

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

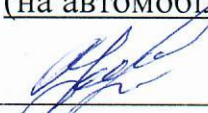
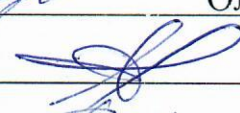
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ
НА ПЕРЕХРЕСТЯХ ПЛОЩІ ПРОФСПІЛОК
ТА ВУЛИЦІ НЕЗАЛЕЖНОЇ УКРАЇНИ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студентка ІІ курсу, групи T-310м

Спеціальності 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

		Олена УСИЧЕНКО (прізвище та ініціали)
Керівник		Сергій ТУРПАК (прізвище та ініціали)
Рецензент		Андрій СОСИК (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»

Сергій ТУРПАК

« 01 » 10 2021 року

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

Усиченко Олени Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оптимізація організації дорожнього руху на перехрестях площі Профспілок та вулиці Незалежної України міста Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) Турпак Сергій Миколайович, д-р техн. наук, проф.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2021 р. №426

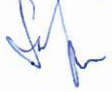
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2021 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) схема вулично-дорожньої мережі району проектування; схема ОДР на перехресті; статистика дорожньо-транспортних пригод на перехресті; швидкості руху транспортних засобів на підходах до перехрестя; схема ТЗОДР; режими регулювання на перехресті; інтенсивності пішохідних та транспортних потоків.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Визначення розрахункової швидкості. 2.2 Визначення елементів світлофорного циклу. 2.3 Багатопрограмне регулювання на ізольованому перехресті. 2.4 Адаптивне регулювання на ізольованому перехресті. 2.5 Розробка структури та вибір технічних засобів АСУ ДР 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	Турпак С.М., проф.		
Основна частина	Турпак С.М., проф.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

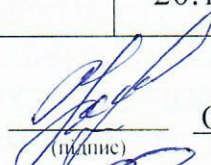
7. Дата видачі завдання «30» вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	18.10-30.10	
2	Основна частина	01.11-13.11	
3	Економічна частина	15.11-20.11	
4	Охорона праці	22.11-26.11	
5	Оформлення МР	27.11-30.11	
6	Перевірка МР на плагіат	01.12-10.12	
7	Отримання зовнішніх рецензій	13.12-18.12	
8	Захист магістерських робіт	20.12-24.12	

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Олена УСИЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

Сергій ТУРПАК
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 72 с., 15 табл., 18 рис., 1 додаток, 21 джерело.

ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЯ МЕРЕЖА, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ЗІТКНЕННЯ, МАГІСТРАЛЬ, МІСЦЕ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДТП, НАЇЗД, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІД, РЕГУЛЮВАННЯ, ТАКТ РЕГУЛЮВАННЯ, ПОТІК НАСИЧЕННЯ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ФАЗА РЕГУЛЮВАННЯ.

Об'єкт дослідження – вулично-дорожня мережа (ВДМ) м. Запоріжжя, схема організації та інтенсивності руху на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілок.

Мета роботи – оптимізація організації руху транспорту та пішоходів на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілок.

Методи дослідження – аналітичний.

Розроблено систему автоматизованого регулювання руху на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілок м. Запоріжжя та обґрунтовано доцільність обраної АСУР.

Розроблені заходи поліпшення безпеки руху пішоходів та транспортних засобів (ТЗ), зниження втрат часу пішоходів та ТЗ на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової.

Запроєктовані схеми технічних засобів організації дорожнього руху (ТЗ ОДР) забезпечать соціально-економічний ефект.

ЗМІСТ

	С.
Завдання на роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 Аналітична частина.....	7
2 Основна частина.....	24
3 Економічна частина	48
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	56
Висновки	58
Перелік джерел посилання.....	59
Додаток А.....	60

ВСТУП

Заходами оптимізація організації дорожнього руху на перехрестях площі Профспілок та вулиці Незалежної України міста Запоріжжя в загальному випадку можуть бути: застосування сучасних ТЗ ОДР, збільшення маршрутної пропускної здатності ВДМ, поліпшення маршрутного орієнтування водіїв ТЗ, рішення інженерно-планувального характеру та ін [1].

Метою оптимізації режиму світлофорного регулювання (СФР) на перехрестях площі Профспілок та вулиці Незалежної України міста Запоріжжя при ізольованому варіанті є знаходження тривалості циклу СФР та тактів [2].

Початкові дані для розрахунків це: існуюча схема ТЗ ОДР на перехрестях, фази СФР, схеми руху пішоходів і ТЗ у фазах, геометричні розміри перехресть, інтенсивність ТЗ та пішоходів за напрямками [2].

Показниками ефективності можуть виступати наступні показники: кількість ДТП на перехрестях; пропускна здатність вулиці; затримки ТЗ; черги на перехрестях; час на поїздку; вібрація та рівень шумів; швидкості руху ТЗ [3].

Основна задача СФР у роботі є мінімізація затримки ТЗ та пішоходів та поліпшення безпеки дорожнього руху (ДР) на перехрестях [4].

Ефективність оптимізації СФР оцінюється порівнянням витрат при різних варіантах регулювання [2].

Зазначені вище заходи оптимізації організації ДР з застосуванням АСУР на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілок використані в цій роботі.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Об'єкт дослідження (перехрестя вул. Незалежної України та вул. Профспілкової) розташований у м. Запоріжжя (рис. 1.1).

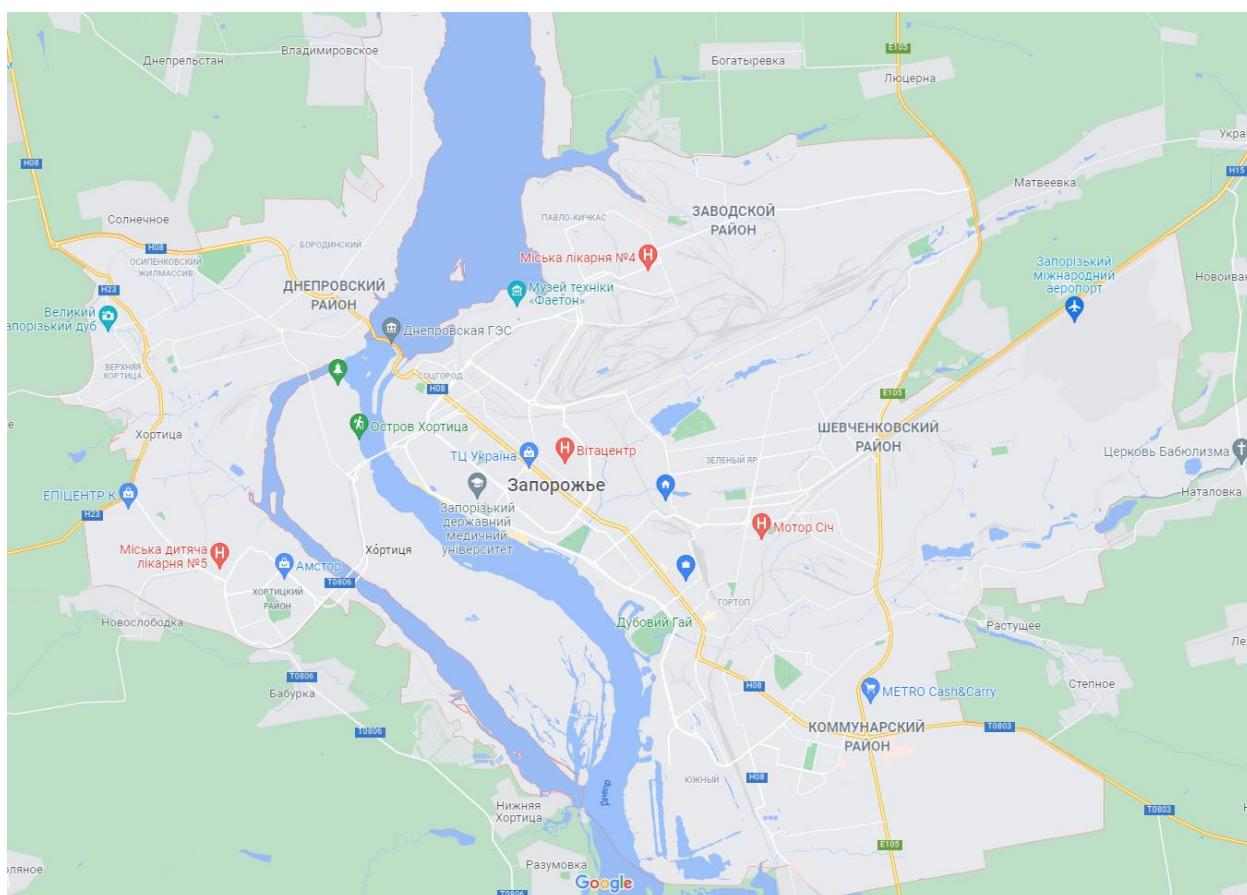


Рисунок 1.1

М. Запоріжжя це обласний центр України, населення більше 780 тис. Місто має 7 районів:

- Олександрівський;
- Заводський;
- Комунарський;
- Дніпровський;
- Вознесенівський;

- Хортицький;
- Шевченківський.

Місто розташоване на берегах р. Дніпро. Правий та лівий береги річки з'єднуються греблею ГЕС та мостовим переходами (через о. Хортиця).

Основні виробничі галузі Запоріжжя це металургія, машинобудування, енергетика.

Інфраструктура міста: залізниця, автодорожня мережа, авіатранспорт та річковий транспорт.

ВДМ міста утворена міськими та районними магістралями.

Об'єкт дослідження розташований у Вознесенівському районі (рис. 1.2), що має:

- більше 60-ти вулиць,
- 12 провулків;
- 3 бульвари;
- 2 проспекти;
- 5 площ.

Магістральні дороги:

- пр. Соборний;
- вул. Перемоги;
- вул. Прибрежна магістраль;
- вул. Незалежної України.

Основні пункти тяжіння району:

- супермаркети;
- державні та комунальні підприємства та установи;
- автостанція;
- промислові підприємства;
- місця дозвілля;
- критий ринок.

В районі зареєстровано більше 340 тис. ТЗ.

Для району характерна щільність ВДМ.

В роботі розглядається перехрестя вул. Незалежності України та пл. Профспілкової (рис. 1.3).

Для поліпшення ОДР потрібно цілеспрямовано вдосконалювати дорожньо-транспортні умови. Останнім часом на вул. Незалежності України та пл. Профспілкової спостерігається незадовільний стан у цьому питанні.

Трапляються нерівності покриття.

Вісь дороги на кривих не збігається з проектною.

Це впливає на безпеку руху. Нерівності на покритті можуть спровокувати ДТП.

Порушення розмірів елементів на перехресті погіршує естетичний вигляд вулиці [2].

На перехрестях вул. Незалежності України та пл. Профспілкової ПЧ має по 2 та по 3 смуги руху в кожному з напрямів.

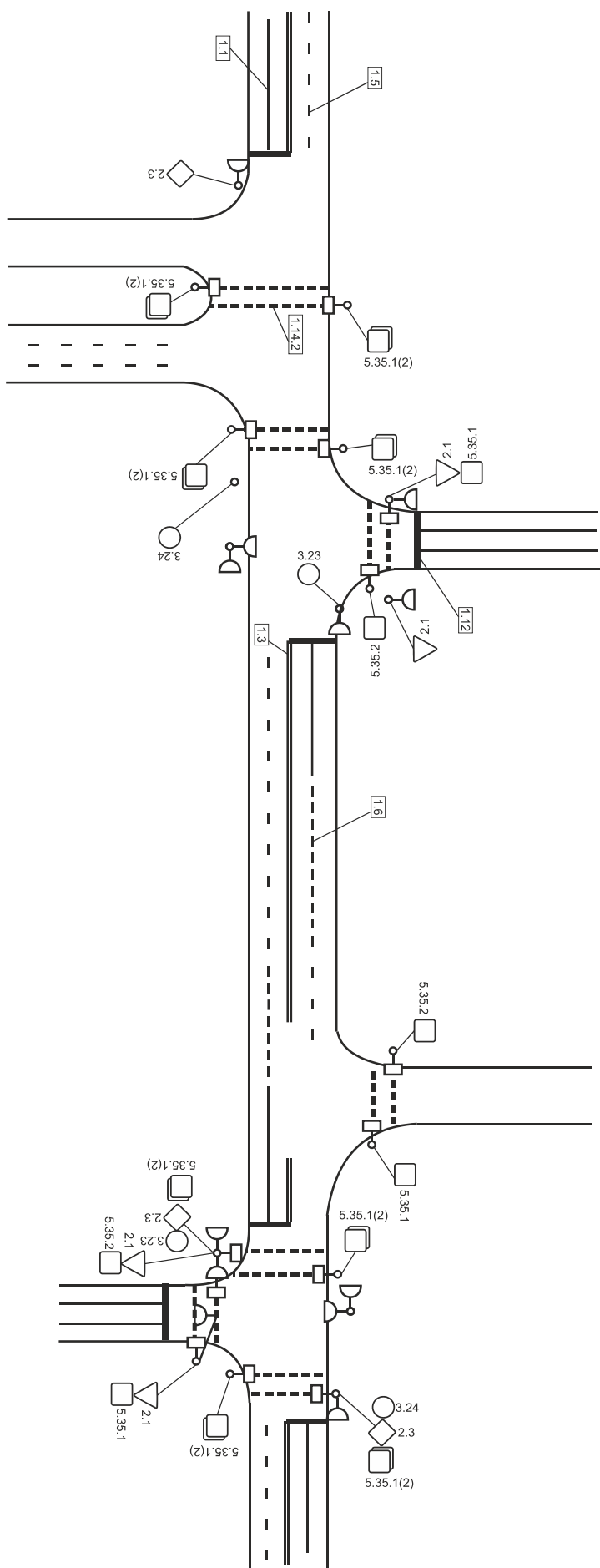


Рисунок 1.4 – Схема ТЗОДР

Ширина смуг руху від 3.5м до 3,75м.

Рух по вул. Профспілковій одnobічний (три смуги).

По вулиці Незалежної України рух двосторонній (дві смуги в кожному напрямку).

На підходах ухили незначні.

Дорожні умови середні.

Стан дорожнього одягу неналежний.

На перехрестях велика кількість конфліктних точок (КТ).

КТ – це місця ВДМ де здійснюється взаємодія ТП.

Розділяють типи КТ [3]:

- відхилення;
- злиття;
- перетину.

Вибір схем ОДР залежить від інтенсивності конфліктних потоків та кількості смуг [4].

На перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової м. Запоріжжя світлофорна сигналізація працює за однією програмою в режимі жорсткого регулювання (ізольоване перехрестя), цикл 59с з двох фаз та розщепленою фазою.

Схема пофазного роз'їзду наведена на рисунку 1.5.

Одна програма СФР збільшує затримки ТЗ на перехрестях [4].

Режим роботи СФР зазвичай представляється графічно циклограмою СФР [5].

Існуюча циклограма СФР на перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової наведена на рис. 1.6.

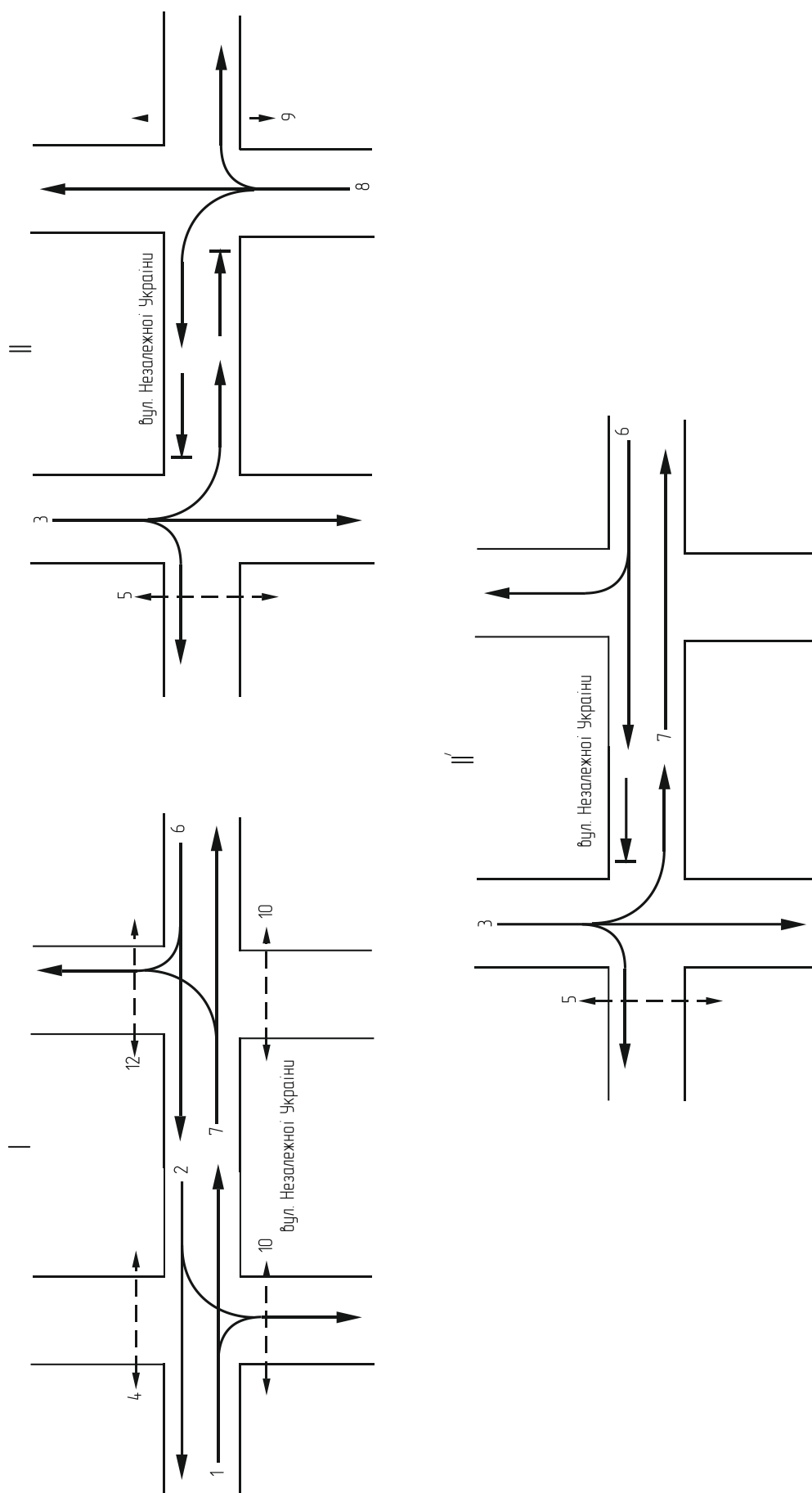


Рисунок 1.5 – Фази циклу

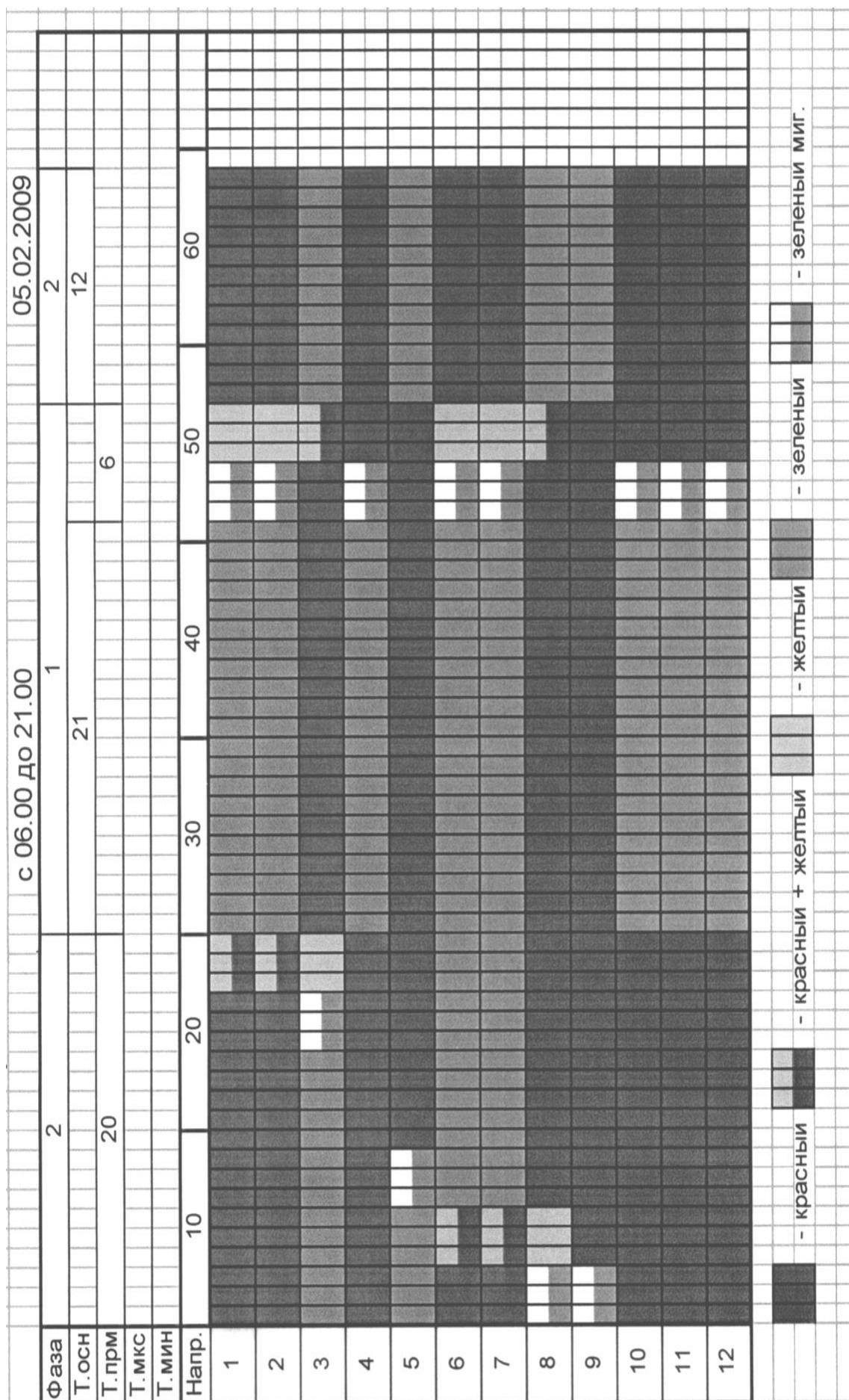


Рисунок 1.6 – Циклограмма ОДР

Оптимізація ОДР на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової можлива при наявності інформації транспортні та пішохідні потоки й дорожні умови (ДУ).

До характеристик ДР відносять: інтенсивність руху; склад потоку; щільність потоку; швидкість руху; тривалість затримок [1].

Інтенсивність руху N_a — це кількість ТЗ, що проходять перетин за певний час (рік, місяць, добу, годину, хвилину, секунду).

Вирізняють ТП [2]:

- 1) переважно легковий;
- 2) переважно вантажний;
- 3) змішаний потік.

Для зведення інтенсивностей використовуються коефіцієнти (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 - Коефіцієнти приведення ТЗ [1]

Тип ТЗ	Коефіцієнт
мопед або мотоцикл (без коляски)	0,5
мотоцикл (з коляскою)	0,75
легковий автомобіль	1,0
вантажний:	
вантажопідйомністю до 2т	1,5
від 2т до 6т	2,0
від 6т до 8т	2,5
від 8т до 14т	3,0
більше 14т	3,5
автопоїзд	
вантажопідйомністю до 12т	3,5
від 12т до 20т	4,0
від 20т до 30т	5,0
понад 30т	6,0
колісний трактор	
вантажопідйомністю до 10т	2,5
понад 10т	3,5
автобус	3,0
здвоєний автобус	5,0

Далі необхідно дослідити інтенсивності ТП.

Час пік: з 8:00 год. до 9:00 год.; вечір з 17:00 год до 18:00год та міжпік з 13.00 год до 14.00 год.

Вимірювання проводяться для кожного напрямку.

Враховуються склад ТП.

В складі ТП переважають легкові автомобілі.

Приведені інтенсивності руху ТЗ на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової наведені в табл. 1.2 та табл. 1.3.

Таблиця 1.2 - Приведені інтенсивності ТЗ на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової
в піковий період

Напрям		од./год.
1	Наліво	96
	Прямо	304
	Направо	292
2	Наліво	280
	Прямо	340
	Направо	40
3	Наліво	20
	Прямо	72
	Направо	312
4	Наліво	28
	Прямо	80
	Направо	48

Таблиця 1.3 - Приведені інтенсивності ТЗ на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової в міжпік

Напрямок		од./год.
1	Наліво	24
	Прямо	324
	Направо	120
2	Наліво	168
	Прямо	420
	Направо	12
3	Наліво	20
	Прямо	60
	Направо	144
4	Наліво	36
	Прямо	180
	Направо	24

Далі будуємо картограми інтенсивностей ТП наведені на листі №2 та №3 графічної частини.

Швидкості ТП досліджувалися за допомогою радарного вимірювача швидкості [11].

Заміри на підходах до перехрестя вул. Незалежної України та пл. Профспілкової проводилися у міжпік, в четвер під час роботи світлофорів в режимі жовтого миготіння (імітація вільного руху).

До вибірки не включалися швидкості дорожньої техніки та маршрутних ТЗ.

Швидкості ТЗ на підходах до перехрестя по вул. Незалежної України вміщено в табл. 1.4.

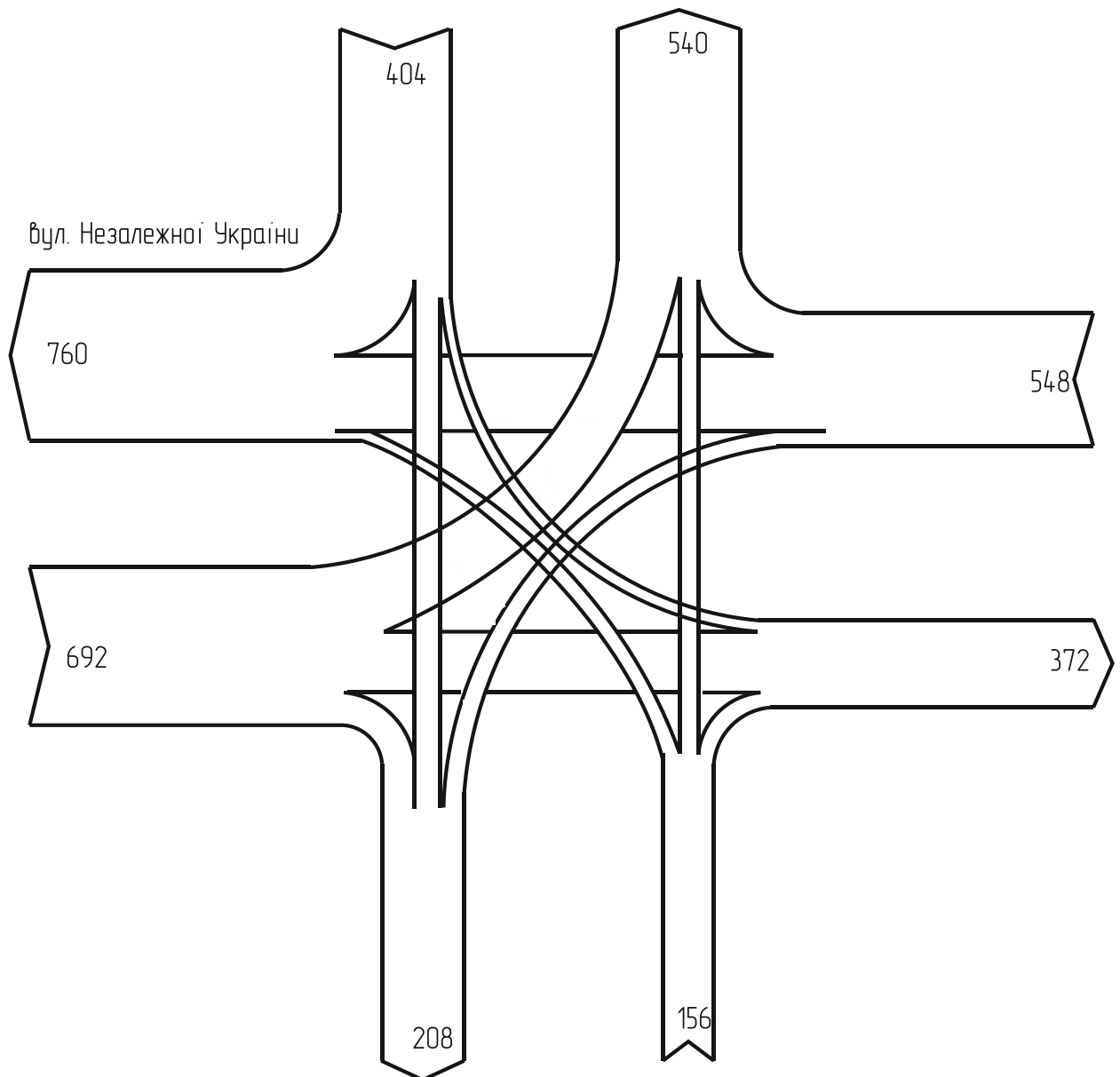


Рисунок 1.7 - Картограма інтенсивностей ТЗ (пік)

Швидкості ТЗ на підходах до перехрестя по вул. Профспілкової вміщено в табл. 1.5.

На ЕОМ встановлено що емпіричний розподіл швидкостей описується нормальним законом.

Розрахунок виконувався програмою Statistica.

Після обробки програмою Statistica отримано де $\bar{V} = 49,3$ км/год., $\sigma_V = 5,99$ км/год.

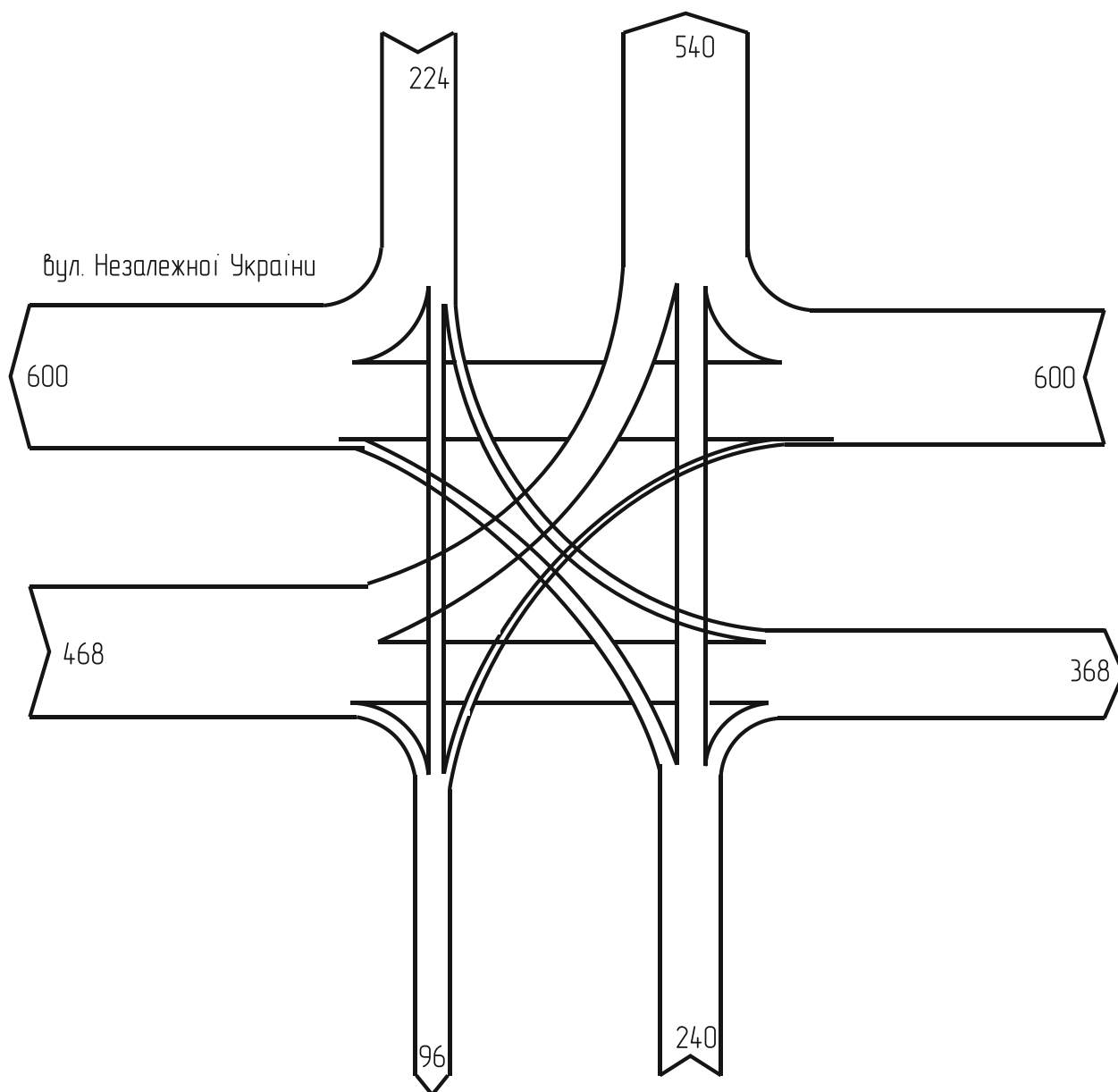


Рисунок 1.8 - Картограма інтенсивностей ТЗ (міжпік)

Таблиця 1.3 – Швидкості по вул. Незалежної України, км/год.

№	V	№	V	№	V
1	37	31	47	61	55
2	37	32	47	62	55
3	37	33	47	63	55
4	39	34	47	64	55
5	39	35	48	65	55
6	39	36	49	66	55
7	40	37	49	67	55
8	40	38	49	68	55
9	40	39	49	69	56
10	40	40	40	70	56
11	41	41	50	71	57
12	41	42	50	72	57
13	41	43	50	73	57
14	41	44	50	74	57
15	41	45	50	75	57
16	42	46	50	76	58
17	43	47	51	77	59
18	43	48	51	78	59
19	43	49	51	79	59
20	43	50	51	80	59
21	44	51	51	81	60
22	44	52	51	82	60
23	44	53	52	83	61
24	44	54	52	84	61
25	44	55	52	85	62
26	45	56	52	86	62
27	45	57	53	87	63
28	45	58	54	88	64
29	45	59	54	89	65
30	45	60	54	90	66

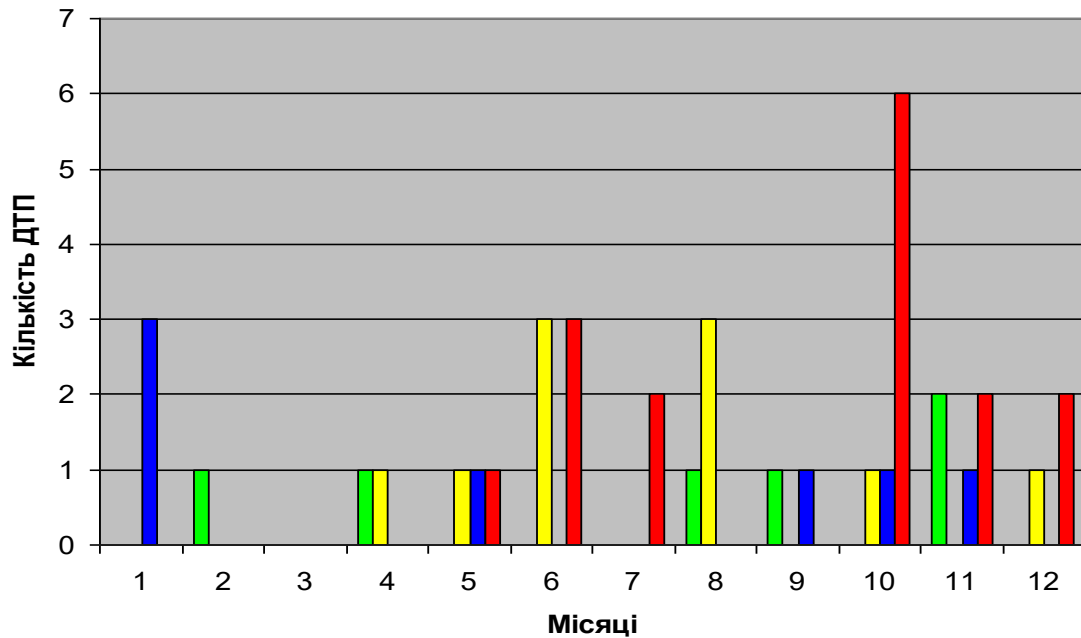
Таблиця 1.4 – Швидкості по пл. Профспілковій, км/год.

№	V	№	V	№	V
1	38	31	47	61	54
2	38	32	47	62	54
3	38	33	47	63	54
4	38	34	47	64	54
5	38	35	48	65	55
6	39	36	48	66	55
7	40	37	48	67	55
8	40	38	49	68	55
9	40	39	49	69	57
10	41	40	49	70	57
11	41	41	49	71	57
12	41	42	50	72	57
13	41	43	50	73	57
14	42	44	50	74	57
15	42	45	50	75	58
16	42	46	50	76	58
17	42	47	51	77	58
18	43	48	51	78	59
19	43	49	51	79	59
20	43	50	51	80	60
21	44	51	51	81	60
22	44	52	51	82	60
23	44	53	51	83	60
24	44	54	52	84	60
25	45	55	52	85	61
26	45	56	52	86	61
27	45	57	52	87	62
28	46	58	52	88	63
29	46	59	53	89	65
30	46	60	53	90	67

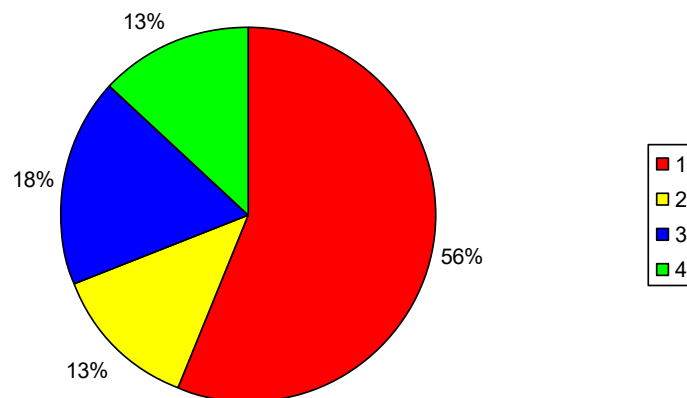
Під час стажування були зібрані дані про ДТП на перехрестях за 2019 р. -2020 р.

Аналіз ДТП на перехрестях наведений на рис. 1.9.

Кількість ДТП по місяцям



Кількість ДТП за видами



- 1 – зіткнення;
- 2 – наїзд на стоячий транспорт;
- 3 – наїзд на огороження;
- 4 – наїзд на пішохода;

Рисунок 1.9

Основними недоліками існуючого становища на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової м. Запоріжжя є затримки ТЗ та наявність ДТП. Це спричинено недоліками в організації та схемах ТЗ ОДР на перехрестях. Вони мають ряд порушень діючих ДСТУ, СОУ, керівництв [3]-[10].

На перехрестях ускладнено пішохідний рух.

На підходах до перехресть особливо у пікові години доби можуть утворюватися черги ТЗ.

Для усунення недоліків пропонується:

- організувати пофазний роз'їзд ТЗ, що забезпечив би підвищення безпеки;
- привести схеми ТЗ ОДР у відповідність до вимог діючих ДСТУ, СОУ, керівництв [3]-[10];
- запровадити режими регулювання на перехрестях, що забезпечать достатню пропускну спроможність;
- розрахувати програми роботи СФР у режимах жорсткого багатопрограмного регулювання на ізольованому перехресті (АСУДР 1.3);
- розрахувати програми роботи СФР у режимах жорсткого багатопрограмного координованого регулювання (АСУД 2.1 або 2.2).

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

Параметри СФР розраховуються починаючи із визначення швидкостей руху ТЗ на перехрестях вул. Незалежної України та вул. Профспілкової. В нашому випадку швидкості руху на підходах описуються нормальним законом розподілу. При цьому щільність розподілу:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-\bar{v})^2}{2\sigma_v^2}}, \quad (2.1)$$

де V - середня швидкість ТЗ, км/год.;

σ_v - середнє відхилення швидкостей окремих ТЗ, [2].

Значення V і σ_v отримані в аналітичній частині.

Використовуємо графоаналітичний метод. Будується криву $f(v)$ (див. рисунок 2.1).

Діапазон значень швидкостей розбивається на десять інтервалів ($\Delta V_1 = \Delta V_2 = \dots \Delta V_{10}$). Обирається значення в середині інтервалів.

Обчислюється по (2.1) значення для кожного V_i [2].

Розрахункову швидкість V_p дорівнює швидкості 85 відсоткового забезпечення. Відповідно будується графік функції розподілу ймовірностей [11]:

$$F(v) = \int_{V-3\sigma}^{V+3\sigma} f(v) dV. \quad (2.2)$$

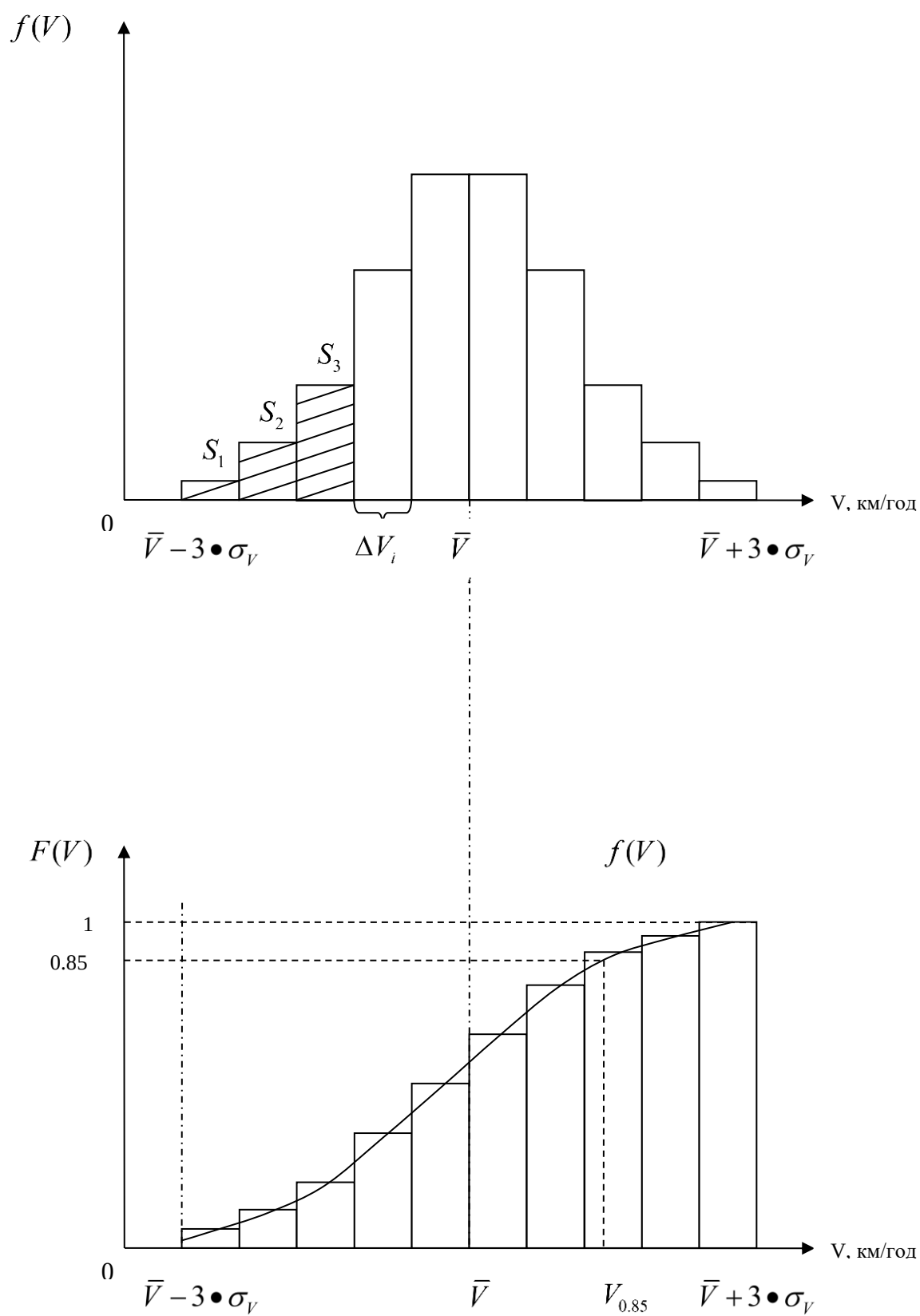


Рисунок 2.1 – Гістограма та кумулята

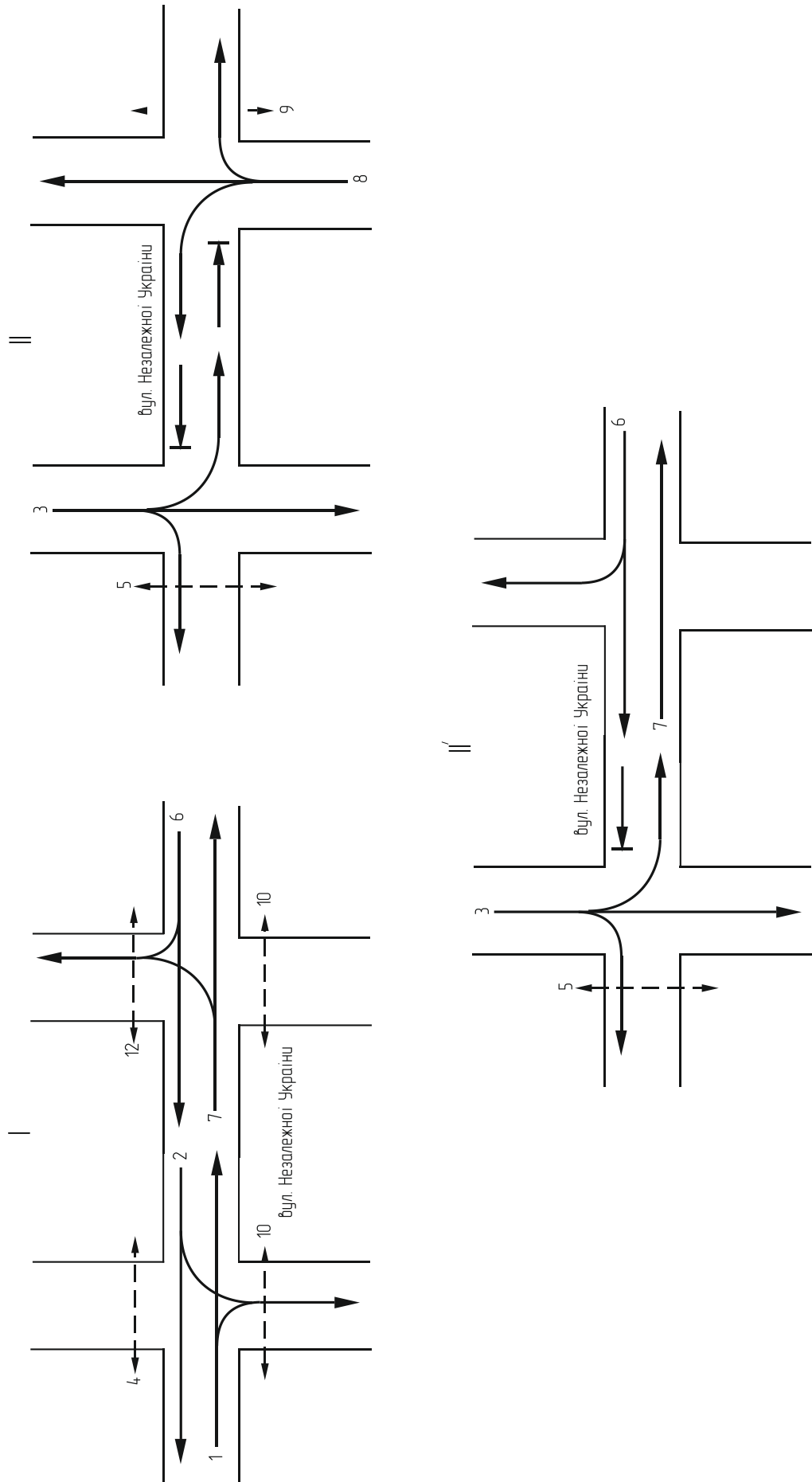


Рисунок 2.2

Циклічність СФР передбачає почерговість права на рух через перехрестя в різних напрямках. Такт регулювання це період в якому задіяна певна комбінація сигналів світлофорів. Такти поділяють на основні та проміжні (додаткові). Протягом основного такту дозволяється або забороняється рух певним ТЗ та пішоходам. Додатковий такт дозволяє підготувитися до руху наступній групі ТЗ та пішоходам та позначається жовтим кольором не більше 4с. [13].

Сукупність основних і проміжних тактів (перехідних інтервалів) називається фазою. Повторювана сукупність усіх фаз називається циклом [14].

Більша тривалість додаткового такту позначається червоним кольором, тож певний час всі світлофори горять червоним [15].

Тобто два додаткових такта йдуть один за одним. Це називається перехідним інтервалом [15].

Режимом СФР є тривалість циклу, кількість, тривалість та порядок чергування його елементів [16].

Послідовність визначення оптимального циклу на перехрестях наведено рисунку 2.4.

Для управління світлофорами використовують локальні або системні дорожні контролери (ДК) [17].

Пофазний підхід для реалізації потребує більш спрощену конструкцію ДК [18].

Чим більша кількість фаз регулювання тим забезпечується вища безпека для учасників руху. Але чим більше фаз тим більша затримка учасників руху, викликана збільшенням тривалості циклу загалом [19].

Найпростіший цикл складається з двох фаз. Дві групи ТЗ та пішоходів почергово мають право на рух (див. рис. 2.5).

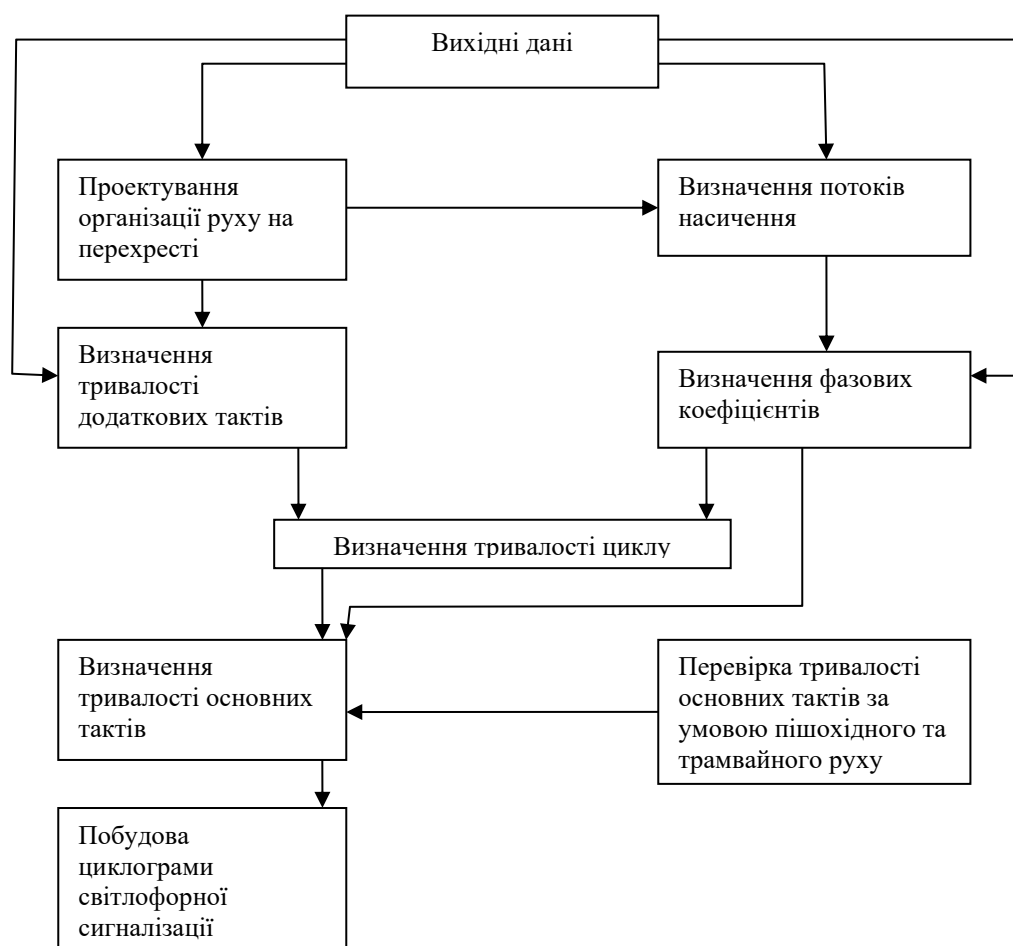


Рисунок 2.4 – Послідовність розрахунків [15]

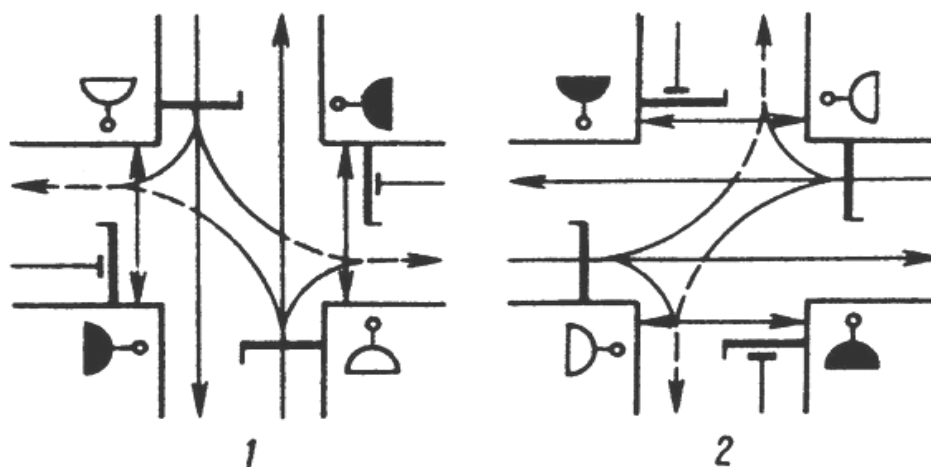


Рисунок 2.5

Для поліпшення умов лівоповоротного маневру може вводитися додаткова фаза (рис. 2.4). Це доцільно лише при інтенсивності лівоповоротного маневру більше 120 од/год [19].

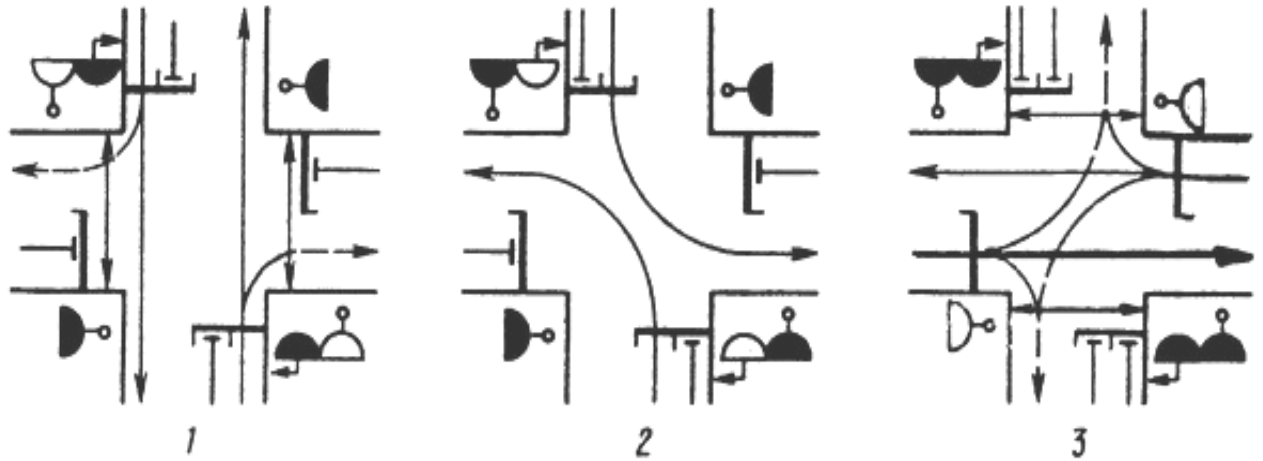


Рисунок 2.4 – Схеми трьохфазного роз'їзду

Додаткова фаза також може використовуватися тільки для руху пішоходів (рис. 2.5). Це доцільно у лише випадку коли інтенсивність ППІ більше 1000 чол/год [19].

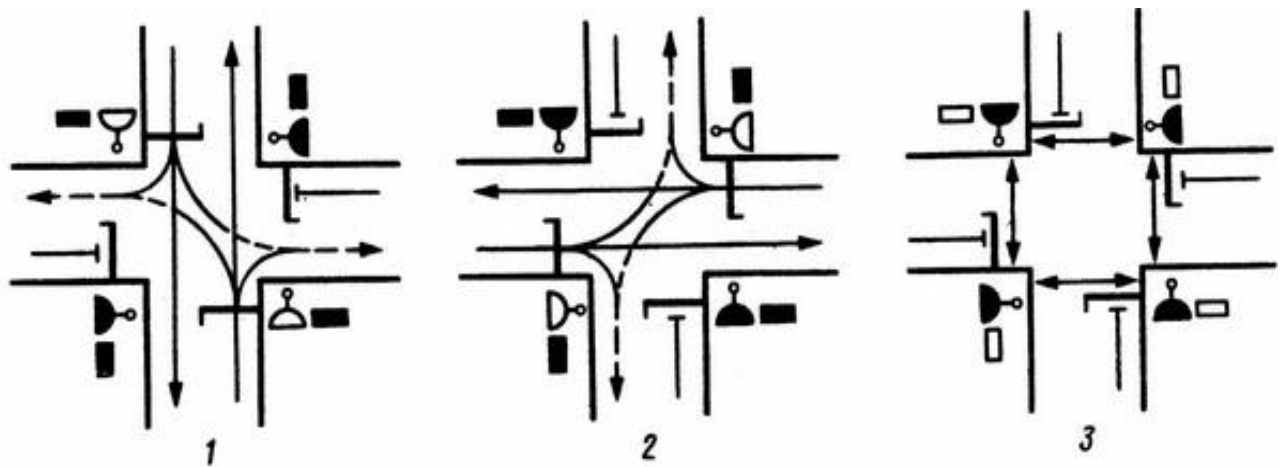


Рисунок 2.5 – Трьохфазний цикл з виділеною пішохідною фазою

На перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової застосовуються три фази (рис. 2.6).

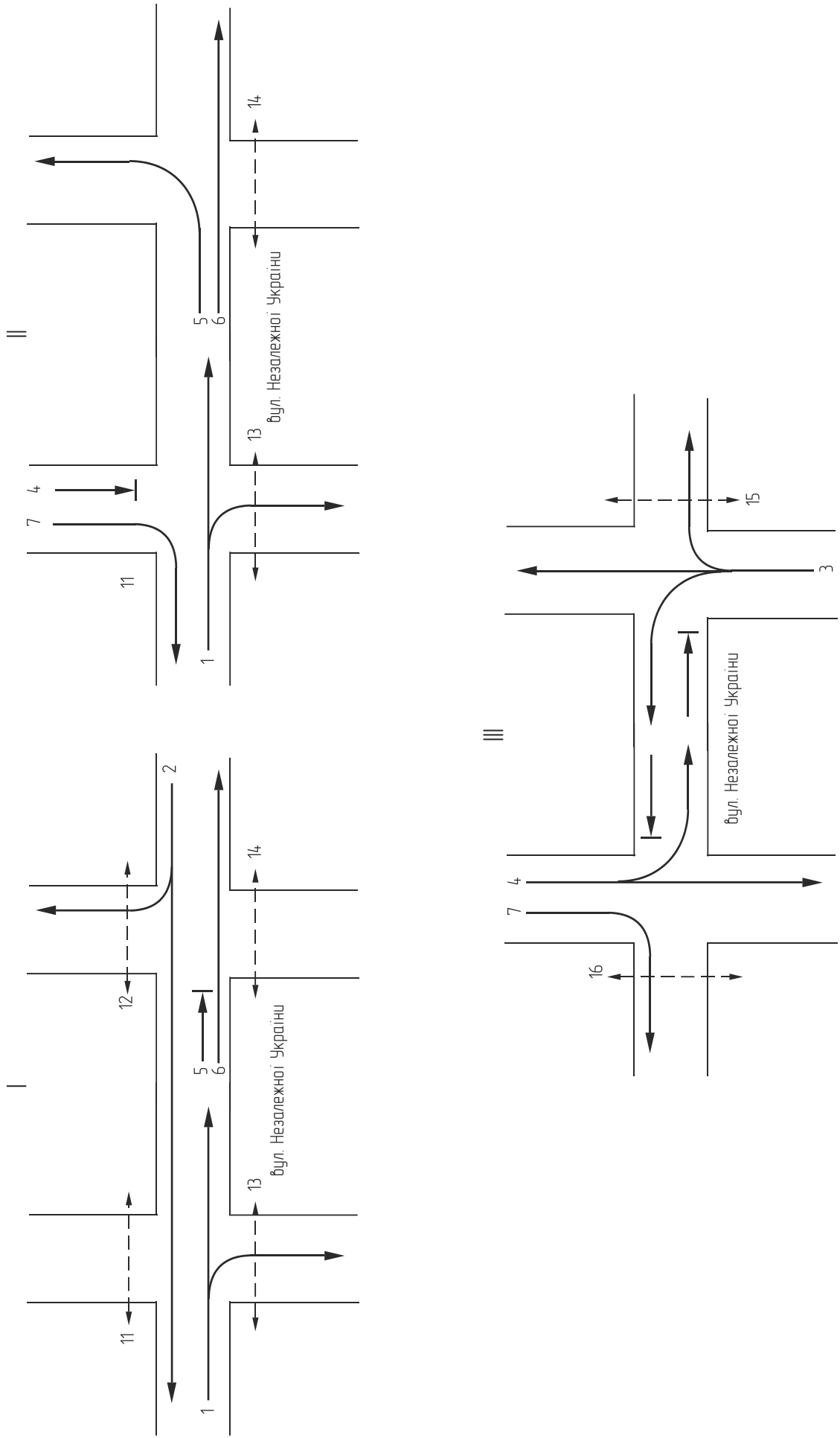


Рисунок 2.6

Замість третьої фази можливе її розщеплення (додатковий дозволяючий або ранній старт).

Можливість використання тільки двох фаз визначається наступним чином [17]:

$$N_{\phi} = \frac{120}{3600 / T_{\phi}} , \quad (2.4)$$

де T_{ϕ} – тривалість циклу регулювання, с

Якщо T_{ϕ} буде дорівнювати 60 с то N_{ϕ} буде дорівнювати 3 од. При збільшенні до 80 с то 3 од.

$$N_{\phi 1} = \frac{150}{3600 / 80} = 4 \text{ од.}$$

При збільшенні до 200 од/год - 5 од/год, а надмірність складе дві од.

Мале значення фазового коефіцієнту (ФК) призведе до значного збільшення циклу.

Тому перевіряється доцільність заміни додатковим дозволяючим.

Тобто вводиться псевдонапряма для маневру ліворуч [19].

Схема роз'їзду для першого варіанту на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової представлена на рис 2.7.

Така сама схема використовується й для другого варіанту на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової.

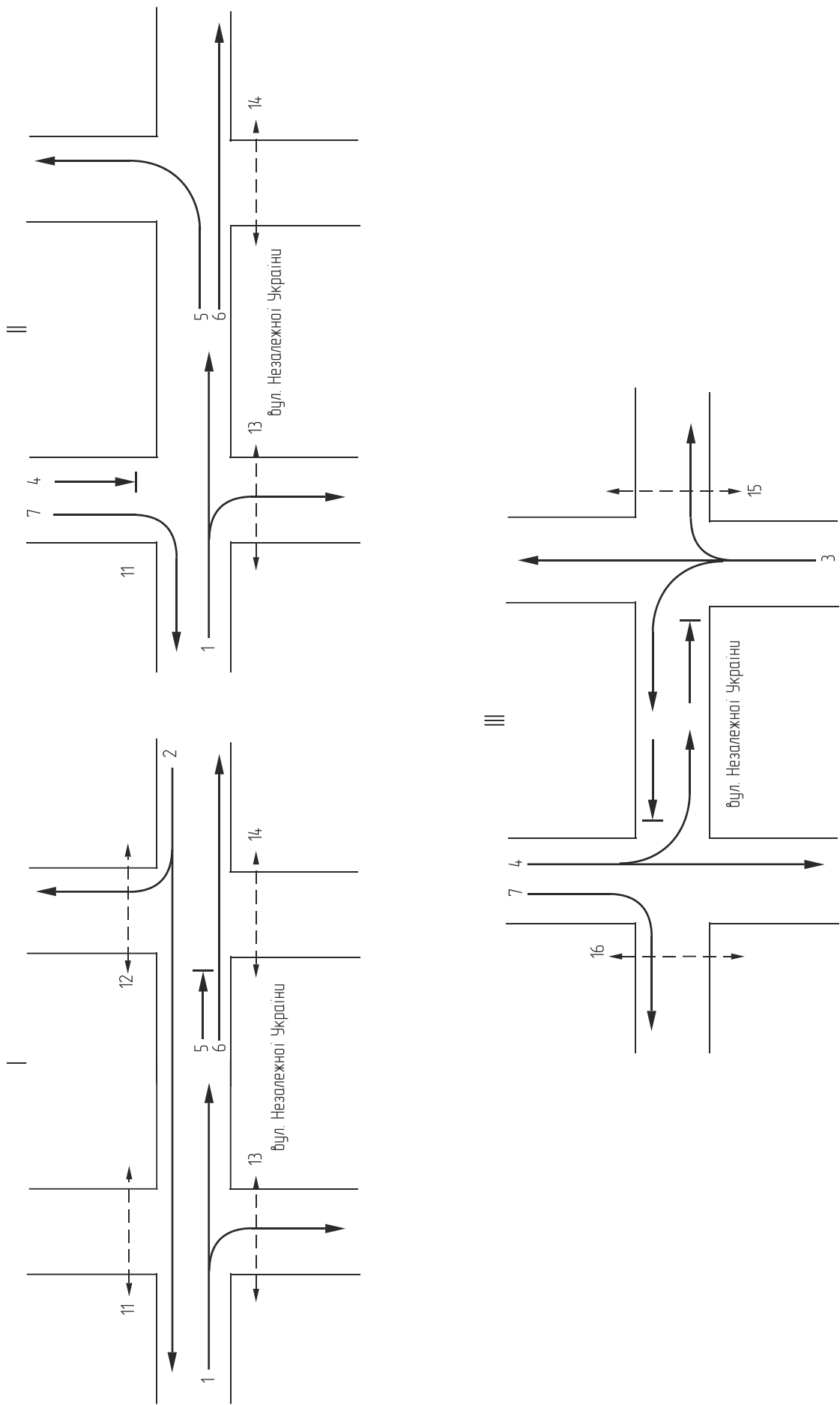


Рисунок 2.7

Для визначення потоку насичення на перехресті вул. Незалежної України та вул. Профспілкової можливе використання експериментального методу. Основа його в розділенні повністю насиченої фази регулювання у визначеному напрямку руху на короткі інтервали часу тривалістю від двох до шести секунд. В кожному з цих послідовних інтервалів підраховується кількість автомобілів, які перетнули стоп-лінію. Результати розрахунків для кожного з інтервалів виражаються в приведених транспортних одиницях та усереднюються. Таким чином досліджуються всі напрями руху [19].

Однак, методика експериментального визначення величини потоку насичення потребує значних затрат часу, крім того, вона не може застосовуватися на заново обладнаному перехресті.

Використовуємо емпіричний метод обчислення потоку насичення (ПН).

У разі руху прямо по вулиці без ухилу, використовуємо вираз [1]:

$$M_H = 525 \cdot H, \quad (2.5)$$

де M_H – потік насичення, од./год.;

H – ширина проїзної частини дороги, м.

Це справедливо при ширині проїзної частини дороги 5,4м - 18м.

При меншій ширині дані беруть в таблиці 2.1 [2].

Таблиця 2.1 – Потік насичення

Н, м	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,1
M_H , од./год.	1850,0	1875,0	1950,0	2075,0	2475,0	2700,0

Якщо смуги руху виділені ДР, то потік насичення визначається окремо для кожної смуги руху згідно з таблицею 2.1.

Відсоток ухилу в разі підйому знижує ПН на 3 %, а відсоток спуску збільшує ПН на 3% [5].

Для лівоповоротного маневру обчислюється за виразами:

- поворот з одного ряду [1]:

$$M_H = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (2.6)$$

- поворот з двох рядів [1]:

$$M_H = \frac{3000}{1 + \frac{1,525}{R}}. \quad (2.7)$$

Якщо для виконання маневрів не виділені окремі смуги, ПН необхідно зменшити. Для цього використовуємо вираз [1]:

$$M_H = 525 \cdot H \frac{100}{a + 1,75b + 1,25h}, \quad (2.8)$$

де a – відсоток ТЗ, що прямують прямо;

b – відсоток ТЗ, що їдуть ліворуч;

h – відсоток ТЗ, що рухаються праворуч.

На ПН впливають також різноманітні дорожні умови:

- освітлення,
- видимість,
- пішоходи,
- склад потоків.

Тому для корекції ПН вводиться коефіцієнт впливу дорожніх умов [1].

В роботі прийняті середні дорожні умови на перехресті вул. Незалежної України та вул. Профспілкової.

Схема роз'їзду ТЗ на перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової, в якій наведена нумерація напрямків та ділянок, представлена на рис. 2.7.

Ширина смуги руху на напрямі 1 складає $3,5 + 3,75 = 7,25$, відповідно потік насичення:

$$M_{n1} = 525 \cdot 7,25 \frac{100}{86 + 1,75 \cdot 0 + 1,25 \cdot 14} = 3677 \text{ од./год.}$$

На напрямі 2 ширина 7,25м:

$$M_{n2} = 525 \cdot 7,25 \frac{100}{58 + 1,75 \cdot 0 + 1,25 \cdot 42} = 3444 \text{ од./год.}$$

На напрямі 3 ширина 10,5м:

$$M_{n3} = 525 \cdot 10,5 \frac{100}{51 + 1,75 \cdot 18 + 1,25 \cdot 31} = 4546 \text{ од./год.}$$

На напрямі 4 ширина 3,5м:

$$M_{n4} = 1925 \frac{100}{78 + 1,75 \cdot 22 + 1,25 \cdot 0} = 1652 \text{ од./год.}$$

На напрямі 5 (відокремлена смуга руху):

$$M_{H5} = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{30}} = 1712 \text{ од./год.}$$

На напрямі 6 ширина 3,5м, відповідно ПН за таблицею 2.1

$$M_{H7} = 1925 \text{ од./год.}$$

На напрямі 7 ширина 7,25м:

$$M_{H7} = \frac{3000}{1 + \frac{1,525}{10}} = 2603 \text{ од./год.}$$

Тривалість проміжних тактів для кожного напрямку на кожному перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової:

$$t_i = t_p + \frac{V}{2a^*} + \frac{B_i + l_a}{V}, \quad (2.9)$$

де t_p - час реакції, $t_p = 0,8 \dots 1,2$ с;

V - швидкість ТЗ, м/с;

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

B_i - ширина перехрестя, м;

l_a - довжина зведеного ТЗ, м [1].

Для відокремленої фази t_i дорівнює чверті кола радіуса r .

Швидкість зменшується на 20%-30%, але не менше 30 км/год [1].

Втрачений у циклі час дорівнює [1]:

$$L = \sum_{i=1}^n (t_i - 1), \quad (2.10)$$

де n - кількість фаз регулювання на перехресті.

Тривалість проміжних тактів обчислюємо з урахуванням відстаней до конфліктних точок.

Час реакції не враховуємо [19], прискорення уповільнення – 3 м/с^2 :

$$t_1 = \frac{15,2}{2 \cdot 3} + \frac{30 + 5}{15,2} = 5 \text{ с},$$

$$t_2 = \frac{15,2}{2 \cdot 3} + \frac{50 + 5}{15,2} = 7 \text{ с},$$

$$t_3 = \frac{15}{2 \cdot 3} + \frac{35 + 5}{15} = 6 \text{ с}.$$

Критеріями оптимізації СФР на перехресті вул. Незалежної України та вул. Профспілкової є мінімізація середньої затримки ТЗ при забезпеченні безпеки учасників. Задача полягає у визначенні тривалостей елементів циклу.

Метод розрахунків запропоновано Вебстером у 60-ті роки ХХ століття [1].

Використовувалась імітаційна модель перехрестя. Проводився експеримент з визначення тривалості циклу. Мінімізувалась затримка ТЗ. Оптимальний цикл виявився приблизно в два рази більший ніж мінімальний. Зі збільшенням циклу збільшується затримка [1].

Кількість ТЗ, що підходять до стоп-лінії дорівнює $N_i \cdot T_{\min}$. Кількість ТЗ, що проїжджають впродовж насиченої фази буде $t_{ef} \cdot M_{Hi}$.

Отож, $N_i \cdot T_{\min} = t_{ef} \cdot M_{Hi}$, звідки [1]:

$$t_{ef} = \frac{N_i \cdot T_{\min}}{M_{Hi}}, \quad (2.11)$$

$$y_i = \frac{N_i}{M_{Hi}}, \quad (2.12)$$

де y_i - фазовий коефіцієнт.

З іншого боку [2]:

$$T_{\min} = L + T_{\min} \cdot \sum_{i=1}^n y_i, \quad (2.13)$$

де n – кількість фаз.

Сумарний фазовий коефіцієнт [1]:

$$Y = y_1 + y_2 + \dots + y_n = \sum_{i=1}^n y_i. \quad (2.14)$$

Мінімальна тривалість циклу [1]:

$$T_{\min} = \frac{L}{1-Y}. \quad (2.15)$$

Отже формула оптимального циклу СФР для перехресть з трьома і більше фазами [19]:

$$T_0 = \frac{1,5L + 5}{1-Y}, \quad (2.16)$$

Тривалість циклу СФР не повинна бути більшою за 120с та бути меншою 25с [19].

В кожній фазі виконується розрахунок $\frac{N_i}{M_{Hi}}$ для всіх напрямків у фазі. В якості y_i вибирається найбільша величина. Кожна фаза

представляється одним напрямом [19].

Втрачений час L на перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової:

$$L = 5 - 1 + 7 - 1 + 6 - 1 = 15 \text{ с.}$$

Якщо на напрямі більше 400..600 од./год. то [19]:

$$T_{\text{ц}} = \frac{0,9L}{0,9 - Y}; \quad (2.17)$$

В нашому випадку:

$$T_0 = \frac{1,5 \cdot 15 + 5}{1 - 0,47} = 52 \text{ с.}$$

Тривалість основного такту [2]:

$$t_o^i = \frac{y_{\max}^i}{Y} (T_o - L) - 1, \quad (2.18)$$

де $y_{\max}^i$ - максимальний фазовий коефіцієнт [19].

Відповідно структура циклу на перехресті вул. Незалежної України та вул. Профспілкової для пікового періоду:

$$13 + 5 + 12 + 7 + 9 + 6 = 52 \text{ с.}$$

Отримана програма СФР може бути використана в якості резервної (при відсутності зв'язку з керуючим пунктом).

Аналогічно для міжпікових годин:

$$T_0 = \frac{1,5 \cdot 15 + 5}{1 - 0,327} = 41 \text{ с.}$$

Отримаємо наступну структуру циклу:

$$11 + 5 + 5 + 7 + 7 + 6 = 41 \text{ с.}$$

Мінімальна тривалість основного такту:

$$t_{3 \min} = 5 + B_{nu}/v_{nu}, \quad (2.19)$$

v_{nu} – швидкість руху пішоходів (1,3 м/с) [19].

Приймаємо $t_{3 \min} = 10$ с для третьої фази і 7 с для першої та другої.

Скореговані тривалості цикла складуть:

$$T_n = 16 + 5 + 15 + 7 + 10 + 6 = 59 \text{ с,}$$

$$T_{mn} = 19 + 5 + 7 + 7 + 10 + 6 = 54 \text{ с.}$$

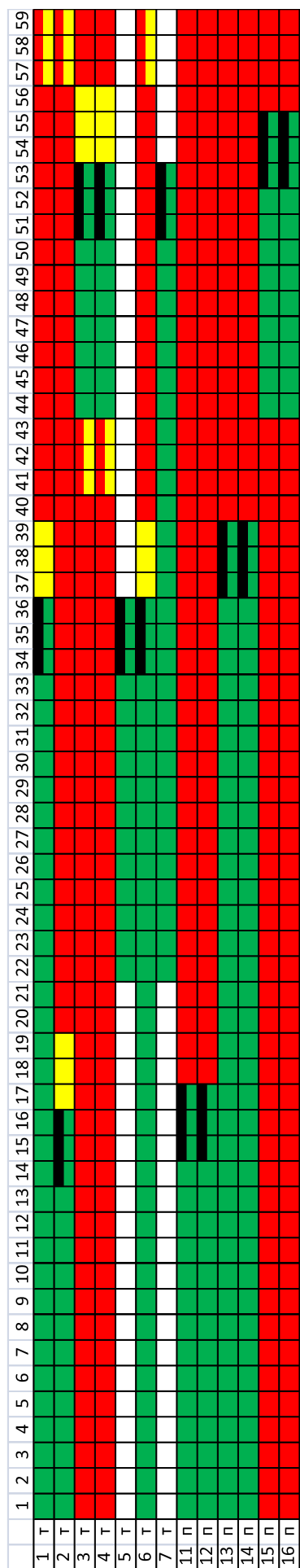
З урахування того, що перехрестя включене в систему координованого регулювання по вул. Незалежної України, необхідно скоригувати тривалість до 81 с. Отримуємо тривалість циклу для піку та міжпіку:

$$T_{пк} = 27 + 5 + 26 + 7 + 10 + 6 = 81 \text{ с,}$$

$$T_{мпк} = 39 + 5 + 14 + 7 + 10 + 6 = 81 \text{ с.}$$

Циклограми відповідних режимів роботи світлофорної сигналізації на перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової рис. 2.7 та 2.8.

Циклограма світлофорного регулювання для пікового періоду



Циклограма світлофорного регулювання для міжпикового періоду

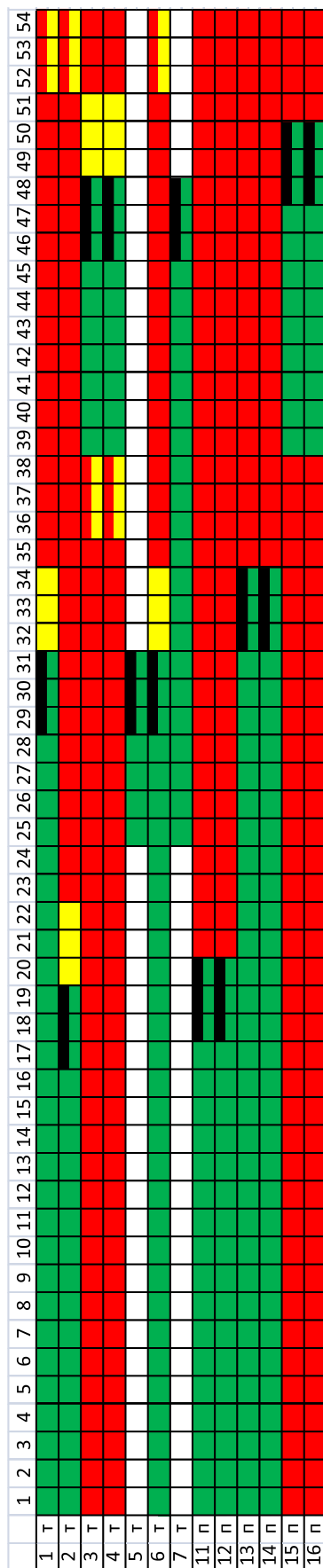


Рисунок 2.7

Циклограма світлофорного регулювання для пікових періодів



Циклограма світлофорного регулювання для міжпікового періоду

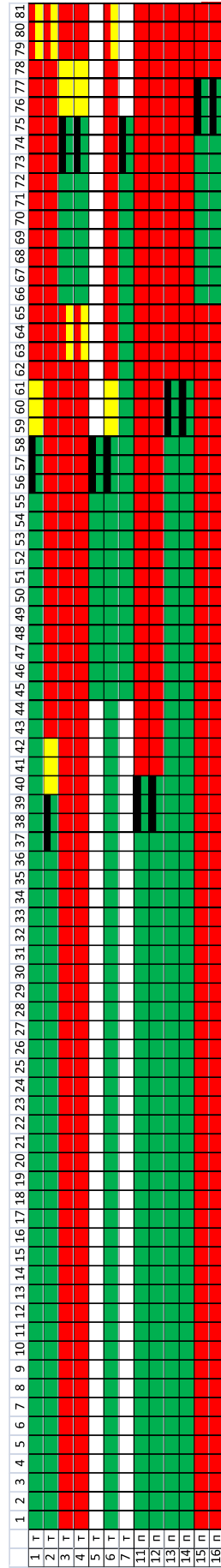


Рисунок 2.8

Затримки ТЗ на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової розраховані програмою «Цикл» та будуть використані в економічній частині роботи.

До складу АСУ ДР в містах входять: технічні засоби ОДР, матзабезпечення та персонал [12].

ТЗ АСУ ДР ділять на периферійні, центральні та зв'язок [19].

Периферійні: детектори транспорту, дорожні контролери, світлофори, сигналізація, визивні засоби, пульти ручного керування, знаки та ін.

Центральні: КОК, пульти оперативного управління, схеми, координатори, засоби зв'язку та ін [19].

Розрізняють централізовані, децентралізовані та комбіновані системи [19].

Для нашого випадку на перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової застосовуємо централізовану АСУ ДР.

До функцій АСУ ДР відносять [12]:

- локальне управління рухом;
- координоване управління;
- перерозподіл транспортних потоків;
- забезпечення пріоритетного проїзду;
- повна або часткова заборона руху;
- введення реверсивного руху;
- ліквідація передзаторових ситуацій;
- контроль дотримання швидкості;
- візуальний контроль руху та ін;

Зазвичай обирають рівень АСУ ДР достатній для цілей управління. При цьому враховують перспективність.

Найпростіша модель АСУДР 1.1. АСУ 1.2 використовують для адаптивного управління. 1.3 – для перехресть з нерівномірним завантаженням на окремих (ізолюваних) перехрестях [2].

АСУДР другого рівня використовує методи координованого регулювання. АСУ 2.1 збільшує швидкість десь на 10 відсотків та зменшує затримки на 15%. АСУДР 2.2 збільшує швидкість руху до 15% та зменшує затримки ТЗ до 20% [2].

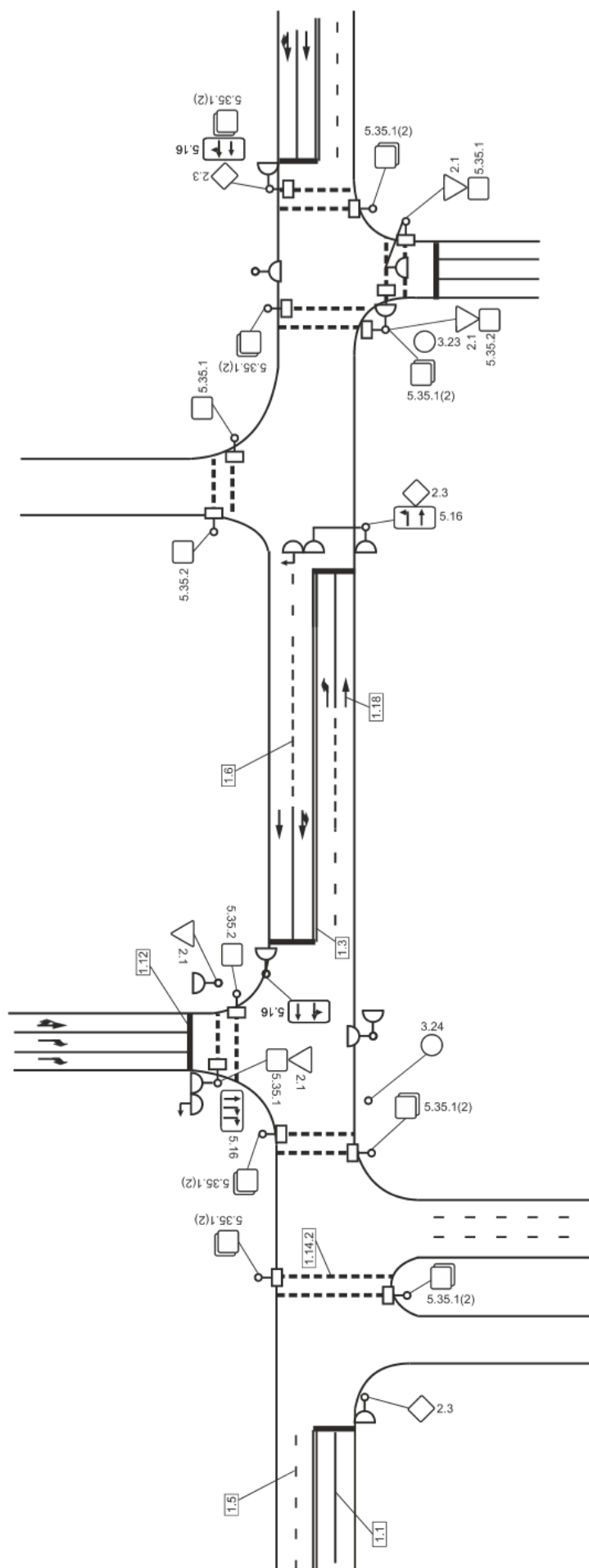
АСУДР 3 є найбільш ефективною. Дозволяє збільшити швидкості до 15% та сприяє зменшенню затримок ТЗ до 25%. Плюс зменшує кількість ДТП [2].

В роботі на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової обрано АСУД 2.2.

На перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової планується встановити контролер типу ДК01ЕКП [12].

Схема ТЗОДР на перехресті вул. Незалежної України та пл. Профспілкової наведена на рис. 2.9.

Схема розроблена дотриманням вимог [6]-[10].



Рисунко 2.9

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Капіталовкладення на технічні засоби, грн:

$$K = K_{ТЗ} + K_p, \quad (3.1)$$

де $K_{тз}$ – придбання ТЗ ОДР;

K_p – виконання робіт [19].

Для експлуатації АСУ ДР необхідно придбати два транспортні світлофори, один ДК та електрообладнання до нього, 70 м кабелю, однієї світлофорної стійки та п'яти ДЗ.

Необхідно прокласти 70 м кабелю (під землею та в повітрі), змонтувати два світлофори, демонтувати 5-ть та змонтувати 5-ть ДЗ на стійках для дорожніх знаків.

З урахуванням необхідності придбання двох транспортних світлофорів їх вартість буде, грн:

$$K_{св} = 2 \cdot 15206 = 31808.$$

Витрати на ДК і ЕО дорівнюють 124180 грн.

Витрати на кабель (довжина 70 м, вартість 1 пм. кабелю 32,4 грн/м) становитимуть, грн:

$$K_k = 70 \cdot 32,4 = 2268.$$

Вартість світлофорної стійки, грн:

$$K_{с.о.} = 1 \cdot 11400 = 11400.$$

Витрати K_3 на ДЗ наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Витрати на ДЗ

ДЗ	Вартість ДЗ, грн	Кількість знаків, од	Усього, грн
Прямокутний	1344	5	6720
Всього		5	6720

Вартість робіт з кабелем складе 22,8 та 182,4 грн./мп. Монтаж відповідно коштуватиме, грн:

$$K_{\text{пк}} = 30 \cdot 22,8 + 40 \cdot 182,4 = 7980.$$

Монтаж двох транспортних світлофорів та однієї стійки для них, грн:

$$K_c = 2 \cdot 816 + 1 \cdot 506,4 = 2138,4.$$

Монтаж/демонтаж ДЗ на стійках з урахуванням вартості монтажних робіт 174 грн, грн:

$$K_3 = 10 \cdot 174 = 1740.$$

Загальні витрати, грн:

$$K = 31808 + 124180 + 2268 + 11400 + 67200 + 2138,4 + 1740 + 7980 \\ = 188234,4.$$

Вартість експлуатації ТЗ ОДР, грн:

$$C_{\text{експл}} = C_p + C_a + C_e, \quad (3.2)$$

де C_p – витрати обслуговування та ремонт ТЗ ОДР;

C_a – амортизаційні витрати;

C_e – вартість електроенергії за кВт/год [19].

витрати обслуговування та ремонт ТЗ ОДР, грн:

$$C_p = K_6 \cdot n_p / 100, \quad (3.3)$$

де K_6 – ціна ТЗ ОДР, грн.;

n_p – відсоток на ремонт та утримання, % [19].

Амортизація, грн:

$$C_a = K_6 \cdot n_a / 100, \quad (3.4)$$

де n_a – нормативний відсоток відрахувань, % [19].

Електрична енергія вартуватиме, грн:

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot K_e \cdot S_e \cdot P_e, \quad (3.5)$$

де K_e – нормативний коеф. потужності;

S_e – ціна кВт-год.;

P_e – потужність ТЗ ОДР, кВт-год [19].

$$P_e = P_{\text{св}} n, \quad (3.6)$$

де n – кількість світлофорів на перехрестях;

$P_{\text{св}}$ – потужність світлофора.

В проєкті додатково використано два світлофори:

$$P_e = 0,015 \cdot 2 = 0,3 \text{ кВт};$$

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot 4,40 \cdot 0,30 \cdot 0,90 = 10406,88 \text{ грн.}$$

Вартість додаткової площі дорожньої розмітки обчислена та приведена в табл. 3.2-3.3.

Таблиця 3.2 – Існуючий варіант

Розмітка	Довжина, м	Ширина, м	Відсоток зафарбованої частини	Площа, м ²
1.5	30	0,15	0,33	1,5
Всього	30			1,5

Таблиця 3.3 – Проектний варіант

Розмітка	Довжина, м	Ширина, м	Відсоток зафарбованої частини	Площа, м ²
1.18	78	0,2	1	15,6
Всього	78			15,6

Витрати на розмітку для існуючого варіанту, грн:

$$C_{\text{розм.}} = 1,5 \cdot 238,2 = 357,35,$$

для проектного, грн:

$$C_{\text{розм.}} = 15,6 \cdot 238,23 = 3716,39.$$

Амортизаційні витрати, грн:

$$A = 188234,40 \cdot 0,24 = 45176,26.$$

Ремонт ТЗ ОДР, грн:

$$C_{\text{рем-тз}} = 188234,40 \cdot 0,05 = 9411,72.$$

Витрати на експлуатацію (базовий варіант), грн:

$$C_6 = 357,35.$$

Проектний варіант, грн:

$$C_{\text{пр}} = 10406,88 + 3716,39 + 45176,26 + 9411,72 = 68711,25.$$

Додаткові експлуатаційні витрати, грн:

$$E_c = 68711,25 - 357,35 = 68353,90.$$

Економія на затримках на перехрестях визначається різницею вартості тривалості затримок, грн [19]:

$$E_{\text{затр}} = C_{\text{затр.б.}} - C_{\text{затр.пр.}} \quad (3.7)$$

За даними розрахунків на ЕОМ сумарна затримка ТЗ на перехрестях 15670,56 год./рік.

Проектний варіант дозволить отримати затримку на перехрестях 13170,61 год/рік.

Економія складе, год.:

$$Z_e = Z_{\sigma} - Z_{np}, \quad (3.8)$$

де Z_{σ} – затримка за існуючим варіантом;

Z_{np} – затримка за проектним варіантом [19].

$$Z_e = 15670,56 - 13170,61 = 2499,95 \text{ год/рік.}$$

Вартість економії, грн:

$$C_{\text{ТЗ}} = \frac{Z_{\text{заг}} \cdot D_i \cdot S}{K_{\text{ЗВ}}} \quad (3.9)$$

де $Z_{\text{заг}}$ - транспортні затримки, год/рік;

D_i – відсоток в потоці ТЗ;

$K_{\text{ЗВ}}$ – коеф. зведення ТЗ до легкового автомобіля;

S – ціна маш.-год. ТЗ [19].

Втрати від затримки пасажирів, грн:

$$C_{\text{пас}} = \frac{Z_{\text{заг}} \cdot D_i \cdot \Pi \cdot K_{\text{ВПМ}} \cdot S_g}{K_{\text{ЗВ}}}, \quad (3.10)$$

де Π – місткість ТЗ;

$K_{\text{ВПМ}}$ – коеф. використання пасажиромісткості;

S_n – вартість пасаж.-год. [19].

Таблиця 3.3 – Економія на затримках

Показник	ТЗ				Усього
	легковий	вантаж-ний	автобус	мікроавт.	
Відсоток, %	90	5	2	3	
Кільк. пасажирів	4		50	18	
Коеф. використ. пасажиромісткості	0,4		0,75	0,75	
Вартість маш.-год., грн	182,59	263,87	532,46	354,97	
Вартість пасаж. год., грн	36,11	36,11	36,11	36,11	
Затримки ТЗ, год/рік	2249,96	125,00	50,00	75,00	2499,95
Затримки пасажирів, грн/рік	129993,40	0,00	67704,90	36560,64	234258,94
Вартість маш. годин, грн/рік	410819,28	32983,09	26622,47	26622,22	497047,06
Загалом, грн/рік	540812,68	32983,09	94327,36	63182,86	731306,00

Економія на затримках, грн/рік:

$$E_{\text{затр}} = 731306,00 \cdot 0,5 = 365653.$$

Умовну економію від застосування АСУ, грн:

$$E = 365653 - 68353,90 = 297299,10.$$

Строк окупності [19]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E}, \quad (3.11)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{188234,40}{297299,10} = 0,63 \text{ року.}$$

Введення проектних рішень є доцільним. Окупність капвкладень складатиме менше року. Показники наведено в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Показники проекту

Показник	Значення
Вкладення у ТЗ ОДР, грн.	188234,4
Експлуатаційні витрати на ТЗ ОДР, грн./р.	68711,25
Економія на затримках пасажирів, грн./р.	234258,94
Економія на затримках ТЗ, грн./р.	497047,06
Економія на затримках ТЗ та пішоходах, грн./р.	731306,00
Загальна економія, грн./р.	297299,10
Термін окупності проекту, років	0,63

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В роботі «Оптимізація організації дорожнього руху на перехрестях площі Профспілок та вул. Незалежності України м. Запоріжжя» проаналізовані небезпеки, які потенційно можуть підстерігати дослідника під час роботи. Запропоновані заходи по їх усуненню.

Статистичні данні на сучасному етапі розвитку технологій можливо зібрати One-line, тому дослідник може дистанційно працювати за ПК. Розглянемо небезпеки при роботі на ПК:

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції променя ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння [20];

- незадовільнене освітлення штучного та природного освітлення може призвести до зниження працездатності користувача ПК. Може з'явитися короткозорість, швидка втомленість, що приводить до травмування;

- 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 [21];

- поява підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера, впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху [20];

- підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може

спричини коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше;

- порушення мікроклімату на робочому місці, де розташований ПК. Від працюючої оргтехніки, інших приладів, температура в лабораторії підвищується, що призводить до дискомфорту оператора, до швидшої втоми [22];

- електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх. Це викликає 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 [20];

- 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 та до летальних наслідків [20].

Розроблені заходи наведені у додатку А.

ВИСНОВКИ

Робота присвячена оптимізації ОДР ТЗ на перехрестях площі Профспілок та вулиці Незалежної України міста Запоріжжя.

Робота передбачає проєктування АСУ ДР, що на ізольованому перехресті реалізує жорстке регулювання (багатопрограмне) та координацію (за двома жорсткими програмами) для різних періодів доби.

Проаналізовано статистику ДТП на перехрестях площі Профспілок та вулиці Незалежної України.

Визначено склад, виміряно та розраховано швидкості та інтенсивності руху ТЗ.

Для впровадження АСУ ДР рівнів 1.3 та 2.2 розраховано необхідні параметри.

Проведено вибір оптимальних тривалостей циклів регулювання (для координації та ізольованих перехресть), визначено оптимальну структуру циклу для перехресть, що розглядаються.

Побудовано циклограми СФР на основі виконаних розрахунків для двох режимів регулювання.

Розроблено дислокацію дорожньої розмітки, світлофорів, дорожніх знаків та склад ТЗ ОДР.

Введення проєкту оптимізації ОДР на перехрестях вул. Незалежної України та пл. Профспілкової м. Запоріжжя матиме соціально-економічний ефект, сприятиме зниженню аварійності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]/ Кременец Ю.А. - М: Транспорт, 1990. -255 с.
2. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения [Текст]/ Кременец Ю.А., Печерский МП. - М.: Транспорт, 1981. - 252 с.
3. Руководство по регулированию дорожного движения в городах. - М.: Строй-издат, 1974.-97 с.
4. ДСТУ 4158-2003. Безпека дорожнього руху. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом. Загальні вимоги. - К.: Держстандарт України..
5. ДСТУ 4157-2003. Безпека дорожнього руху. Засоби технічні периферійні автоматизовані системи керування дорожнім рухом. Типи, загальні технічні вимоги та вимоги безпеки дорожнього руху. - К.: Держстандарт України.
6. ДСТУ 4100:2014. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. - БЗ№12 2001/530 - К.: Держстандарт України.
7. ДСТУ 2587:2010. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. Правила застосування. - К.: Держстандарт України.
8. СОУ 45.2-00018112-048:2010. Безпека дорожнього руху дороги загального користування. Проект (схема) організації дорожнього руху на автомобільній дорозі. – К.: Держстандарт України.
9. Руководство по проектированию и внедрению автоматизированной системы управления дорожным движением на базе АССУД. – М.: ВНИИБДД МВД СССР, 1981. – 232 с.
10. ДСТУ 4092-2002. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки. . – К.: Держстандарт України.

11. Полищук В.П. Проектирование автоматизированной системы управления дорожным движением на автомобильных дорогах [Текст]/ Полищук В.П. – К.: УМК ВО, 1990. – 55 с.
12. Єресов В.І. Автоматизовані системи управління дорожнім рухом [Текст]/ Єресов В.І., Кулай П.П. – Полтава: Друкарня УМВСУ, 2004. – 152 с.
13. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения [Текст]/ Клинковштейн Г.И. – М.: Транспорт, 2001. – 240 с.
14. Самойлов Д.С. Организация дорожного движения [Текст]/ Самойлов Д.С., Юдин В.А., Рушевский П.В. – М.: Высшая школа, 1981. – 256 с.
15. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]/ Бабков В.Ф. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
16. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения [Текст]/ Хомяк Я.В. – К.: Высшая школа, 1986. – 271 с.
17. Капитанов В.Т. Управление транспортными потоками в городах [Текст]/ Капитанов В.Т. - М.: Транспорт, 1980. – 189 с.
18. Печерский М.П. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах [Текст]/ Печерский М.П., Хорович Б.Г. – М.: Транспорт, 1989. – 176 с.
19. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]/ Кременец Ю.А., Печерский МП., Афанасьев М.Б. - М: Академкнига, 2005. -279 с.
20. Лазуткін М. І., Журавель М. О. 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 : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС.
21. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30].

К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила).

22. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

ДОДАТОК А

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

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 [20].

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.

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».

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.

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана монітора для прискорення електронного променя [20].

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 принтера, треба винести його в інше приміщення відповідно до « Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.15-18. – На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18. – К. : Мінсоцполітики України, 2018. – 6 с. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)»

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», наведених у таблиці А.1.

Таблиця А.1 - Норми мікроклімату для приміщень з комп'ютерною технікою

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легкая –1а	22-24	40-60	0,1
	легкая – 1б	21-23	40-60	0.1
Тепла	легкая –1а	23-25	40-60	0.1
	легкая – 1б	22-24	40-60	0.2

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях з ПК повинні бути передбачені системи вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 *«Опалення, вентиляція та кондиціонування»*.

При виборі системи вентиляції, необхідно врахувати, що в приміщеннях з комп'ютерною технікою повинен бути забезпечений 3-х кратний повітрообмін за годину.

Рівні позитивних і негативних іонів в повітрі приміщень з комп'ютерною технікою повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 *«Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень»*, які наведені в таблиці А.2.

Таблиця А.2 - Рівні іонізації повітря приміщень з комп'ютерною технікою

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см^3 повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, обладнаних комп'ютерною технікою, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори [22].

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 «Результати оцінювання за бальною шкалою» (таблиця А.3).

Таблиця А.3 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн},$ бали	Клас умов праці	$X_i,$ бали
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27,5	9	23,5-26,4	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	200	10	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	95	5	80	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	190	7	290	0,57	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	63000	7	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	81	7	75	0,95		
Тривалість робочого дня, $год.$	10	10	8	0,23		

Відповідно до додатків методичних вказівок [20], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1а.

З додатків [20], відповідно до категорії робіт 1а, розряду зорових робіт Б-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовується ТНС-індекс, додаток Б [20]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 9}{9} = 3,$$

для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2:

а.) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{190 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,57;$$

б.) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{63000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

в.) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{81 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,95;$$

г.) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{знач} = 0,15$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{10 \cdot 10 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,23;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою» [22]:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [21] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $П_{вим} = 200$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [21] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $П_{вим} = 95$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [21] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [22]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,57 + 1,38 + 0,95 + 0,23 = 3,13.$$

З таблиці 7.3 [20] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,13$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

Загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 ступеню [20].

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою» [20]:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{см} = X_i = 3$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 9 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 6 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [21]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25.$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 3$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [20]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 1,25 + 3 = 8,25.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 8,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [21]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 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 дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), 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 на робочому місці дослідника належать до категорії 1а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 21,0-23,4°C;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;
- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 80 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 140 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня 6 або 7 год [22].

3. Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, на приклад [22]:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;
- для забезпечення нормованої освітленості приміщення, яка відповідає розряду зорових робіт, необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 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, відповідно до таблиці 7.4 [20], у розмірі 20%.

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії, що обладнане ПК, має площу 34 м², тому, відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

Організація перевезення підрозділів оперативно-рятувальних служб цивільного захисту.

Перевезення підрозділів ОРС ЦЗ, посадка (висадка) особового складу, завантаження (розвантаження) техніки, оснащення і матеріально-технічних засобів проводяться відповідно до організаційно-розпорядчих документів, які регламентують порядок виконання зазначених заходів на залізничному, морському (річковому) або повітряному транспорті, та із суворим дотриманням установлених вимог безпеки [22].

Особовий склад підрозділів ОРС ЦЗ на весь строк перевезення

забезпечується харчуванням і мінімально необхідними побутовими умовами з дотриманням санітарно-гігієнічних норм. Медичне забезпечення особового складу здійснюють працівники штатних пунктів охорони здоров'я підрозділів.

Зв'язок з підрозділами під час їх перевезення здійснюється з використанням штатних радіо- та мобільних засобів, а також каналів зв'язку залізничного, морського (річкового) або повітряного транспорту [20].

Марш – організоване переміщення підрозділів у колонах дорогами та обхідним шляхами з метою виходу в визначений район або на об'єкт у готовності до подальших дій.

Марш може здійснюватися колонами автомобільної, гусеничної техніки або змішаними колонами. Під час маршу гусенична техніка, а також техніка, що має малий запас ходу, може перевозитися на трейлерах в складі колон.

Марш повинен здійснюватися з максимально можливою за даних умов швидкістю.

Добовий перехід підрозділу на марші становить для автоколон до 300 км, для гусеничних та змішаних колон – до 250 кілометрів.

Середня швидкість руху техніки становить для автоколон 30-35 км/год, для гусеничних та змішаних колон – 20-25 км/год.

У гірській, лісистій та болотистій місцевостях, при несприятливих погодних умовах та обмеженій видимості довжина добового переходу може зменшуватись до 200 км, а середня швидкість руху до 15-20 км/год.

Дистанції між підрозділами можуть бути до 5 км, між колонами – 2-3 км, між машинами – 25-50 метрів. При обмеженій видимості, несприятливих погодних і складних дорожніх умовах (круті підйоми, спуски і повороти) дистанція між машинами збільшується [22].

Кількість колон та маршрутів руху до району надзвичайної ситуації визначається відповідно до типу техніки в колонах, строку їх прибуття до місця робіт та стану шляхів сполучення.

Для своєчасного і організованого початку та здійснення маршу визначаються вихідний пункт та пункти регулювання із зазначенням часу їх проходження головою колони [22].

Віддалення вихідного пункту повинно забезпечити можливість витягування колони від місця її формування.

Пункти регулювання, як правило, визначаються через 3-4 години руху.

Привали та денний (нічний) відпочинок призначаються для перевірки стану техніки, її обслуговування і дозаправки, прийняття їжі та відпочинку особового складу.

Привали призначаються через 3-4 години руху тривалістю до 1 години і один привал – у другій половині добового переходу тривалістю до 2 годин.

У кінці кожного добового переходу призначається денний (нічний) відпочинок, а під час маршу на велику відстань, за потреби, може призначатися добовий відпочинок через кожних три-п'ять добових переходів. Для привалу та відпочинку вибирається місцевість, придатна для розміщення техніки і особового складу [22].

Похідний порядок колони на марші повинен забезпечити її рух без перешкод і своєчасне прибуття на ділянки (об'єкти) виконання робіт або місця зосередження сил у найкоротші строки.

Похідний порядок колони на марші включає підрозділи забезпечення руху, головних сил, підрозділи матеріально-технічного забезпечення.

Технічне забезпечення маршу включає в себе проведення заходів з підготовки до маршу, а саме: проведення технічного обслуговування машин, заходів щодо збільшення запасу ходу та прохідності техніки, поповнення до встановлених норм матеріальних запасів, підготовка пересувних засобів технічного обслуговування, ремонту та евакуації, підготовка водіїв та спеціалістів підрозділу технічного забезпечення [22].

Для надання допомоги водіям (екіпажам) у ремонті або евакуації техніки, що вийшла з ладу в ході маршу, а також заправки паливом техніки організовується технічне замикання колон, до складу якого входять пересувні

засоби технічного обслуговування та ремонту, тягачі для евакуації, машини з технічним майном і паливом.

Під час руху через мости та залізничні переїзди вживаються додаткові заходи безпеки руху, у тому числі виставляються на небезпечних ділянках тягачі для негайної евакуації машин у випадку їх зупинки [22].

На привалах похідний порядок колони не порушується та зберігаються встановлені для маршу дистанції між підрозділами, машини зупиняються на правому узбіччі дороги не ближче 10 метрів одна від одної або на дистанції, встановленій старшим колони (керівником органу управління, підрозділу).

У районах відпочинку підрозділи розташовуються поза шляхами у визначених місцях і порядку, що забезпечує найменшу втрату часу на формування колон.

Поповнення матеріальних запасів, заправка машин паливом під час маршу здійснюються, як правило, в місцях привалів (районах відпочинку), при цьому паливо та інші засоби можуть підвозитися до них завчасно [22].

З метою забезпечення безперервності здійснення маршу в негоду на важкопрохідні ділянки маршрутів виділяються тягачі та вживаються інші заходи щодо підвищення прохідності машин. Для надання допомоги машинам, що застрягли, по кожній колоні розподіляються машини підвищеної прохідності [22].

В розділі дипломного проектування розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника. Розроблені заходи по їх усуненню. Розроблені заходи по протипожежній безпеці. Розглянуті заходи з цивільного захисту.