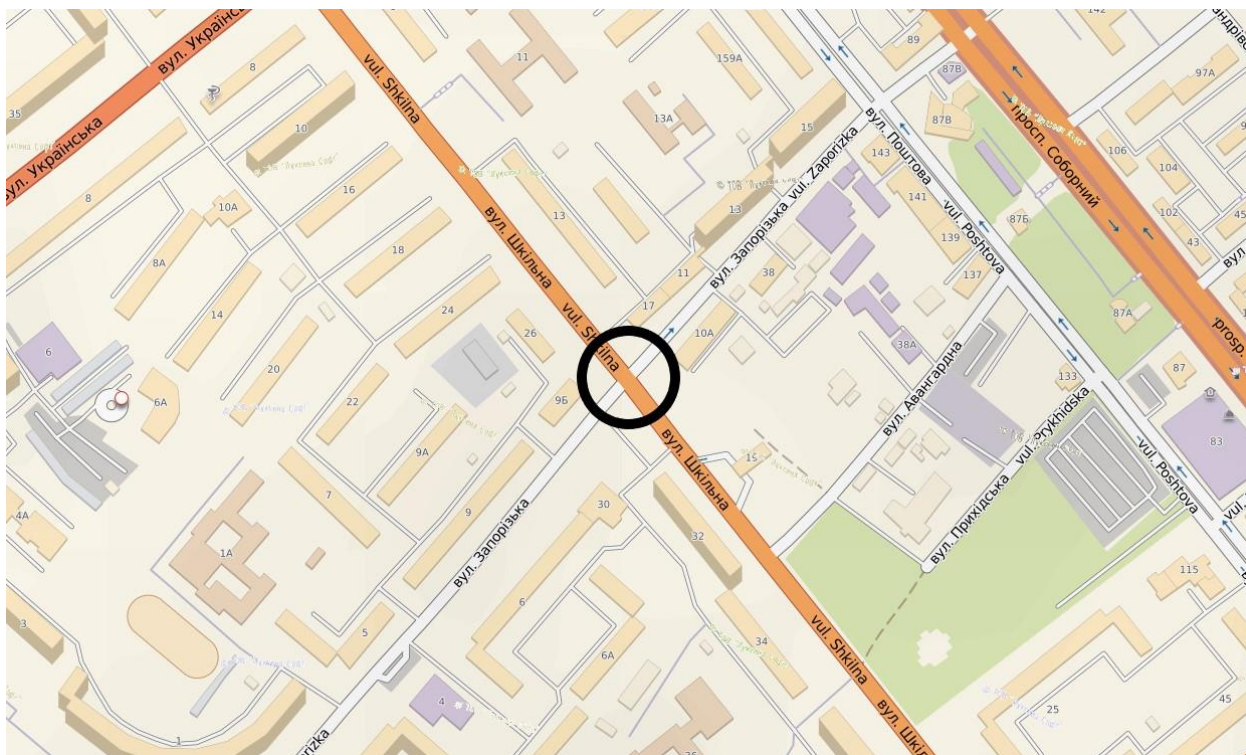


Рисунок 1.1 – Перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької

На перехресті дозволений рух усіх видів автомобільного транспорту та присутній рух трамваїв. Має місце рух як маршрутного пасажирського транспорту, так і вантажного транспорту в загальному транспортному потоці.

Технічний стан проїжджої частини на перехресті та тротуарів поруч з перехрестям є задовільним.

Особливістю ділянки вулично-дорожньої мережі, що розглядається, є те, що вулиця Запорізька має різні режими руху транспортних потоків. Так від Набережної магістралі до вулиці Шкільної рух транспорту дозволений в обидва напрямки. Ширина проїжджої частини цієї ділянки складає 7 м, тобто по одній смузі руху в кожному напрямку.

Від вулиці Шкільної до проспекту Соборного організовано однобічний рух. Ширина проїжджої частини також складає 7 м. Одна смуга руху виділена для стоянки транспортних засобів.

Ще одним важливим аспектом, який впливає на дорожній рух перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької, є наявність великої кількості об'єктів тяжіння пішохідних потоків. Здебільшого це торгівельні заклади різного призначення та величини. Серед цих закладів потрібно окремо відмітити Малий ринок.

1.2 Характеристики транспортних і пішохідних потоків

Під час стажування на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької були проведені необхідні спостереження. Підраховувалася інтенсивність транспортних потоків в пікові (8:00 - 9:00, 17:00 - 18:00) та в межпікові години (12:00 - 13:00). Дослідження було виконано в умовах як робочого, так і вихідного дня. Вихідний день досліджувався для визначення можливих коливань інтенсивності руху транспортних та пішохідних потоків внаслідок наявності великої кількості торгівельних об'єктів в районі перехрестя (див. п. 1.1).

На рисунку 1.2 представлені напрямки руху, за якими виконувалося дослідження інтенсивності транспортних потоків. Крім того, збиралися дані щодо наявного складу транспортних потоків.

Спостережені інтенсивності руху транспортних потоків на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької надані в таблицях 1.1–1.6.

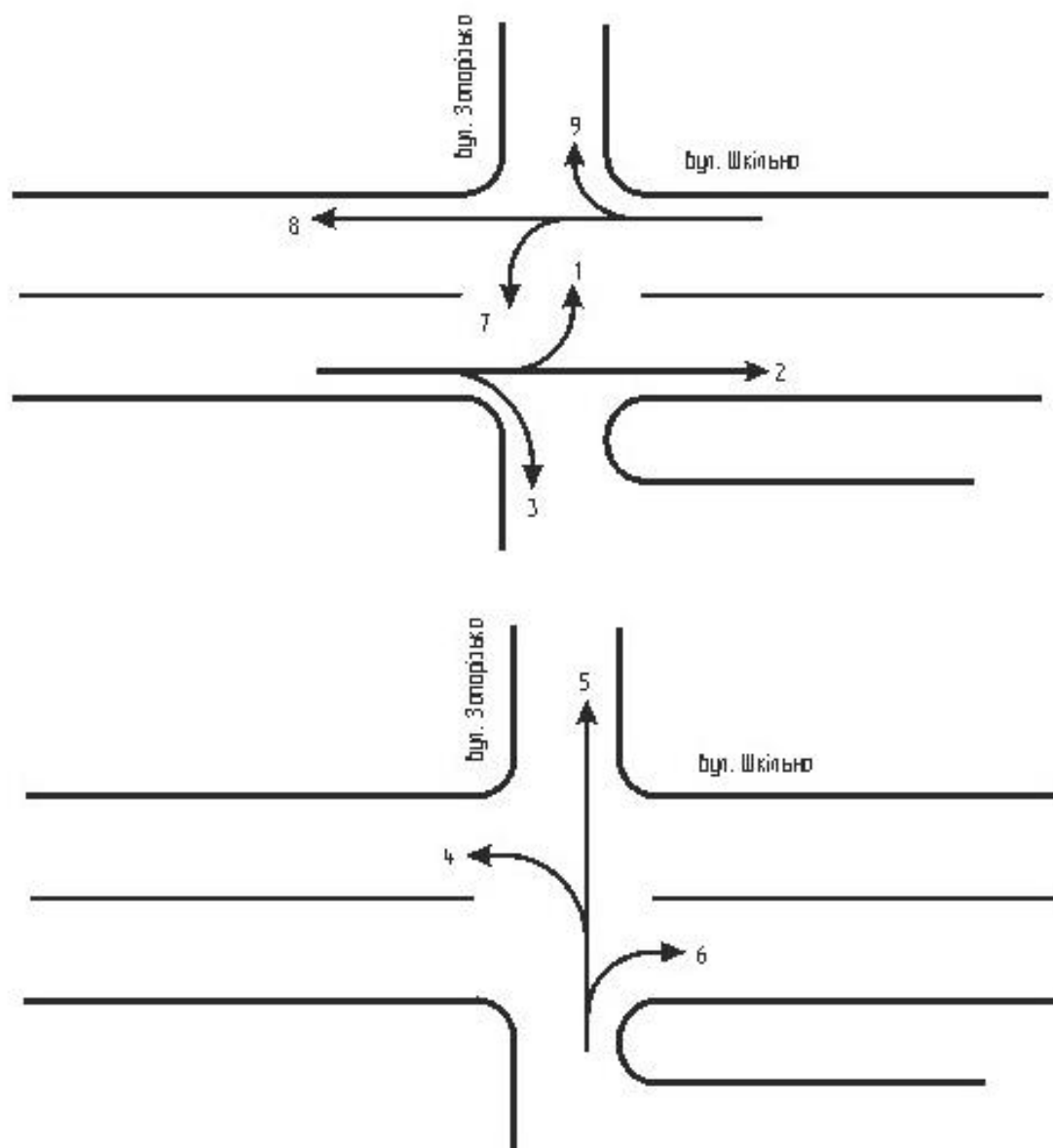


Рисунок 1.2 – Напрямки руху на перехресті при підрахунках інтенсивності

Таблиця 1.1 – Основні характеристики транспортних потоків (8:00 - 9:00 робочий день)

Напрямок	Легкові	Вантажні			Мікро-автобуси	Автобуси	Автопоїзди	Разом
		2-5 т	5-8 т	> 8 т				
1	48	3	2	1				54
2	219	6	4	5	51	6		291
3	45	9	5	4	27			90
4	72	6	3	3	18			102
5	93	6	5	4				108
6	57	3	1	2				63
7	51	6	2	1				60
8	234	9	4	5	36	4		292
9	51	3	2	1				57
Разом	870	51	28	26	132	10	0	1117

Таблиця 1.2 – Основні характеристики транспортних потоків (12:00 - 13:00 робочий день)

Напрямок	Легкові	Вантажні			Мікро-автобуси	Автобуси	Автопоїзди	Разом
		2-5 т	5-8 т	> 8 т				
1	63	3	3	3				72
2	315	21	6	6	48	9		405
3	180	3	2	1	18			204
4	66	6	3	3	24	3		105
5	102	6						108
6	48	15			3			66
7	75	9	2	1	3			90
8	273	21	3	3	48	6		354
9	87	6	1	2				96
Разом	1209	90	20	19	144	18	0	1500

Таблиця 1.3 – Основні характеристики транспортних потоків (16:00 - 17:00 робочий день)

Напря́м	Легкові	Вантажні			Мікро- автобуси	Автобуси	Автопоїзди	Разом
		2-5 т	5-8 т	> 8 т				
1	48	12	3	3				66
2	327	36	4	5	48	6		426
3	129	15	3	3	21			171
4	42	6			27			75
5	90	12	1	2				105
6	60	15						75
7	84	3	2	1	3			93
8	216	21	6	6	45	9		303
9	45	3	2	1				51
Разом	1041	123	21	21	144	15	0	1365

Таблиця 1.4 – Основні характеристики транспортних потоків (8:00 - 9:00 вихідний день)

Напря́м	Легкові	Вантажні			Мікро- автобуси	Автобуси	Автопоїзди	Разом
		2-5 т	5-8 т	> 8 т				
1	40				4			44
2	120	4	2	2	20	4	8	160
3	16	4			8			28
4	16				4			20
5	44		2	2	4			52
6	20							20
7	20							20
8	36	4	2	2	24	4		72
9	32							32
Разом	344	12	6	6	64	8	8	448

Таблиця 1.5 – Основні характеристики транспортних потоків (12:00 - 13:00 вихідний день)

Напрямок	Легкові	Вантажні			Мікро-автобуси	Автобуси	Автопоїзди	Разом
		2-5 т	5-8 т	> 8 т				
1	66		1	1	4			72
2	168	4			50	2		224
3	130	6			18			154
4	72							72
5	78	6			12	2		98
6	46				8			54
7	90	4	1	1	2			98
8	162	10			36	4		212
9	66							66
Разом	878	30	2	2	130	8	0	1050

Таблиця 1.6 – Основні характеристики транспортних потоків (16:00 - 17:00 вихідний день)

Напрямок	Легкові	Вантажні			Мікро-автобуси	Автобуси	Автопоїзди	Разом
		2-5 т	5-8 т	> 8 т				
1	36							36
2	142	18	1	1	36	2		200
3	94	2			12			108
4	44	2			12			58
5	74	2						76
6	28	2			4			34
7	44				2			46
8	118	8	1	1	42			170
9	56	2						58
Разом	636	36	2	2	108	2	0	786

На основі отриманих інтенсивностей розраховуються приведені інтенсивності за формулою [1]:

$$N_{np} = \sum N_i \cdot K_i \quad (1.1)$$

де N_i – інтенсивність автомобілів i -ї групи;

K_i – коефіцієнт приведення автомобілів i -ї групи.

В таблиці 1.7 показані коефіцієнти приведення згідно [1].

Таблиця 1.7 – Коефіцієнти приведення інтенсивності руху [1]

Мотоцикли	Легкові	Вантажні				Автобуси	Тролейбуси	Автопоїзди
		< 2 т і марш. таксі	2-5 т	5-8 т	> 8 т			
0,5	1	1,5	2	2,5	3	3	3,5	4

Склад транспортного потоку за групами автомобілів в будній та вихідний день тижня на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької показаний на рисунку 1.3.

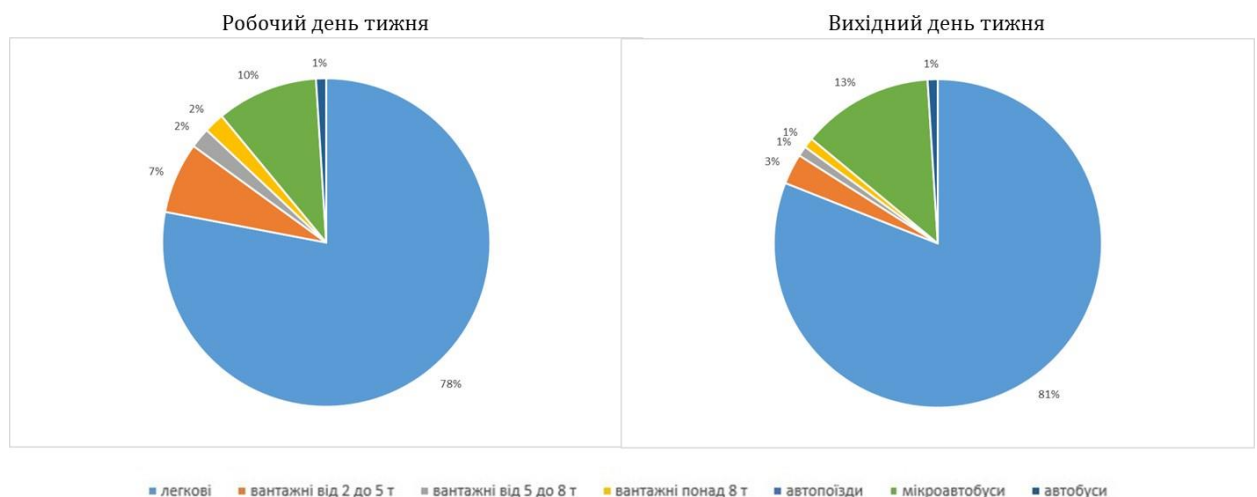


Рисунок 1.3 – Склад транспортного потоку

Приведені інтенсивності транспортних потоків на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької показані в таблицях 1.8, 1.9.

Таблиця 1.8 – Приведені інтенсивності руху в робочий день

Напрям	8:00-9:00	12:00-13:00	16:00-17:00
1	62	86	89
2	351	489	514
3	128	221	207
4	128	140	95
5	130	114	123
6	72	83	90
7	71	106	103
8	343	422	386
9	65	108	59
Всього	1350	1769	1666

Таблиця 1.9 – Приведені інтенсивності руху у вихідний день

Напрям	8:00-9:00	12:00-13:00	16:00-17:00
1	46	78	36
2	213	257	244
3	36	169	116
4	22	72	66
5	61	114	78
6	20	58	38
7	20	107	47
8	103	248	203
9	32	66	60
Всього	553	1169	888

Виконавши попередній аналіз приведених інтенсивностей руху та особливостей їх розподілу, потрібно зазначити, що ці інтенсивності складають незвичайний розподіл за годинами доби тижня. Так у будній день в між пікові години спостерігається певне збільшення інтенсивності руху. Те

ж відбувається й у вихідні дні тижня. Це пов'язано з великою кількістю об'єктів притягнення транспортних потоків торгівельного характеру.

Зазвичай на перехрестях рух пішоходів виконується по пішохідних переходах та тротуарах. Перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької не є виключенням.

Так здебільшого пішоходи рухаються до та від різноманітних торгівельних об'єктів, що розташовані практично по всьому периметру перехрестя. Також, рух пішоходів спрямований до зупинок автобусів на вулиці Шкільна.

Серйозних недоліків в організації пішохідного руху на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької немає. У вихідний день спостерігалось суттєве збільшення інтенсивності руху пішоходів повздовж та поперек вулиці Запорізька. Особливо це стосується пішохідного переходу через вулицю Шкільна, на якому рівень інтенсивності руху пішоходів у вихідний день досягав більше 1200 чоловік за годину.

1.3 Визначення складності перехрестя

Складність перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької пропонується оцінити за п'ятибальною системою. Ця система дає можливість використовувати так звані конфліктні точки.

Конфліктні точки – місця ВДС, де відбувається взаємодія потоків. Деякі подібні маневри можуть виконуватись і на перегонах доріг при зміні смуг руху або ін. [1].

На рисунку 1.4 представлені основні типи конфліктних точок [1].



Рисунок 1.4 – Основні типи конфліктних точок [1]

Щоб визначити кількість наявних конфліктних точок, потрібно відштовхуватися від існуючих або дозволених напрямків руху та від кількості смуг для руху транспортних потоків.

Зазначена п'ятибальна система оцінки має наступний поділ за балами [1]:

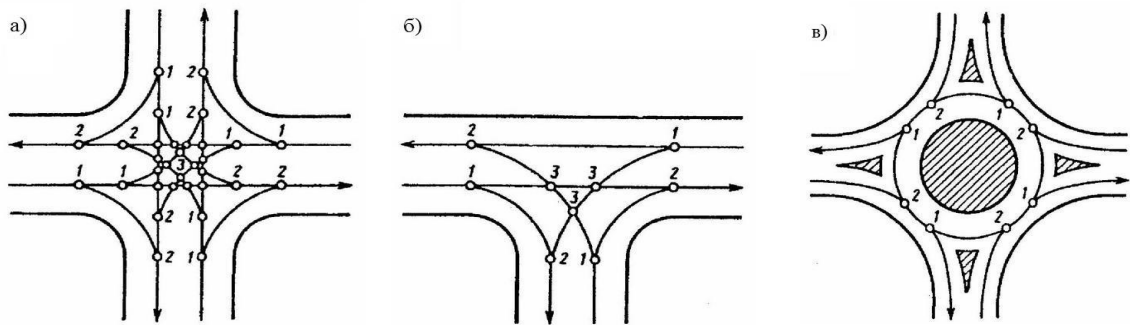
- | | | |
|--------------------|---|----------|
| – точки відхилення | – | 1 бал; |
| – точка злиття | – | 3 бали; |
| – точка перетину | – | 5 балів. |

Знаючи кількість конфліктних точок на перехресті, можливо оцінити його складність за формулою [1]:

$$m = n_{\text{в}} + 3n_{\text{з}} + 5n_{\text{п}}, \quad (1.2)$$

де $n_{\text{в}}$, $n_{\text{з}}$, $n_{\text{п}}$ – відповідно кількість точок відхилення, злиття та перетину.

Приклади визначення конфліктних точок на перехрестях різних конфігурацій наведені на рисунку 1.5. [1].



а) – чотирьохбічне, б – трьохбічне, в – з круговим рухом.

Рисунок 1.5 – Конфліктні точки відхилення (1), злиття (2) та перетин (3) [1]

За цією системою усі перехрестя поділяються за складністю. Так, якщо $m < 40$, перехрестя є простим; якщо $m = 40 \dots 80$, перехрестя середньої складності; якщо $m = 80 \dots 150$, перехрестя складне; якщо $m > 150$, перехрестя дуже складне [1].

Характеристиками кожної точки конфлікту є не тільки потенційний ризик зіткнення транспортних засобів, що рухаються у конфліктних напрямках, але й можливість затримки транспортного засобу.

Отже, зробимо визначення складності перехрестя вул. Запорізької та вул. Шкільної. На рисунку 1.6 показані конфліктні точки на цьому перехресті.

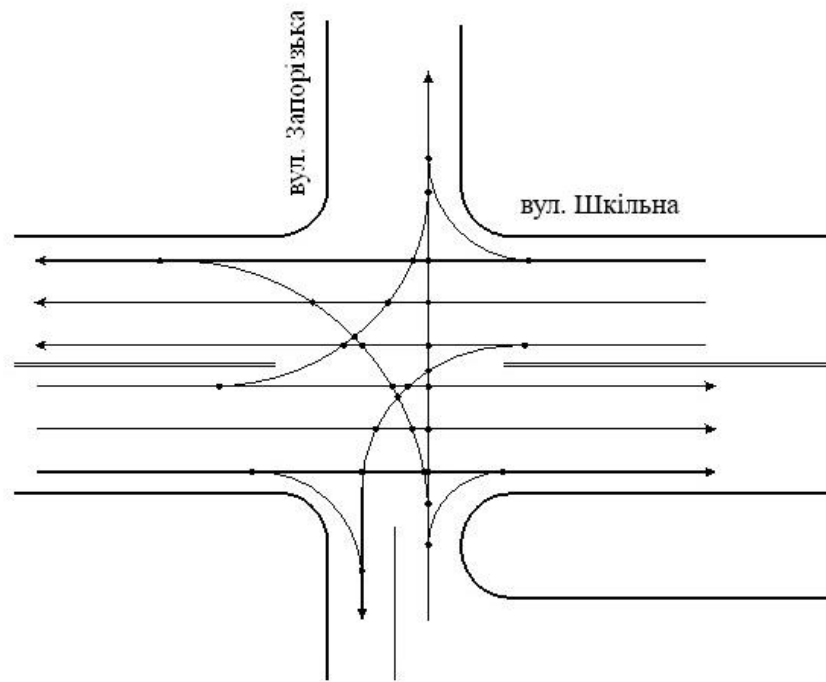


Рисунок 1.6 – Конфліктні точки на перехресті

Відповідно до рисунку 1.6, на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької є 6 точок відхилення, 5 точок злиття та 20 точок перетину.

Виконуємо розрахунок складності перехрестя:

$$m = 6 + 5 \cdot 3 + 20 \cdot 5 = 121.$$

Перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької є складним, що підтверджує потенційну потребу в підвищенні безпеки руху на перехресті.

1.4 Загальна характеристика управління дорожнім рухом

Управління рухом транспортних і пішохідних потоків на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької виконується транспортними та пішохідними світлофорами.

Світлофори є технічними засобами ОДР першої групи, яка включає засоби, що безпосередньо впливають на рух та пішохідний потік для формування необхідних параметрів. Світлофори забезпечують розподіл руху

транспорту та пішохідного потоку в часі, що рухається за напрямками, які є потенційно конфліктними.

Основним міжнародним документом, що регламентую роботу світлофорів, є Конвенція про дорожні знаки та сигнали. Саме вона визначає вид сигналів, їх значення та черговість вмикання.

На перехресті вулиць Шкільної та Запорізької використовуються трьох секційні транспортні світлофори. Усі вони є світлофорами типу I.

Перехрестя вулиць Запорізької та Шкільної регулюється за стандартною двофазною схемою. На рисунку 1.7 показані основні напрямки руху транспортних потоків на перехресті.

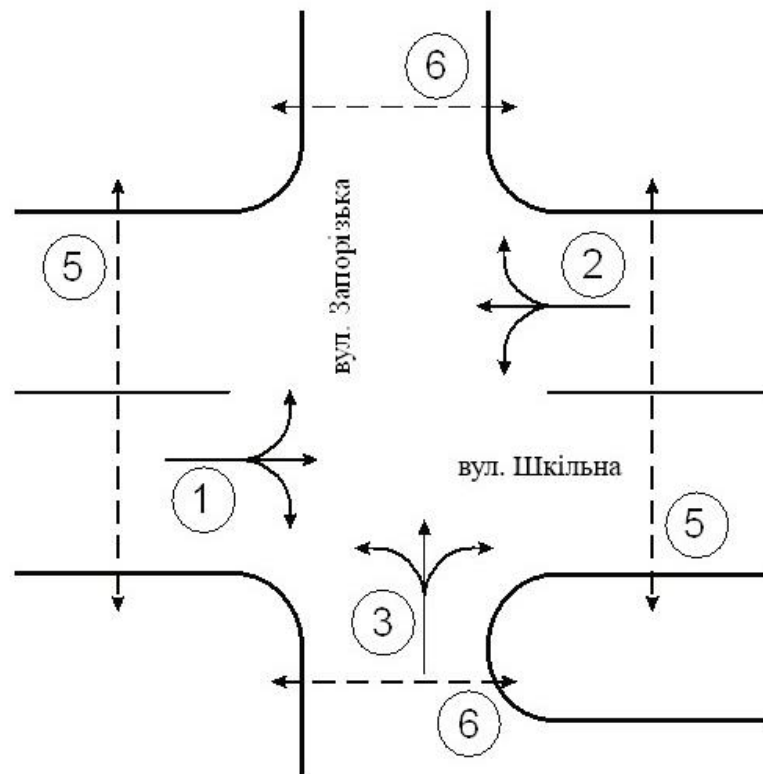


Рисунок 1.7 – Напрямки руху на перехресті вул. Запорізька та вул. Шкільна

Часовий період роботи певної комбінації світлофорних сигналів називається тактом регулювання. Основний такт та проміжний такт складаються у фазу регулювання. У фазу регулювання поєднуються напрями руху, що можливі на перехресті [2].

Фази світлофорного регулювання на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької показані на рисунках 1.8, 1.9.

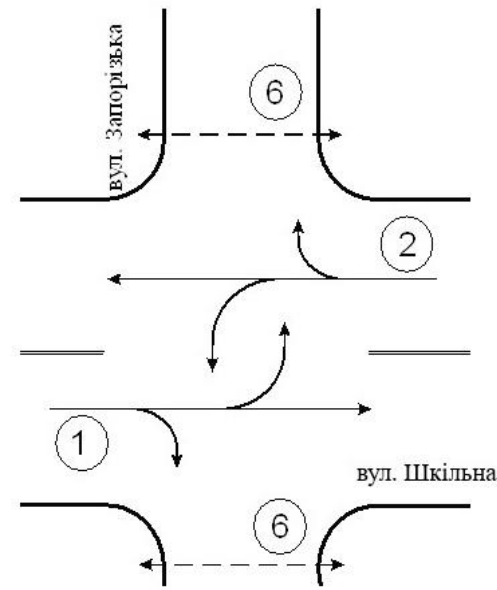


Рисунок 1.8 – Фаза регулювання I

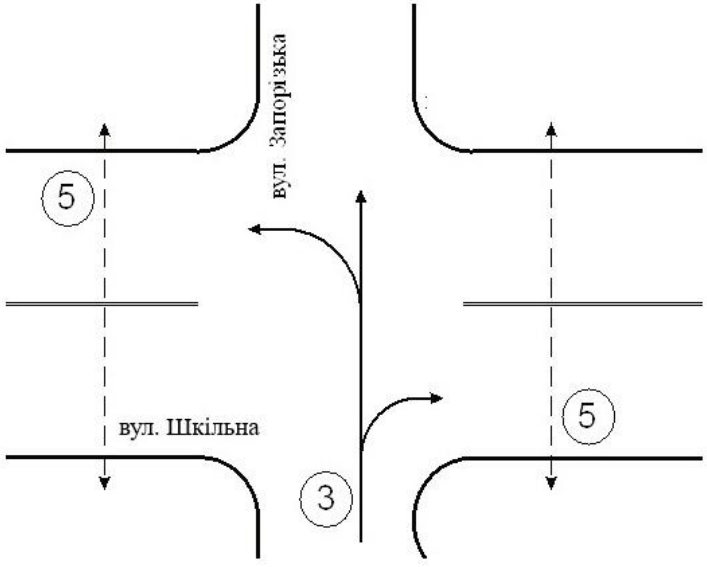


Рисунок 1.9 – Фаза регулювання II

Циклом регулювання називається сукупність фаз, що періодично повторюється[2].

Час циклу регулювання на перехресті складає 63 секунди.

Циклограма роботи світлофорів на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької показана на рисунку 1.10.

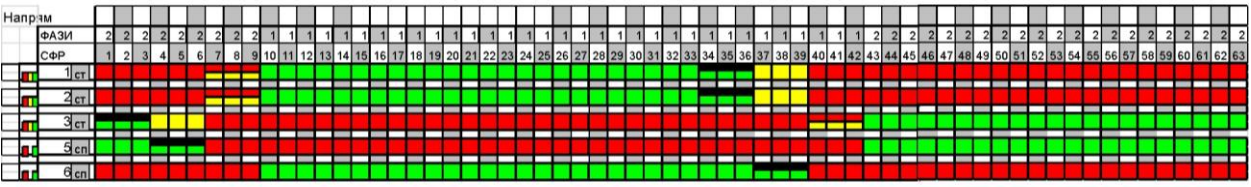


Рисунок 1.10 – Існуюча циклограма роботи світлофорного об'єкту

Для організації руху на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької також розташовані дорожні знаки та мають місце залишки дорожньої розмітки. На

рисунку 1.11 представлена схема перехрестя із засобами організації руху на ньому.

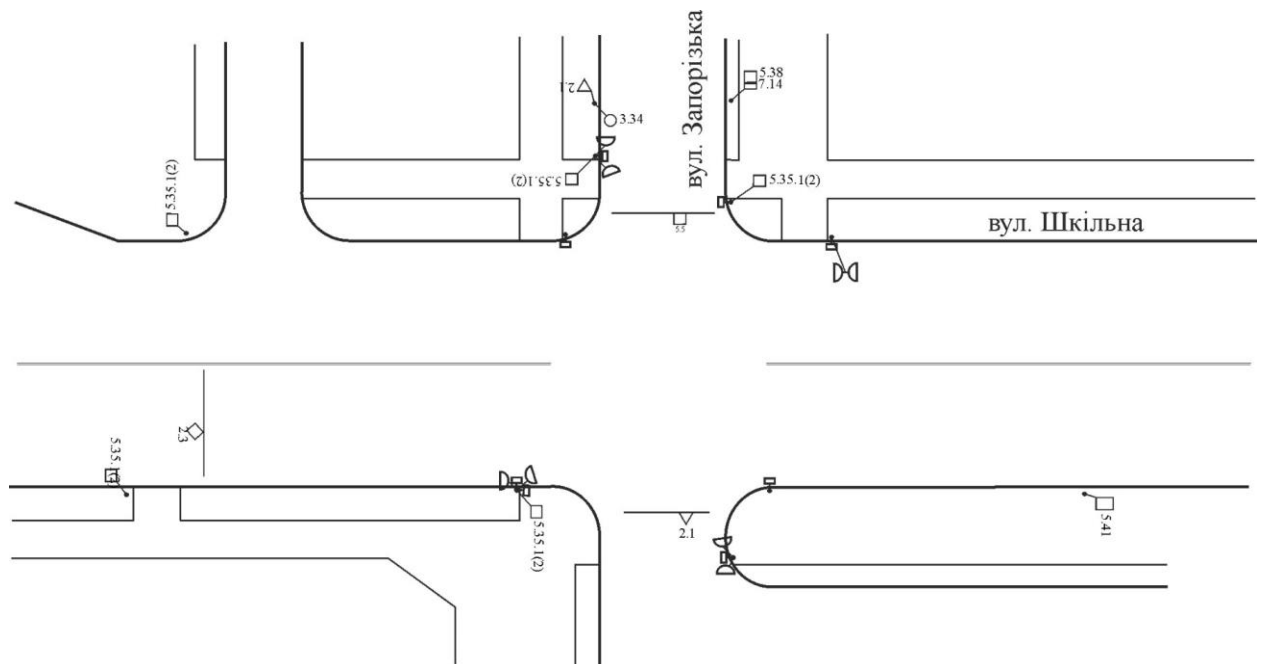


Рисунок 1.11 – Існуюча схема ОДР на перехресті

1.5 Визначення пропускних спроможностей перехрестя

Виконуючи розрахунки пропускної спроможності зазвичай приймають два наступні допущення [3]:

- усі автомобілі, які проходять перехрестя, затримуються перед світлофором;
- усі автомобілі після ввімкнення зеленого сигналу проходять перехрестя з однаковою швидкістю і рівними інтервалами часу.

Перше ствердження справедливо при великих об'ємах руху, тобто коли проїжджа частина фактично вся є зайнятою. Пропускна спроможність при цьому використовується повністю.

При накопичуванні автомобілів на заборонному сигналі світлофору вони роз'їжджаються з перехрестя з приблизно рівними показниками швидкості, а,

значить, і з приблизно рівними інтервалами руху між автомобілями, фактично нівелюючи різницю в динамічних якостях окремих транспортних засобів. Відповідно і друге ствердження можна обґрунтувати.

Пропускна спроможність однієї смуги дороги на регульованому перехресті розраховується за формулою [3]:

$$N_n = \frac{3600(t_3 - t_a)}{t_n T_{\text{ц}}} \quad (1.3)$$

де t_3 – довжина зеленого сигналу, с;

$T_{\text{ц}}$ – довжина циклу регулювання, с;

t_a – відрізок часу між ввімкненням зеленого сигналу початком руху автомобілів, с;

t_n – середній інтервал між автомобілями, с.

Значення t_a приймається в межах 1-3 с і визначається ступенем уважності водія та його досвідом. Середній інтервал між автомобілями становить 2-3 с для легкових автомобілів і 3-5 с для вантажних автомобілів. Найчастіше спостерігається змішаний транспортний потік, для якого інтервал дорівнює $t_n = 3$ с [3].

Виконаємо розрахунок пропускної спроможності перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької згідно напрямків руху на рисунку 1.4.

Напрямы 1 та 2:

$$N_n = \frac{3600(24 - 1)}{3 \cdot 63} = 438 \text{ авт/год.}$$

Напрямы 3:

$$N_n = \frac{3600(21-1)}{3 \cdot 63} = 381 \text{ авт/год.}$$

В таблиці 1.10 наведені дані розрахованих пропускних спроможностей та існуючих інтенсивностей руху транспортних потоків на перехресті.

Таблиця 1.10 – Визначення достатності пропускних спроможностей на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької

Напрямок	Смуга	Пропускна спроможність, авт/год	Приведена інтенсивність руху, од/год	Висновок
1	I	438	271	достатньо
	II	438	389	достатньо
	III	438	136	достатньо
2	I	438	158	достатньо
	II	438	322	достатньо
	III	438	156	достатньо
3	I	381	337	достатньо

Дані таблиці 1.10 стверджують, що існуючої пропускної спроможності достатньо для нормального функціонування перехрестя вулиць Шкільної та Запорізької.

1.6 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод

У таблиці 1.11 наведена статистика ДТП на перехрестях вулиці Запорізька з вулицею Шкільною за 2015-2018 роки.

Таблиця 1.11 – Статистика ДТП на перехресті вул. Запорізька – вул. Шкільна

2015	2016	2017	2018
4-0-0	1-0-0	1-0-0	4-0-2

В таблицях 1.12 та 1.13 наведений аналіз ДТП на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької.

Таблиця 1.12 – Аналіз ДТП за видами

Зіткнення	Наїзд на пішохода	Інші види
6-0-1	2-0-1	2-0-0

Таблиця 1.13 – Аналіз ДТП за причинами виникнення

Порушення правил проїзду перехрестя	Порушення ПДР пішоходами	Маневрування	Інші причини
4-0-1	3-0-1	2-0-0	1-0-0

Зробивши аналіз таблиць 1.12-1.13 можна визначити, що основним видом ДТП на перехресті є зіткнення. Майже всі зіткнення виникли під час виконання лівого повороту з вулиці Шкільної на вулицю Запорізьку. Також, потрібно зазначити, що кількість ДТП поступово зростає.

1.7 Існуючі недоліки та постановка задач на магістерську роботу

Відповідно існуючій схемі організації дорожнього руху на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької та існуючому рівню безпеки руху, можливо зазначити ряд недоліків:

- значна кількість дорожньо-транспортних пригод;

- невідповідність режимів роботи світлофорного об'єкту добовим змінам інтенсивності руху;
- значний хаотичний пішохідний рух через вулицю Запорізька біля перехрестя;
- недоліки в розташуванні та застосуванні деяких технічних засобів організації дорожнього руху.

Для усунення зазначених недоліків пропонується:

- розглянути можливість підвищення безпеки руху при виконанні лівого повороту з вулиці Шкільної на вулицю Запорізьку;
- запропонувати багатопрограмний режим роботи світлофорного об'єкту;
- встановити на підходах до перехрестя по вулиці Запорізькій пішохідну огорожу з обох боків вулиці;
- поновити дорожню розмітку та усунути існуючі недоліки встановлення дорожніх знаків.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Підвищення безпеки руху при виконання лівого повороту з вулиці Шкільної на вулицю Запорізьку

Підвищення безпеки руху при виконанні лівого повороту з вулиці Шкільної на вулицю Запорізьку можливе кількома варіантами. Розглянемо два найпоширеніші з виділенням окремої смуги для виконання цього лівого повороту.

В першому варіанті пропуск лівоповоротного потоку може бути виконаний в окремій фазі регулювання руху на перехресті. Другий варіант передбачає використання фазоподібного перехідного інтервалу в існуючій зараз першій фазі регулювання.

Схеми пофазних роз'їздів необхідно виконувати за певними правилами. Це дозволить уникнути зайвих помилок. За рекомендаціями [2] таких правил декілька.

1. З кожного напрямку руху визначається кількість смуг руху та наявні пішохідні переходи.

2. Зазначаються усі траєкторії руху, які можливо виконати. Далі наносяться конфліктні точки та визначається їх вид.

Принцип 2.1. Траєкторії, що входять на перехрестя через одну стоп-лінію не повинні мати між собою конфліктів 2 та 3 порядків за винятком 2.1.

Виняток 2.1. Якщо з причини звуження проїжджої частини виникає точка другого порядку на виїзді з перехрестя між траєкторіями, що виходять з однієї лінії «Стоп», така точка не є конфліктною.

3. Визначені траєкторії поєднуються у напрями.

Принцип 3.1. Одна і та ж траєкторія може бути тільки в одному напрямі.

Принцип 3.2. Траєкторії, що виходять з однієї смуги руху, мають разом входити до одного напрямку. В разі неможливості виконання цього принципу траєкторії вважаються відсутніми.

Принцип 3.3. Траєкторії, що входять до одного напрямку, не можуть бути конфліктними (окрім винятку 2.1).

Принцип 3.4. До одного напрямку додаються лише такі траєкторії, які входять на перехрестя через одну лінію «Стоп».

4. Визначені напрями поєднуються у фази регулювання.

Принцип 4.1. Напрями однієї фази не можуть мати конфліктів 2 та 3 порядку, окрім винятків 2.1, 4.1, 4.2.

Виняток 4.1. Напрямок повороту праворуч з обсягом руху до 120 од/год не є конфліктним.

Виняток 4.2. Дозволяється вважати неконфліктною лівоповоротну траєкторію з обсягом руху до 120 од/год із пішохідним напрямом, в якому пішоходи переходять проїжджу частину, з обсягом до 900 піш/год.

Перехідний інтервал – це відрізок часу світлофорного циклу, за який хоча б в одній сигнальній групі виконується зміна заборонного сигналу на дозволяючий та навпаки [2].

Перехідний інтервал призначений для проїзду через перехрестя транспортних засобів, які вже перетнули лінію «Стоп» під час активації заборонного сигналу.

Отже, постає питання вибору одного з двох варіантів організації регулювання на перехресті.

Застосування окремої фази регулювання для організації повністю безконфліктного пропуску транспортного потоку з точки зору безпеки руху безумовно є ліпшим варіантом. Однак, це призведе до значного збільшення часу циклу світлофорного регулювання, а значить і до підвищення транспортних затримок.

Фазоподібний перехідний інтервал є більш прийнятним з точки зору гнучкості до зміни інтенсивностей руху, а, значить, дає менші транспортні затримки. Однак, він зберігає наявність конфлікту лівоповоротного потоку з потоком прямого напрямку.

Для вибору варіанту проводилося додаткове спостереження виконання маневру лівого повороту. Треба зазначити, що основна небезпека виникає через ризики повороту в невідповідних для цього інтервалах в русі прямого зустрічного потоку. Такого ризику можливо уникнути подовженням часу на виконання лівого повороту з усуненням транспортних конфліктів. Тому в цьому випадку доцільно використовувати другий варіант, а саме фазоподібний перехідний інтервал.

Сучасні контролери дозволяють управляти групами світлофорних сигналів незалежно одна від одної та реалізовувати принцип дотримання допустимої тривалості сигналу для контролю ступеня навантаження на підході до цього перетину. Ризик певних операцій транспортних засобів на контрольованих перехрестях високий. Це пов'язано з тим, що ці операції пов'язані з небезпечними зіткненнями між пішоходами та транспортними засобами, а також між транспортними засобами. Такі операції включають, зокрема, поворот наліво. Зокрема, рекомендується при наявності інтенсивності лівого повороту понад 120 приведених транспортних одиниць на годину забезпечувати безпечну траєкторію лівого повороту, яка не конфліктує із зустрічним потоком [4].

Задоволення цієї вимоги, в принципі, призводить до введення додаткової фази регулювання в структуру циклу методом поєднання послідовних напрямків регулювання. Якщо інтенсивність потоку руху зліва трохи перевищує значення 120 одиниць на годину, значення фактору фази для додаткової фази управління, спрямованої на пропуск потоку руху зліва, буде невеликим. Це призводить до того, що обчислення тривалості циклу управління трафіком за формулою Вебстера призводить до періоду менше 7 секунд для головного фазового тактового сигналу, включаючи лівий

напрямок. При виконанні модифікації основного такту потрібно пропорційно збільшувати всю тривалість основного такту. Це необґрунтовано подовжує цикл управління світлофором, що призводить до більшої затримки транспортного засобу на перехресті [4].

Щоб уникнути цієї ситуації, було запропоновано використовувати фазоподібний інтервал, наявність якого в структурі світлофорного циклу збільшує тривалість дозволяючого сигналу для транспортного потоку, який повертає ліворуч.

Запропоновано кілька формальних кроків, щоб дозволити застосовувати такий метод у пофазному принципі управління світлофором при розрахунку тривалості елементів циклу управління за формулою Вебстера.

Нехай, транспортний потік, що рухається ліворуч, N_l з об'ємом руху більше 120 од/год рухається з боку першого напрямку.

Під час створення першої фази регулювання об'єм руху повороту ліворуч в першому напрямку регулювання приймається 119 приведених одиниць на годину. Це припущення дозволяє першій фазі регулювання включати як протилежні напрямки 1 і 2, так і пішохідні напрямки. При цьому пішохідні напрямки перетинають дорогу, на яку повертає транспортні засоби напрямків 1 і 2. Частина потоку транспортних засобів, що повертають ліворуч, за годину наблизиться до 119 одиниць, що дозволить повернути ліворуч у першій фазі регулювання [4].

Частина потоку $N_{над}$, яка більше 119 одиниць на годину, залишається перед лінією «Стоп» в напрямку 1 і чекає наступного зеленого сигналу.

Значення цієї інтенсивності можна встановити за формулою, од/год [4]:

$$N_{над} = N_l - 119. \quad (2.1)$$

Щоб пропустити цю інтенсивність, пропонується призначити псевдонапрямок 5. Він може бути частиною структури світлофорного циклу, але це не відповідає зеленому сигналу світлофора. Для забезпечення

максимальної пропускної здатності пропонується ввести цей псевдонапрямок лівого повороту в наступну фазу регулювання безконфліктно [4].

Отже, створюється формальна схема пофазового роз'їзду, друга фаза якого включає неконфліктний псевдонапрямок 5 і повністю неконфліктні напрямки 1 і 12 (без конфліктних точок з напрямком 5) [4].

Третя фаза включає транспорт з іншого вуличного підходу та пішохідного напрямку (див. рис. 2.1). Запропоновано визначити потік насичення в напрямку 1 на першій фазі управління з урахуванням наявності лівого повороту з крайньої лівої смуги. На другій фазі управління ліва смуга присвоюється напрямку 5. Поворот з цієї смуги не є суперечливим і може бути лише в одному напрямку. Отже, потік насичення в цьому напрямку залежить від радіуса повороту [4].

Фактична схема пофазового руху показана на рисунку 2.2, оскільки відповідний зелений сигнал не є сигналом для псевдонаправку 5.

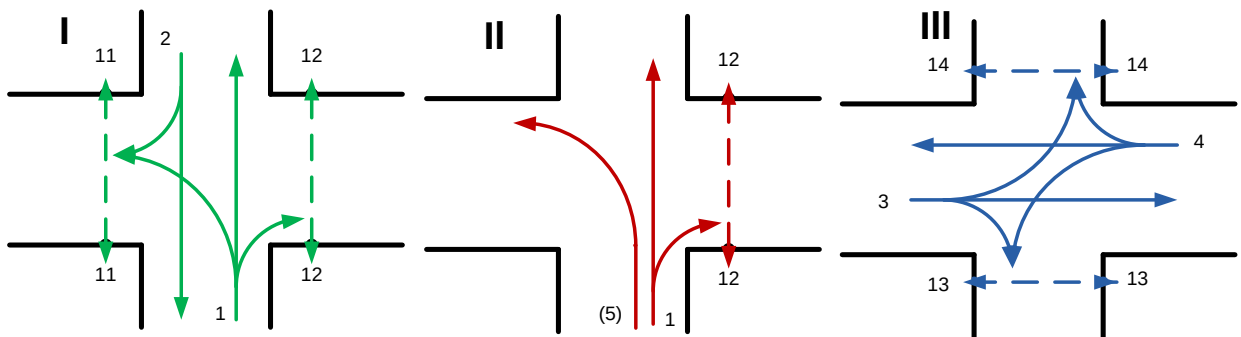


Рисунок 2.1 – Формальна схема пофазового роз'їзду

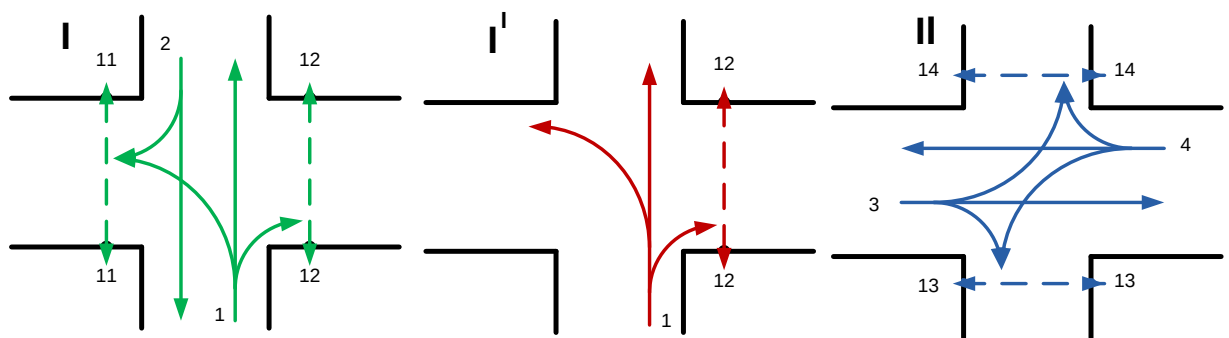


Рисунок 2.2 – Фактична схема пофазового роз'їзду

Враховуючи схему на рисунку 2.2, можна стверджувати, що фаза I¹ не включає напрямки, які включені лише в неї. Отже, її застосування збільшує тривалість зеленого сигналу в напрямку 1 порівняно із зеленим сигналом в протилежному напрямку регулювання 2. Це збільшення – це час, необхідний для виїзду з перехрестя транспортного засобу та проходження першої фази напрямку 2 (напрямки 2 та 5 конфліктують, тому для їх включення необхідна наявність додаткового такту), та надлишок часу, необхідний лівоповоротному потоку надлишкової інтенсивності (в середньому за цикл регулювання), щоб вийти з перетину.

Більше того, не потрібно перевіряти тривалість основного циклу цієї фази до зазначених вище 7 секунд. Здійснюючи таку перевірку напрямку 1, мається на увазі, що тривалість сигналу в цьому напрямку отримується додаванням до основного такту фази II тривалості фази I [4].

Застосування означених формальних кроків дозволить замінити введення додаткової фази до структури світлофорного циклу з метою пропуску лівого повороту фазоподібним інтервалом.

2.2 Застосування багатопрограмного режиму регулювання світлофорами

Досягнення моторизації сприяють збільшенню інтенсивності дорожнього руху, що призводить до непродуктивних затримок транспорту, утворення заторів, забруднення навколишнього середовища та збільшення зносу автомобільних агрегатів особливо у населених пунктах. Ці явища найбільш помітні на перехрестях дорожніх мереж, що призводить до збільшення інтенсивності зіткнень між транспортними засобами та пішоходами, що, як правило, негативно впливає на безпеку дорожнього руху.

Одним з основних способів організації руху на перехрестях є встановлення світлофорного об'єкту, застосування якого регулюється чинними нормами. У найбільшому місті світу на тисячу мешканців припадає

1,5 - 2 світлофорних об'єктів. Однак технологія регулювання світлофорами на перехрестях не досконала, що знижує ефективність регулювання та безпеку доріг.

Сьогодні рух транспорту та пішохідний рух на перехрестях передусім виконується за жорсткими (програмними) правилами. Параметри регулювання не можуть бути змінені оперативним чином. Такі технології поширені в сталих системах і приймаються лише тоді, коли характеристики об'єкту управління незмінні або змінні в дуже вузьких межах. Проте відомо, що рух транспорту та пішохідний потік характеризуються нестаціонарними характеристиками. Наприклад, інтенсивність потоку транспорту змінюється сезонно, щодня та щогодини. Ці процеси мають імовірнісний характер.

Крім того, режим жорсткого програмного управління світлофором розраховується виходячи з умов максимального (пікового) навантаження на перетині, а параметри управління є постійними. Не дивно, що в цьому випадку жорстка технологія управління світлофорами в основному не може враховувати зміни в часі характеристик руху, тому якість управління не є задовільною протягом усього діапазону часу. Все це говорить про те, що встановлення впливу нестаціонарних параметрів руху на доцільність та якість технології управління світлофорами є актуальним завданням.

Наразі можливим є впровадження більш досконалого багатопрограмного управління на перехрестях, використовуючи сучасні контролери для регулювання руху. Отже, коли вже визначена статистична залежність інтенсивності руху від часу підходу до перехрестя, підбирається відповідний режим, який автоматично вибирається для певного інтервалу часу. Можна попередньо розрахувати програму управління. Багатопрограмне керування рухом слід розглядати як один з обов'язкових кроків для вдосконалення загальних режимів управління рухом.

В магістерській роботі на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької пропонується використання кількох програм регулювання на заміну

однопрограмному режиму, який використовується зараз. Це дозволить значно скоротити транспортні затримки на перехресті.

2.3 Організація дорожнього руху на перехресті в нових умовах

Для підвищення безпеки виконання повороту ліворуч з вул. Шкільної на вул. Запорізьку пропонується реорганізувати пофазовий роз'їзд на перехресті шляхом встановлення фазоподібного перехідного інтервалу в першій фазі.

Нижче наведені відповідні розрахунки параметрів світлофорного циклу.

Спочатку складаємо матрицю конфліктних напрямків. Це матриця відстаней від лінії «Стоп» до дальньої конфліктної точки для окремого напрямку. Відстані отримуються на основі схеми конфліктних точок перехрестя, яка наведена на рисунку 1.3 аналітичної частини пояснювальної записки.

Окремі значення конфліктної матриці розраховуються за формулою [2]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}}, \quad (2.2)$$

де $B_{\text{стоп-світ}}$ – відстань від лінії «Стоп» до світлофора, $B_{\text{стоп-світ}} = 3$ м;

$B_{\text{світ-пч}}$ – відстань від світлофора до боку проїжджої частини, $B_{\text{світ-пч}} = 1$ м;

$B_{\text{траєктор}}$ - довжина траєкторії руху на перехресті, м.

Матрицю конфліктних напрямків наведено в таблиці 2.1.

Схеми пофазового роз'їзду, що пропонуються для перехрестя вул. Запорізької з вул. Шкільною, наведено на рисунках 2.3-2.5.

Таблиця 2.1 – Матриця конфліктів, м

Напрямки	1	2	3
1	X	0	-23,9
2	0	X	20,5
3	27,5	27,5	X

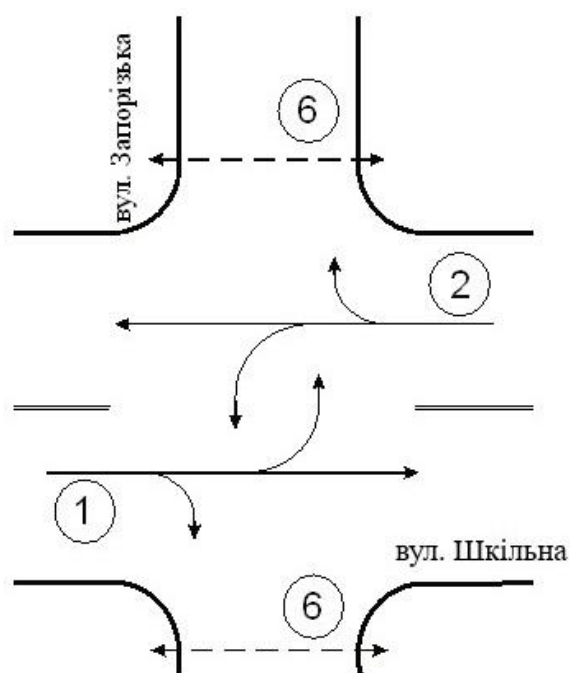


Рисунок 2.3 – Фаза регулювання I

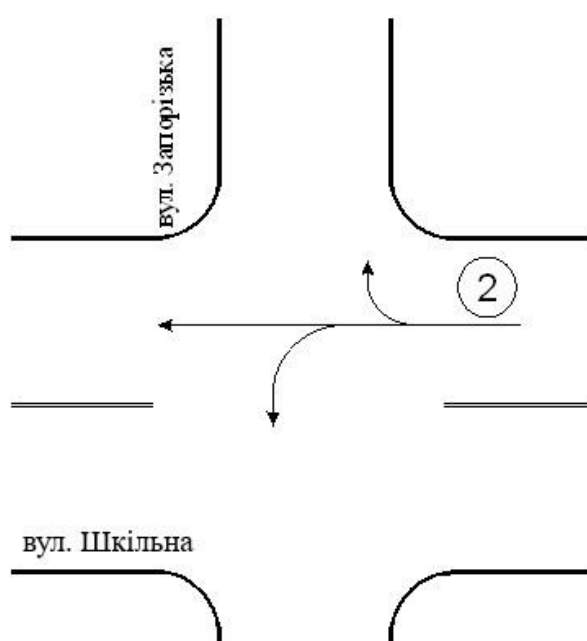


Рисунок 2.4 – Фазоподібний перехідний інтервал фази I

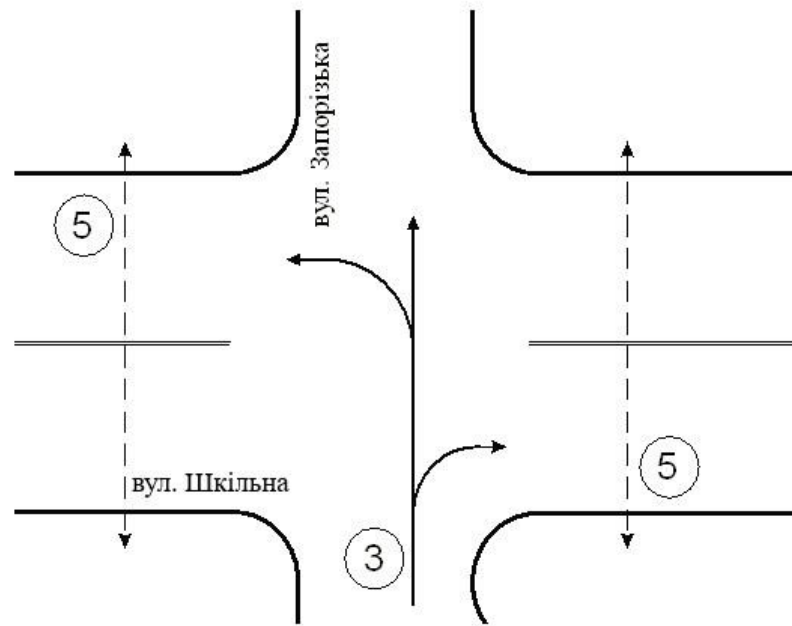


Рисунок 2.5 – Фаза регулювання II

Перехідний інтервал призначений для пішоходів, які переходять проїжджу частину і повертаються на тротуар (острівця безпеки) після активації сигналу заборони руху, а також для транспортних засобів, які проїхали лінію «Стоп», з метою безпечного завершення проїзду перехрестя [2].

Значення перехідних інтервалів розраховуються за формулою [2]:

$$t_{oi} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k}, \quad (2.3)$$

де t_p – час реакції водія, $t_p = 1$ с;

V_k – швидкість координації водія, $V_k = 16,67$ м/с;

a^k – прискорення (уповільнення), $a^k = 3,0$ м/с²;

B_i – ширина перехрестя між лініями «Стоп», м;

l_a – середня довжина автомобіля, $l_a = 5$ м.

Такт – це період часу світлофорного циклу, в якому сигнал не змінюється для жодного світлофору. Такт класифікується як основний та додатковий. Основний такт є складовою світлофорного, а поєднання додаткових сусідніх тактів дає інтервал переходу [2].

Значення фазових коефіцієнтів розраховуються за формулою [2]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j}, \quad (2.4)$$

де N_j^i – інтенсивність руху j -го напрямку, од/год;
 M_j – потік насичення j -го напрямку, од/год.

Значення суми фазових коефіцієнтів розраховується за формулою [2]:

$$Y = \sum y_{\max}^i. \quad (2.5)$$

Значення циклу регулювання розраховується за формулою [2]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.6)$$

де L_k – час, який втрачається за цикл.

Час, який втрачається за цикл, розраховується за формулою [2]:

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{\partial j} - 1), \quad (2.7)$$

Значення тривалості основних тактів розраховується за формулою [10]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.8)$$

де $\bar{y}^m$ – фазовий коефіцієнт для фази, в якій виконується рух повздовж дороги.

Значення коефіцієнтів корекції визначаються за формулами [2]:

$$k_1 = \frac{\frac{B}{V_n} + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.9)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.10)$$

де B – ширина проїжджої частини, яку переходять пішоходи, м;
 V_{niu} – швидкість руху пішоходів, м/с (5 км/год).

Наведені розрахунки для збільшення точності та зменшення витрат часу виконуються на комп'ютері, а саме в програмному продукті «СФР» що розроблений на кафедрі «Транспортні технології» національного університету «Запорізька політехніка».

Для розрахунків потрібно ввести в програму ряд даних: матриця відстаней (див. табл. 2.1), довжина автомобіля, швидкість руху автомобілів, тощо. Так для розрахунків були введені наступні показники:

- середня довжина автомобіля – 5 м;
- швидкість руху – 50 км/год;
- інтенсивності руху за напрямками (див. табл. 2.2);

- напрямки руху по фазах.

Отримані результати приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Об'єм руху по смугах на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької

Напрямок	Смуга	Приведена інтенсивність руху, од/год		
		праворуч	прямо	ліворуч
1	I	86	50	
	II		389	
	III		50	106
2	I	108	50	
	II		322	
	III		50	221
3	I	83	76	
	II		76	140

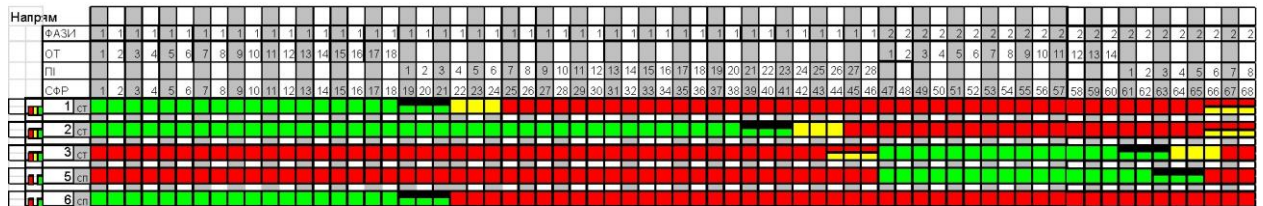
Таблиця 2.3 – Основні параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької

Час тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал	1 - 2	28
	2 - 1	8
Загальний час циклу регулювання – 68 с		
основний такт	1	18
	2	14

На основі схем пофазового роз'їзду вище наведених розрахунків виконується побудова циклограми роботи світлофорного об'єкту. Циклограми виконуються для пікових та міжпікових періодів доби.

На рисунку 2.6 наведені нові циклограми роботи світлофорного об'єкту на перехресті вулиць Запорізької та Шкільної.

Циклограма роботи світлофорного об'єкту в пікові години з 7:00 до 9:00 та з 16:00 до 18:00



Циклограма роботи світлофорного об'єкту в непікові години

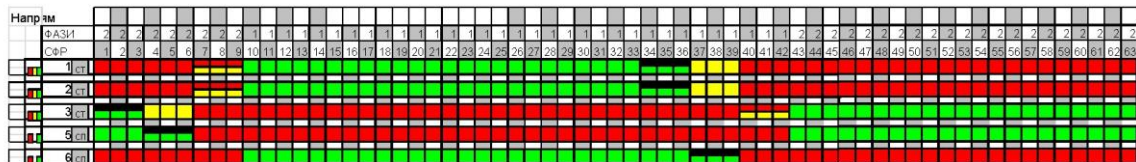


Рисунок 2.6 – Нові циклограми роботи світлофорного об'єкту

На рисунку 2.7 наведена нова схеми організації дорожнього руху на перехресті вулиць шкільної та Запорізької.

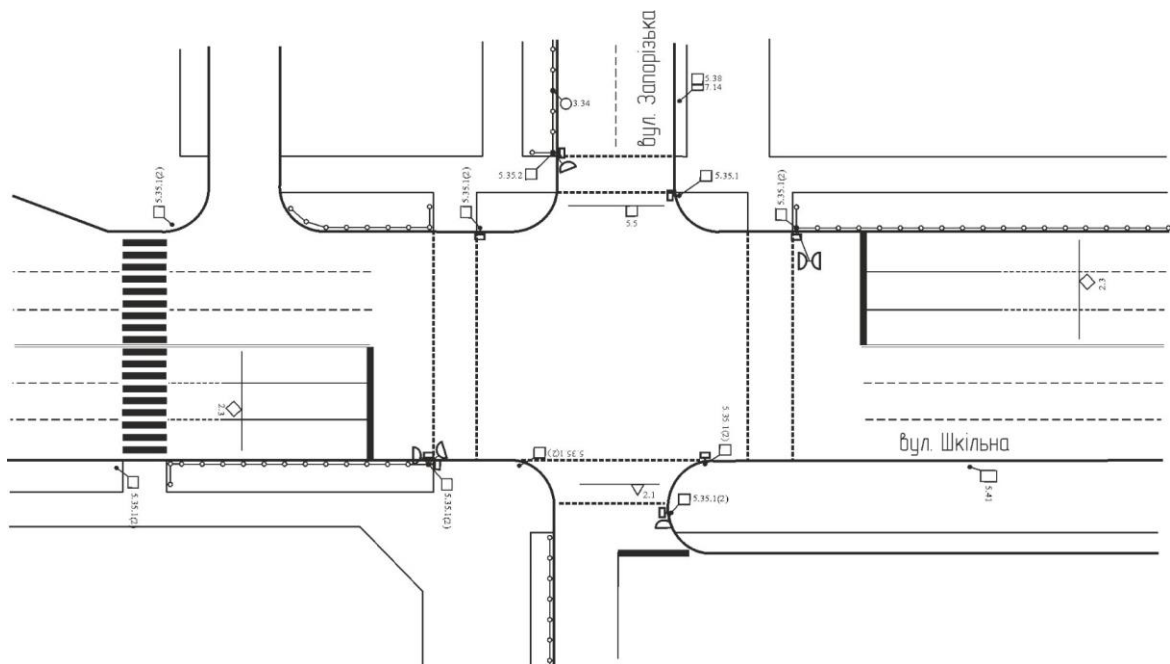


Рисунок 2.7 – Нова схема ОДР на перехресті

2.4 Заходи щодо підвищення безпеки пішохідного руху

Кількісний та якісний аналіз ДТП на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької показав наявність низького рівня безпеки пішохідного руху.

На цій ділянці розташовано багато об'єктів тяжіння пішохідних потоків торгівельного характеру. Спостереження за пішохідним рухом показали наявність хаотичного руху пішоходів через вулицю Запорізьку в безпосередній близькості до перехрестя.

Тому, для підвищення рівня безпеки руху пішоходів на ділянці вулиці Запорізька, яка розташована поруч з перехрестям, пропонується встановлення пішохідної огорожі повздовж проїжджої частини. Слід зазначити, що зараз така огорожа там встановлена тільки з одного боку вулиці, що наявно не вирішує проблеми порушення правил дорожнього руху пішоходами.

Направляючі пішохідні огорожі призначені для запобігання неконтрольованого виходу пішоходів на проїжджу частину в найбільш небезпечних місцях.

Пропонується використання пішохідної огорожі перильного типу. Встановлення такої огорожі виконується відповідно [5].

Загальний вигляд огорожі, що пропонується, представлений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Пішохідна огорожа

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької розглядається можливість підвищити безпеку руху за допомогою реорганізації системи регулювання із використанням багатопрограмного режиму. Економічна ефективність буде отримана за рахунок збільшення безпеки руху автомобільного транспорту та зменшення його затримок.

Капіталовкладення на реалізацію нової схеми ОДР має наступну структуру:

$$K = K_{зн} + K_o , \quad (3.1)$$

де $K_{зн}$ – капітальні вкладення на дорожні знаки, грн.;

K_o – капітальні вкладення на облаштування пішохідного огороження, грн.

Капітальні витрати на дорожні знаки будуть складатися з витрат на їх придбання $C_{зн}$ та витрат на їх монтаж $C_{вст.зн}$, грн., тобто:

$$K_{зн} = C_{зн} + C_{вст.зн} . \quad (3.2)$$

У таблиці 3.1 зазначено дорожні знаки, які необхідно придбати та встановити.

Таблиця 3.1 – Кількість та вартість дорожніх знаків

№ знаку	Дорожні знаки		
	кількість	ціна за одиницю	вартість
2.3	1	622	622
5.35	10	622	6220
Всього			6842

Витрати на встановлення дорожніх знаків розраховуються за формулою, грн:

$$C_{вст.зн} = C_{I\text{ зн}} \cdot K_{зн} , \quad (3.3)$$

де $C_{I\text{ зн}}$ – витрати на встановлення одного дорожнього знаку (712 грн. з урахуванням матеріалів);

$K_{зн}$ – кількість передбачених до встановлення знаків у новій схемі ОДР.

$$C_{вст.зн} = 712 \cdot 11 = 7832 \text{ грн.}$$

$$K_{зн} = 6842 + 7832 = 14647 \text{ грн.}$$

За даними «Символ» вартість спорудження 1 м пішохідної огорожі складає 872 грн з урахуванням встановлення.

Загальна довжина пішохідної огорожі, яка буде встановлюватись згідно новим схемам ОДР, складає 100 м.

$$K_o = 872 \cdot 100 = 87200 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні вкладення в роботі:

$$K = 14647 + 87200 = 101874 \text{ грн.}$$

Далі необхідно розрахувати витрати на експлуатацію зазначених вище технічних засобів.

Витрати на експлуатацію технічних засобів розраховуються за формулою [6]:

$$C_{експл} = C_p + C_a , \quad (3.4)$$

де C_p – витрати на ремонт та обслуговування системи, грн.;
 C_a – витрати на амортизаційні відрахування, грн.

Витрати на ремонт та обслуговування системи розраховуються за формулою [6]:

$$C_p = K_b \cdot n_p / 100 \quad , \quad (3.5)$$

де K_b – балансова вартість дорожніх знаків та пішохідної огорожі, грн.;
 n_p – норма відрахувань на ремонт та утримання, % ($n_p = 5\%$).

$$C_p = 101874 \cdot 5 / 100 = 5094 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію визначаються за формулою [6]:

$$C_a = K_b \cdot n_a / 100 \quad , \quad (3.6)$$

де n_a – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення, %
($n_a = 24\%$).

$$C_a = 101874 \cdot 24 / 100 = 24450 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати на експлуатацію і обслуговування перехрестя:

$$C_{\text{експл}} = 5094 + 24450 = 29544 \text{ грн.}$$

Також необхідно врахувати поновлення дорожньої розмітки кожного року.

Вартість нанесення розмітки показана у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати на розмітку

Тип розмітки	Одиниці виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
1.1	м ²	1,5	94	141
1.3	м ²	8		752
1.5	м ²	8		752
1.6	м ²	1		94
1.8	м ²	0,5		47
1.12	м ²	18		1692
1.14.1	м ²	24		2256
1.14.2	м ²	36		3384
Всього				9118

Отже, поточні витрати ОДР на перехресті становлять:

$$C_{поточ} = 29544 + 9118 = 38662 \text{ грн.}$$

Умовна річна економія E досягається за рахунок зменшення витрат від ДТП та зниження транспортних затримок на перехресті[6]:

$$E = 0,2(C_{тр}^{\bar{}} - C_{тр}^H) + \Delta C_{ДТП} - C_{пот} \quad (3.7)$$

де $C_{тр}^{\bar{}}, C_{тр}^H$ – вартість затримки транспортних засобів на напрямках в базовому та новому варіантах відповідно, грн.;

$\Delta C_{ДТП}$ – зменшення витрат від ДТП, грн.

Розрахунок річних витрат, що пов'язані з затримкою транспортних засобів на перехрестях виконується за формулою[6]:

$$C_{mp} = S \cdot Z, \quad (3.8)$$

де S – середня вартість однієї машино-години, грн;

Z – затримка автомобілів за рік, год.

Середні вартості 1 години затримки автомобілів за видами складають 750 гривень для автобуса, 400 гривень для мікроавтобуса, 600 гривень для вантажного автомобіля і 300 гривень для легкового автомобіля.

Кількісні значення затримок транспорту, отримані за допомогою програмного продукту, наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Затримки транспортних потоків

№	Напрямок руху	Затримки, год		Вартість затримок, грн	
		існує	стане	існує	стане
1	1	15311	7619	1436165	783106
2	2	10325	11835	968480	1216441
3	3	6408	4863	601068	499835
4	Всього	32044	24317	3005713	2499382

Вартість втрат від ДТП в існуючому становищі розраховується за формулою [6]:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = K_{\text{п}} \cdot C_{\text{п}} + K_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}, \quad (3.9)$$

де $C_{\text{п}}$, $C_{\text{м}}$ – збитки від ДТП відповідно з пораненням людей та матеріальними збитками, грн;

$K_{\text{п}}$, $K_{\text{м}}$ – кількість ДТП відповідно з пораненням людей та матеріальними збитками, грн.

Приймаємо $C_{\Pi} = 150000$ грн; $C_{\text{м}} = 100000$ грн.

Кількість ДТП: $K_3 = 0$, $K_{\Pi} = 2$, $K_{\text{м}} = 4$.

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 2 \cdot 150000 + 4 \cdot 100000 = 700000 \text{ грн.}$$

При застосуванні нової схеми організації руху автомобільного транспорту очікується зменшення кількості ДТП. Щоб порахувати це зменшення, використовують коефіцієнти зниження витрат, які наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнти зниження витрат від ДТП [6]

Заходи	Значення
Реорганізація режимів роботи світлофорного об'єкту	0,33
Встановлення дорожніх знаків	0,15
Нанесення горизонтальної розмітки	0,23

Сумарний коефіцієнт зниження витрат від ДТП розраховується за формулою [6]:

$$\Delta k = 1 - (1 - k_1)(1 - k_2)(1 - k_3) \dots (1 - k_n) \quad (3.10)$$

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,33)(1 - 0,15)(1 - 0,23) = 0,561$$

Зменшення витрат від ДТП розраховуємо за формулою [6]:

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = \Delta k \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{і}} \quad (3.11)$$

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = 0,561 \cdot 700000 = 392700 \text{ грн.}$$

Отже, річна економія:

$$E = 0,2(3005713 - 2499382) + 392700 - 38662 = 455304 \text{ грн.}$$

Чистий дисконтований прибуток розраховується за формулою [6]:

$$NPV = \sum_{i=1}^t \frac{E_t - K_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.12)$$

де E_t – економія від впровадження нової схеми ОДР, грн.;

K_t – капіталовкладення, грн.;

C_t – витрати за рік, грн.;

i – ставка дисконту, % ($i = 24\%$);

t – тривалість реалізації нової схеми ОДР, ($t = 3$ роки).

Розрахунки чистого дисконтованого прибутку зведено в таблиці 3.5. Потрібно зазначити, що річна економія знижується щорічно на 5 відсотків через збільшення інтенсивності руху.

Таблиця 3.5 – Чистий дисконтований прибуток

Рік	Економія від впровадження	Капітало-вкладення	Коефіцієнт дисконтування	Чистий дисконтований прибуток
0	455304	101874	1	353430
1	432539	-	0,8065	348842,7
2	410912	-	0,6504	267257,2
3	390366	-	0,5245	204747
				1174277

Показники економічної ефективності роботи наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні показники

Показники	Величина	
	існуюча схема ОДР	нова схема ОДР
1. Капітальні вкладення, грн.	-	101874
2. Витрати від затримок руху, грн.	3005713	2499382
3. Поточні експлуатаційні витрати, грн.	-	38662
4. Економія від зменшення ДТП, грн.	-	392700
5. Річна економія, грн.	-	455304
6. Чистий дисконтований прибуток, грн.	-	1174227
7. Строк окупності капіталовкладень, рік	-	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи «Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті вул. Шкільної та вул. Запорізької міста Запоріжжя» наведено потенційні небезпеки для дослідника, виконаний їх загальний аналіз та розглянуті можливі шляхи щодо усунення впливу цих небезпек.

Більшу частину робочого часу дослідник працює з комп'ютером. Тому пропонується саме цьому аспекту приділити найбільшу увагу. При використанні комп'ютера існує ряд потенційних небезпек:

- підвищений шум через несправності вентиляторів, принтеру і т.п., що може мати негативний вплив на дослідника;
- значний час роботи та її монотонність призводить до перевтомлювання дослідника, появи головного болю, погіршення сну;
- погана ергономіка робочого місця може викликати болісні відчуття в спині та приводити до погіршення осанки дослідника;
- можливе ураження електричним струмом через недбале підключення комп'ютеру до електромережі, велике скупчення електродротів під столом дослідника чи за ним;
- погане освітлення під час роботи може призводити до погіршення самопочуття дослідника, різей в очах, тощо;
- недотримання вимог щодо температурного режиму в приміщенні може призводити до втомлювання дослідника та викликати дискомфорт.

Заходи щодо усунення зазначених потенційних небезпек наведені в презентації магістерської роботи.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі розглянуті питання поліпшення організації руху автомобільного транспорту та підвищення його безпеки на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької. Для вирішення цих питань було виконано наступне:

- запропоновано використання багатопрограмного режиму регулювання рухом на перехресті для можливості врахування добових змін обсягів руху;
- запропоновано використання в світлофорному регулюванні нестандартної схеми пофазового роз'їзду з фазоподібним перехідним інтервалом;
- виконані розрахунки режимів роботи світлофорів в нових умовах;
- розроблена схема організації руху на перехресті в нових умовах
- запропонована пішохідна огорожа для запобігання небажаного руху пішоходів через проїжджу частину.

Реалізація нової схеми організації руху на перехресті вулиць Шкільної та Запорізької дозволить зменшити небезпеку дорожнього руху та значно скоротити затримки автомобільного транспорту на перехресті. Покращення умов руху на перехресті буде мати наслідком покращення економічних показників.

Організація руху за новою схемою дозволить зменшити транспортні затримки на перехресті та, відповідно, й витрати від них на понад 500 тис. грн.

Нову схему організації руху не тільки можливо, але і необхідно ввести. Вона є економічно ефективною. Чистий дисконтований прибуток цієї роботи за три роки складає понад 1 млн. гривень.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гаврилов Е.В. Системологія на транспорті: підручник у 5 кн. / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук; за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка - Книга 4. Організація дорожнього руху – Київ: Знання України, 2007. - 452 с.
2. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. –255 с.
3. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: Учеб. для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1989. - 267 с.
4. Грицай С.В. Особливості визначення тривалостей елементів циклу світлофорного регулювання з розщепленою фазою / С.В.Грицай, В.Е.Трушевський – Запоріжжя.: ЗНТУ, Вісник ЗНТУ, 2012, с.56-58.
5. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво – 113 с.
6. Аксенов В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В.А. Аксенов, Е.П. Попова, О.А. Дивочкин – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.
7. Державні стандарти України. ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». – 10 с.
8. ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». - 23 с.
9. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». – 37 с.
10. Державні будівельні норми. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». – 147 с.
11. Лазуткін М. І. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні

вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання / М.І. Лазуткін, М.О. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018. 44 с.

12. Наказ МОЗ України 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»