

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, транспортний факультет
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра транспортних технологій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ СВІТЛОФОРНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ БУЛ. ВІНТЕРА ТА
БУЛ. ГРЕБЕЛЬНОЇ М. ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Т-318м

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

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

	<u>Заїка С.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Грицай С.В.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Дударенко О.В.</u> (прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний інститут, транспортний факультет

Кафедра транспортних технологій

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 транспортних технологій

проф. С.М. Турпак

«07» жовтня 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Заїки Сергія Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оптимізація режиму світлофорного регулювання на перехресті бул. Вінтера та вул. Гребельної м. Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) Грицай Сергій Васильович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» листопада 2019 року №389

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 29.11.2019 р.

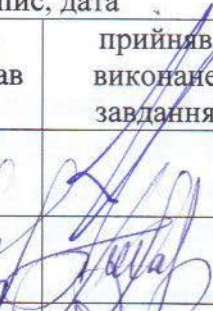
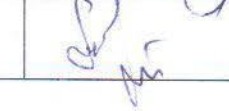
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично - дорожня мережа; існуючі інтенсивності руху; базові режим регулювання дорожнім рухом; статистика дорожньо-транспортних пригод.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 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.

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

1 Схема вулично-дорожньої мережі; 2 Аналіз ДТП; 3 Картограма інтенсивностей ТП в піковий період; 4 Картограми інтенсивностей ТП в міжпіковий період; 5 Швидкості руху ТП; 6 Склад транспортних потоків; 7 Схема ТЗ ОДР на перехресті; 8 Багатопрограмне регулювання на перехресті; 9 Циклограми СФР; 10 Алгоритм пошуку розривів в транспортному потоці; 11 Схеми пофазового розїзду та розміщення ТП; 12 Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Основна частина	Грицай С.В.		
Економічна частина	Харченко Т.В.		
Охорона праці	Лазуткін М.І.		

7. Дата видачі завдання «07» жовтня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Аналітична частина	07.10-18.10	
2.	Основна частина	21.10-04.11	
3.	Економічна частина	05.11-15.11	
4.	Охорона праці	18.11-22.11	
5.	Оформлення МР	25.11-29.11	
6.	Отримання зовнішніх рецензій	02.12-09.12	

Студент(ка)


(підпис)С.В. Заїка
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)С.В. Грицай
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 94 с., 12 табл., 3 рис., 16 джерел.

Мета роботи – удосконалення організації дорожнього руху транспортних потоків в м. Запоріжжі.

Об'єкт дослідження – вулично-дорожня мережа, транспортні потоки на перехресті вул. Гребельна – бул. Вінтера.

Методи дослідження – аналітичний, графоаналітичний.

Розроблена автоматизована система управління дорожнім рухом на перехресті та обґрунтована доцільність введення запроєктованої АСУД 1.2 та 1.3.

В роботі запропоновані заходи з підвищення безпеки руху транспортних засобів, зниження транспортних затримок та витрат часу на цій ділянці.

Запропонована схема ОДР на перехресті дозволить знизити кількість ДТП. Впровадження багатопрограмного та адаптивного регулювання є економічно доцільним.

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

ЗМІСТ

Завдання на роботу	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Загальна характеристика району проектування	8
1.2 Характеристика вулично-дорожньої мережі	14
1.3 Дослідження інтенсивності руху	17
1.4 Дослідження швидкості руху транспортних засобів	23
1.5 Аналіз дорожньо-транспортних пригод.....	25
1.6 Огляд науково-технічної інформації	30
1.7 Аналіз недоліків та постановка задач в роботі	35
2 Основна частина	36
2.1 Визначення розрахункової швидкості	36
2.2 Визначення елементів світлофорного циклу.....	38
2.2.1 Організація пофазного роз'їзду транспортних засобів	38
2.2.2 Визначення потоків насичення	45
2.2.3 Розрахунок додаткових тактів.....	50
2.2.4 Визначення циклу регулювання.....	52
2.3 Багатопрограмне регулювання на ізольованому перехресті	56
2.4 Адаптивне регулювання на ізольованому перехресті.....	59
2.5 Розробка структури та вибір технічних засобів АСУ ДР.....	64
3 Економічна частина	71
3.1 Розрахунок капітальних витрат	71
3.2 Розрахунок поточних витрат	73
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	75
3.4 Розрахунок економічної ефективності роботи	78

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	79
4.1 Аналіз потенційних небезпек	79
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	80
4.3 Заходи по забезпеченню санітарії та гігієни праці.....	81
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	84
4.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	88
Висновки	92
Перелік посилань.....	93

ВСТУП

Основні заходи щодо підвищення безпеки руху при організації дорожнього руху це: використання додаткових технічних засобів організації дорожнього руху, підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі на маршрутах, інженерно-планувальні заходи, заходи з підвищення рівня маршрутного орієнтування та інші [1].

Основною метою проектування режиму світлофорного регулювання на ізольованому перехресті є знаходження оптимальної тривалості циклу та всіх основних і додаткових тактів.

Вихідними даними для цього розрахунку є кількість фаз регулювання, схема організації руху в кожній фазі, геометричні параметри перехрестя, інтенсивність руху в кожному з напрямків.

Для різних систем регулювання на перший план можна поставити наступні показники: кількість та тяжкість ДТП; пропускна спроможність дороги; величина транспортної затримки; довжина черги перед перехрестям; час виконання поїздки; рівень шуму; швидкість руху [2].

Загалом, приймаючи до уваги задачі світлофорного регулювання, показники ефективності регулювання повинні відображати продуктивність транспортного процесу та безпеки руху.

Основною задачею світлофорного регулювання є забезпечення оптимальної та безпечної швидкості руху на всій довжині заданої ділянки, а також організація руху автомобілів з мінімальними затримками на перехрестях [1].

Доцільність введення світлофорного регулювання визначається шляхом порівняння витрат при різних режимах регулювання.

Зазначеним вище заходам удосконалення організації дорожнього руху з впровадженням автоматизованої системи управління дорожнім рухом і присвячений даний дипломний проект.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика району проєктування

Місто Запоріжжя – обласний центр, населення якого складає у 815256 осіб. До складу великого промислового та індустріального центру входять 7 районів: Орджонікідзевський, Шевченківський, Ленінський, Хортицький, Жовтневий, Заводський та Комунарський. Місто витягнуто вздовж ріки Дніпро та розташоване на двох її берегах. Береги поєднані мостовим переходами через острів Хортиця та шляхопроводом по греблі Запорізької ДГЕС.

Ведучі галузі промисловості Запоріжжя - чорна та кольорова металургія, машинобудування та металообробка, електроенергетика.

Потужні заводи чорної металургії, такі як „Запоріжсталь” та електрометалургійний „Дніпроспецсталь” виплавляють чавун та всі різновиди високоякісної сталі, виробляють сталевий аркуш, інші різновиди прокату. До цієї ж галузі відносяться завод феросплавів та завод вогнетривких глин.

У Запоріжжі знаходиться також виробництво кольорових металів: Дніпровський алюмінієвий завод, Запорізький титаномagneзійовий комбінат та ін.

Машинобудування та металообробка представлені найбільшими в країні виробництвами : „Запоріжтрансформатор”, „ЗАЗ - ДЕО”, Запорізький абразивний комбінат, „Мотор Січ” та ін.

Серед галузей легкої промисловості виділяються швачна та обувна, харчової - м'ясна, молочна, мукомельна, маслорізно-жирова. Запоріжжя - залізничний вузол та річний порт.

Геополітичне і природно-географічне положення м. Запоріжжя, наявність натуральних ресурсів і м'який клімат, розгалужена мережа залізниць та автодоріг, водні та повітряні шляхи сполучення з навколишнім

світом додають впевненості в подальшому розвитку міста в економічному, промисловому й рекреаційному напрямках.

В Жовтневому районі налічується 62 вулиці, 11 провулків, 3 майдани; територія району перетинається центральною вулицею міста – проспектом Леніна. Згідно технічної характеристики району кількість шляхів становить 83 одиниці або 85,7 га; довжина мережі освітлення - 126226 м; довжина водопроводу - 160 км. Загальна площа району 11,2 км².

Основними галузями господарства Жовтневого району є: торгівля, банківська справа; машинобудування і транспорт; зв'язок; легка промисловість; виробництво і розподілення води та теплоенергії; будівництво; операції з нерухомістю; юридичні послуги, освіта, видавнича справа; діяльність у сфері інформатизації, культури і відпочинку, тощо.

Кількість населення станом на 01.01.2009 – 72441 осіб.

Загальна площа Заводського району складає 56 км², населення 55 тис.чол. Станом на 01.01.2009 в районі нараховується підприємств усіх форм власності – 1376, на них працює близько 53,7 тис. чоловік. Приватних підприємців налічується 3589 осіб.

Загальна площа вулиць і провулків району понад 1,1 млн.кв.м, з них 0,94 млн.кв.м з асфальто-бетонним покриттям. Загальна довжина доріг складає 285,6 км, автомобільних – 177,3 км. Довжина вулиць, що мають зовнішнє освітлення - 220,5 км. Водопровідна мережа становить – 335 км, каналізаційна – 72 км, вулична теплова мережа - понад 44 км. Довжина газопроводу високого тиску складає 48 км.

Телефонізацію району здійснюють ВАТ „Укртелеком” (бул. Гвардійський, 114), ТОВ „Люза” (пр. Леніна, 81), ТК „Оптіма Телеком” та ВАТ „Світ” (вул. Гаврилова, 14, вул. Перемоги, 61). В районі налічується 145 вулиць, 35 провулків, житловий фонд складає 1279,2 тис.кв.м.

Загальна площа Комунарського району - 61 кв. км. На території району розташовано 20 базових підприємств: спільне підприємство ЗАТ "ЗАЗ", ДП

"Радіоприлад", відкриті акціонерні товариства "Запорізький механічний завод", "Запорізький завод гумовотехнічних виробів", "Запоріжприлад", "Дослідно-експериментальний механічний завод", закриті акціонерні товариства "Завод агротехнічних машин", СП УКП "Таврія – Магна", ТОВ НВФ „МІДА, лтд”, виробниче підприємство "Неон" УТОГ та учбово-виробниче підприємство УТОС. На підприємствах району виробляються різноманітні товари, у їх числі – легкові автомобілі, взуття, засоби зв'язку, запасні частини для залізничного транспорту, сільгоспмашини, пилоочисні установки, продукти харчування, вироби з дерева, гуми, пластмаси, автомобільне скло та інші.

Загальна кількість вулиць у Комунарському районі – 205 (усі знаходяться на балансі в управлінні економіки та житлово-комунального господарства районної адміністрації). Протяжність доріг – 110 км. Довжина водогінних мереж – 240 км. Довжина мереж зовнішнього освітлення – 217,71 км.

Площа Ленінського району становить 49,67 квадратних кілометрів. Населення району – становить 143,3 тис. осіб (станом на 01.10.2008 року).

На території району всього розташовано 2600 промислових підприємств та організацій. З них:

- великих підприємств, або прирівняних до них – 278;
- приватних малих (економічно активних) підприємств - 2322.
- 14 банківських установ;
- 50 лікувальних закладів;
- 56 установ освіти.

Важливою ознакою району є збереження промислового потенціалу. За останні роки визначається позитивна динаміка у виробничій сфері. Гордістю Ленінського району і всієї України є ВАТ «Запоріжтрансформатор». Сьогодні це підприємство вважається лідером у своїй галузі. 80% всіх трансформаторів для країн СНД виготовляються на ВАТ «Запоріжтрансформатор». 30 атомних станцій та 75% теплових і

гідроелектростанцій країн співдружності використовують трансформатори запорізького гатунку. За час свого існування ВАТ «Запоріжтрансформатор» поставляє свою продукцію у 82 країни світу.

В Ленінському районі є значна кількість історико-культурних національних пам'яток та пам'ятників. Саме на території району знаходяться основні пам'ятки доби раннього слов'янства, антів, Київської Русі, тут знаходиться колиска козацтва, пам'ятки XVIII століття. Перша фортеця, побудована у XVI столітті українським князем Дмитром Вишневецьким, знаходилась на території сучасного острова Леніна, це була перша твердиня на Україні і там, за багатьма історичними фактами, розміщалась перша Запорізька Січ. Це унікальна природна і козацька реліквія—700-річний Запорізький дуб, поряд з яким здійснено реконструкцію туристичного комплексу. Це і легендарний ДніпроГЕС, це і Меморіал солдатської слави «Скорботна мати», де увічнено пам'ять понад 1600 загиблих бійців—визволителів м. Запоріжжя від німецько-фашистських загарбників у жовтні 1943 року.

На території району розташовано:

- 9 установ культури;
- Запорізька обласна філармонія;
- Міський палац юнацької та дитячої творчості;
- Центр дитячої та юнацької творчості Ленінського району;
- музичні школи № 3 і № 5;
- Палац культури «Металургів» ВАТ «Запоріжсталь», палац культури ім.

Кірова ВАТ «ЗалК», палац культури ВАТ «Запоріжтрансформатор», палац культури «Енергетиків» ВАТ «Запоріжжяобленерго».

Працює 10 бібліотек з загальним фондом 220 тис. книг, обсяг читачів яких складає 33500 осіб.

Для відпочинку в районі існує 22 сквери та парки. Це і сквер на площі Леніна, парки Металургів та Енергетиків. Реконструйовано сквери по

бульвару Вінтера, вулицях Товариській, Ладозькій, Комінтерну, Кремлівській тощо.

З метою організації відпочинку дітей в районі функціонує 10 дитячо – юнацьких клубів, спортивні та дитячі майданчики у парку по вулиці Кремлівській, у Осипенківському та Бородінському мікрорайонах. Для занять фізичною культурою та спортом в районі є 19 спортивних установ: 5 спортивних клубів, 2 школи олімпійського резерву, яхтклуб, дитячо-юнацька спортивна школа з більярдного спорту, дитячо-юнацький оздоровчо–сімейний комплекс «Дозвілля – Центр», стадіон «Арена «Славутич».

Громадська організація волейбольний клуб «ЗДІА» є неодноразовим учасником та переможцем Всеукраїнських чемпіонатів з волейболу «Гандбольний клуб « ZTR » ВАТ « Запоріжтрансформатор» має титул однієї з найсильніших команд України.

Загальна площа Орджонікідзевського району складає 50,78 кв.км.: 62 вулиці, 12 провулків, 3 бульвари (Центральний, Гвардійський, Шевченка), 2 проспекти (Леніна – в межах району, Маяковського), 5 площ (Профспілок, Фестивальна, Жовтнева, Маяковського та Поляка), Набережна магістраль в межах району, 5 парків площею 38,3 га та 11 скверів площею 15,0 га, 3 алеї.

Промисловий потенціал району представляють 48 промислових підприємств різних галузей, що складає 24% від загальної кількості промислових підприємств м. Запоріжжя.

Аналізуючи роботу промислового комплексу слід відмітити, що 22 підприємства або 47,8% звітуючи, збільшили обсяги виробництва. В цілому за 2008 рік темп росту обсягу виробництва промислової продукції склав 97,4% у порівнянні до відповідного періоду 2007 року.

На економіко-визначальних підприємствах району обсяги виробництва продукції склали:

- ВАТ «Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат» - 98,3%;
- ВАТ «Український графіт» - 98,6%.

Загальна площа Хортицького району - 18,81 квадратних кілометрів. Хортицький район є самим молодим районом м. Запоріжжя. Головними ознаками якого є відновлення економічного потенціалу та динамічне зростання інфраструктури району. Крім того, Хортицький район протягом багатьох років залишається одним із самих екологічно чистих районів міста, який з кожним роком стає все більш привабливим для забудовників житла. А у найближчому майбутньому, з введенням в дію нових мостів, для району відкриються нові перспективи для економічного росту та культурного розвитку.

Найбільшою мірою соціально-економічний стан району визначають такі галузі народного господарства як: харчова промисловість, машинобудівна промисловість, хімічна та нафтохімічна промисловість, виробництво електричного, електронного та оптичного устаткування, у меншій мірі – легка промисловість та будівництво. Кількість постійного населення – 122,4 тис. осіб.(дані по результатам Всеукраїнського перепису 2001р.)

Загальна площа Шевченківського району складає 98,0 кв. км. Транспортна інфраструктура району складається з:

- 48 автомобільних маршрутів;
- 4 трамвайних маршрутів.

Загальна кількість працюючих підприємств у районі 1295. Основний обсяг виробництва промислової продукції забезпечують 19 економіко-визначальних підприємств, в тому числі: ВАТ «Мотор-Січ», КП «Науково-виробничий комплекс «Іскра», ВАТ «Запорізький абразивний комбінат», ЗАТ «Запорізький оліяжиркомбінат», ДП «Запорізький державний авіаційний завод «МіГремонтр», ДП «ЗМКБ «Прогрес» імені академіка О.Г.Івченка, ВАТ «Запорізький хлібозавод №3», ВАТ «Запорізький Втормет», ВАТ «Запорізький автогенний завод», ТОВ «Мокрянський кам'яний кар'єр №3», ТОВ «Айс-Запоріжжя», ЗАТ «Запорізький завод залізобетонних шпал», ТОВ «КП Запорізький завод залізобетонних виробів», ЗАТ «Промвибух»,

ВАТ «Запорізький шиноремонтний завод», ЗАТ «Блоки», ЗАТ «Івеко Мотор Січ», ВАТ «Запорізький сталеливарний завод», ДП «Міжнародний аеропорт «Запоріжжя».

Загальна площа асфальтобетонного покритті шляхів складає 1062924 кв.м.; твердого покриття – 887712 кв.м.

Довжина електромережі «Запоріжміськсвітло» складає: 172,09 км повітряних ліній, 219,451 кабельних ліній.

В районі налічується 351 вулиц та 116 провулків, житловий фонд району складає 1637,7 тис.кв.м.; а саме: 566 будинків комунальної власності, 51 - житлово-будівельних кооперативів, 16,5 тис. – приватного сектору, 9 - спілки співвласників будинку.

Кількість загальноосвітніх навчально-виховних закладів – 31, у тому числі загальноосвітніх шкіл та шкіл-комплексів – 28, шкіл естетично-музичного виховання – 3.

Кількість наявного населення Шевченківського району станом на 5 грудня 2001 року за уточненими даними Всеукраїнського перепису населення становить всього – 159703 особи.

1.2 Характеристика вулично-дорожньої мережі

Для найефективнішого поліпшення організації дорожнього руху потрібно не тільки ремонтувати дороги, а й цілеспрямовано вдосконалювати дорожньо-транспортні умови на основі комплексного підходу залежно від стану автомобільної дороги або її окремих елементів. В останні роки спостерігається значний недоремонт доріг через нестачу коштів, що наглядно видно на даній ділянці вулично-дорожній мережі.

Збільшення кількісного складу автомобільного парку та зростання вантажопідйомності і швидкості руху автомобілів спричиняють потребу поліпшення дорожніх умов значної частини автомобільних доріг [1].

Слід зазначити, що нині в експлуатації знаходиться ще багато автомобільних доріг, збудованих за старими нормативними документами, тому необхідно встановити придатність тих чи інших ділянок доріг для безпечного руху. Крім того, є похибки й відхилення розмірів геометричних елементів, допущені під час будівництва автомобільних доріг, які впродовж їх експлуатації значно збільшуються.

Одним із таких елементів є ширина проїзної частини.

Фактична ширина збудованих і особливо відремонтованих доріг істотно різняться від проєктних розмірів і ці відхилення перевищують допустимі значення.

Є також відхилення фактичних поперечних похилів проїзної частини від проєктних. Мають місце несиметричні похили. Зменшення похилів або їх відсутність призводить до застою води біля дороги, спричинює руйнування земляного полотна і дорожнього покриття.

Трапляються нерівності покриття, що утворилися під час влаштування дорожнього одягу, які в процесі експлуатації збільшуються як під впливом поштовхів коліс автомобілів, так і внаслідок нерівномірного зволоження земляного полотна й основи [1].

Фактичний стан покриття з погляду забезпечення їх рівності у багатьох випадках є незадовільним, оскільки нерівності перевищують допустимі норми.

Неприпустимою є наявність на проїзних частинах доріг вибоїн та інших пошкоджень.

Як відомо, від ширини проїзної частини, її рівності, поздовжніх і поперечних похилів залежить швидкість руху, й отже, пропускна здатність автомобільних доріг [1].

Стан покриття, а також геометричні елементи істотно впливають на безпеку руху. Нерівності на покритті можуть стати причиною дорожньо-транспортних пригод.

На вулично-дорожньої мережі, що розглядається у даній роботі, стан покриття на деяких ділянках не задовольняє нормам.

Як показують дослідження, дуже часто фактична вісь дороги на кривих не збігається з проєктною. Замість колових та плавних перехідних кривих мають місце ламані лінії [1].

У разі руйнування крайки проїзної частини на дорогах з удосконаленим покриттям її ефективна ширина через це зменшується, що також є причиною зменшення швидкості руху [2].

Порушення в дотриманні проєктних розмірів геометричних елементів погіршує естетичний вигляд дороги.

Розглянемо особливості організації дорожнього руху на ділянці вулично-дорожньої мережі, де планується зміна режиму регулювання.

В роботі вибрано наступну ділянку вулично-дорожньої мережі – перехрестя вул. Плотинної та бул. Вінтера (лист №1).

На цій ділянці дорога має по одній та по дві смуги руху в кожному з напрямів.

Ширина смуги руху від 3.5м до 3.75м.

На перетині світлофорна сигналізація працює за однією програмою в режимі жорсткого регулювання.

Вибір організації дорожнього руху залежить від інтенсивності конфліктуючих потоків та кількості смуг руху перед перехрестям.

На перехресті, через яке проходять інтенсивні транспортні потоки, велика кількість смуг руху в різних напрямках, тому тут велика кількість конфліктних точок всіх видів.

Конфліктні точки – це місця, де спостерігається специфічний вплив учасників дорожнього руху один від одного [3].

Вплив потенційних конфліктних точок та послідовна їх ліквідація або зниження ступеню небезпеки дозволяє збільшити безпеку умов руху не чекаючи виникнення дорожньо-транспортної події. Для перетинів характерно

розподіл потоків по різних напрямам, а також, злиття або перетин траєкторій руху.

Розділяють наступні типи конфліктних точок [1]:

- точки відхилення;
- точки злиття;
- точки перетину.

Конфліктні точки – це місця вулично-дорожньої мережі, де виконується взаємодія потоків.

Характерною особливістю кожної конфліктної точки є не тільки потенційна небезпека зіткнення транспортних засобів, які рухаються по конфліктним напрямкам, але і ймовірність затримки транспортних засобів.

Зупинка міського транспорту по бул. Вінтера не обладнана «кишенею», що обумовлює затримки транспортних засобів перед нею.

1.3 Дослідження інтенсивності руху

Розробка заходів щодо організації дорожнього руху можлива лише при інформації про характері транспортних і пішохідних потоків й умовах, у яких відбувається рух.

На основі досліджень дорожнього руху й практики його організації вироблені численні критерії для його опису, однак дотепер ще немає загальновизнаного єдиного комплексу характеристик. Більше того, у зв'язку із численними теоретичними й експериментальними дослідженнями постійно пропонуються нові показники для формування інформації з окремих аспектів дорожнього руху, що, зокрема пов'язане з удосконалюванням методів вивчення дорожнього руху [3].

При розгляді показників дорожнього руху варто виділити ті з їх, які є первинними. До них варто віднести показники, обумовлені потребами в

перевезеннях пасажирів і вантажів, а також у пішохідних сполученнях. На відміну від них всі інші показники є вторинними або похідними, тому що смороду відбивають не споживи народного господарства й населення в транспортному повідомленні й пересуванні, а фактично умови дорожнього руху [3].

До первинних показників відносяться сумарна інтенсивність руху транспортних засобів і пішоходів за відносно тривалий відрізок години та склад транспортного потоку, називають цей показник обсягом руху. Саме цей показник визначається розмірами здійснюваних по тому або іншому напрямку автомобільних перевезень [3].

Всі інші показники можна вважати похідними, тому що смороду будуть в основному визначатися цим первинним параметром і сукупністю умов дорожнього руху.

До найчастішого застосовування для характеристики дорожнього руху показникам відносяться: інтенсивність руху; склад транспортного потоку; щільність потоку транспортних засобів; швидкість руху; тривалість затримок руху [3].

Інтенсивність руху N_a — це кількість транспортних засобів, що проходять через перетин дороги за одиницю години. Як розрахунковий період години для визначення інтенсивності руху приймають рік, місяць, добу, час та більш короткі проміжки години (хвилини, секунди) залежно від поставленого завдання спостереження [1].

На автомобільних дорогах можна виділити окремі ділянки й зони, де рух досягає максимальних розмірів, у тієї година як на інших ділянках він у кілька разів менший. Така просторова нерівномірність показує насамперед нерівномірність розміщення вантаж та пасажирів утворюючих пунктів та їхнього функціонування.

Найважливіше значення в проблемі організації руху має нерівномірність руху протягом долі, місяця, доби й навіть години [4].

Назва години пік є умовним і викликано лише тим, що час є основною одиницею виміру години.

Тривалість найбільшої інтенсивності руху може бути відповідно більше й менше години.

Тому найбільш точним буде поняття піковий період, під яким мають на увазі тривалість години, протягом якого інтенсивність, обмірювана по малих відрізках години (наприклад, по п'ятихвилинним або п'ятнадцятихвилинним спостереженням), значно перевищує середню інтенсивність періоду найбільш жвавого руху [3].

Для характеристики просторової нерівномірності транспортного або пішохідного потоку можуть бути також визначені відповідні коефіцієнти нерівномірності по окремих ділянках дорожньої мережі [5].

Найбільш часто інтенсивність руху транспортних засобів і пішоходів у практиці організації руху характеризують її годинним значенням.

При цьому найбільше значення має показник інтенсивності в годинники пік, тому що саме в цей період виникають найбільш складні завдання організації руху. Необхідно, однак, мати на увазі, що інтенсивність у годинники пік у різні дні тижня, місяця й долі може мати неоднакове значення [3].

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням у ньому транспортних засобів різного роду. Склад транспортного потоку значно впливає на всі параметри, що характеризують дорожній рух. Разом з тим склад потоку звичайно відбиває загальний склад парку автомобілів у країні, області, місті.

Так, на дорогах України переважає кількість легкових автомобілів, які становлять понад 70% від загальної чисельності парку [3].

У зв'язку з різким збільшенням виробництва легкових автомобілів їхня частка істотно зростає в дорожньому русі.

В залежності від переваги в потоці того чи іншого типу транспортного засобу умовно ТП відносять до однієї з трьох груп [3]:

- 1) змішаний потік (30 - 70 % легкових автомобілів, 70 - 30 % вантажних автомобілів);
- 2) переважно вантажний (> 70 % вантажних автомобілів);
- 3) переважно легковий (> 70 % легкових автомобілів).

Також, при русі в транспортному потоці важлива не тільки різниця в статичному габариті, але також у динамічному габариті довжини автомобіля, що залежить в основному від часу реакції водія й гальмової динаміки транспортних засобів.

Під динамічним габаритом мається на увазі відрізок смуги дороги, мінімально необхідний для безпеки руху автомобіля із заданою швидкістю, довжина якого включає довжину автомобіля й дистанцію, що називається дистанцією безпеки [3].

Для того щоб урахувати у фактичному складі транспортного потоку вплив різних типів транспортних засобів, застосовують коефіцієнти приведення $K_{пр}$ до умовного легкового автомобіля, обумовлені при порівнянні їхніх динамічних габаритів.

Для зведення інтенсивностей до легкових автомобілів використовуються зазначені у ДБН коефіцієнти зведення (таблиця 1.1).

Щільність транспортного потоку є просторовою характеристикою, що визначає ступінь скрутності руху (завантаження смуги дороги). Її вимірюють кількістю транспортних засобів, що доводяться на 1 км довжині смуги дороги. Гранична щільність може спостерігатися при нерухомому стані колони автомобілів, розташованих впритул друг до друга на смузі дороги.

Для сучасних легкових автомобілів така гранична величина становить близько 200 авт/км. Природно, що при такій щільності рух неможливо навіть при автоматичному керуванні автомобілями, тому що відсутня дистанція безпеки. Тому зазначена величина щільності потоку має чисто теоретичне значення [2].

Таблиця 1.1 - Коефіцієнти приведення транспортних засобів.

Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення
мотоцикл без коляски та мопед	0,5
мотоцикл з коляскою	0,75
легковий автомобіль	1,0
вантажний, вантажопідйомністю, т:	
до 2	1,5
від 2 до 6	2,0
від 6 до 8	2,5
від 8 до 14	3,0
понад 14	3,5
автопоїзд вантажопідйомністю, т:	
до 12	3,5
від 12 до 20	4,0
від 20 до 30	5,0
понад 30	6,0
колісний трактор з причепом	
вантажопідйомністю, т:	
до 10	2,5
понад 10	3,5
автобуси	3,0
автобус зчеплений (здвоєний)	5,0

При використанні показника щільності потоку необхідно враховувати коефіцієнт приведення для різних типів транспортних засобів, тому що в противному випадку результати порівняння щільності транспортного потоку для різного за складом можуть привести до непорівнянних результатів.

Чим менша щільність потоку на смузі дороги, тим вільніше собі почувають водії, тим вища швидкість руху, що смороду розвивають. Навпаки, у міру підвищення щільності транспортного потоку, тобто скрутності руху, від водіїв потрібне підвищення уважності, точності дій, а отже, і психічної напруги. Одночасно збільшується ймовірність ДТП у випадку помилки, допущеної одним з водіїв, або відмови механізмів автомобіля [3].

На вибраній ділянці вулично-дорожньої мережі необхідно дослідити інтенсивність руху транспортних та пішохідних потоків.

Інтенсивність руху не є постійною як за часом так і у просторі. Найбільша інтенсивність має місце в так звані часи-пік.

В нашому випадку використовуємо натуральні дослідження інтенсивності.

Натуральні дослідження – це фіксація конкретних умов та показників за визначений період часу. Натуральні дослідження є єдиним способом, який дозволяє отримати достовірну інформацію о стані доріг та дозволяє дати точну характеристику існуючого транспортного потоку [5].

Отже необхідно дослідити інтенсивність на кожному перехресті заданої ділянки. Визначаємо години для час-піків: ранок 8:00 – 9:00; вечір 17:00 – 18:00 та міжпік 13.00 – 14.00.

Вимірювання проводимо по кожній годині для кожного напрямку. Всі дані заносимо до карток, де вказані напрямки руху для кожного напрямку.

Інтенсивності рахуються та заносяться до карточок за кожний окремий цикл регулювання [3].

Також враховується склад транспортного потоку, напрям, місце дослідження, час та дата дослідження.

Розглянемо характеристики транспортних потоків, що рухаються означеною ділянкою вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Серед них виділяємо інтенсивність руху та склад транспортного потоку.

Характеристика складу транспортного потоку на означеній ділянці наведена на слайді №6 графічної частини проекту.

На базі отриманих даних будуємо картограми інтенсивностей транспортного потоку (дивись слайд №3 та слайд №4 графічної частини).

При побудові картограми інтенсивностей необхідно виходити з умови нерозривності транспортного потоку на перехрестях.

Баланс досягається за рахунок розподілення інтенсивностей на перехрестях на рух прямо, ліво- і правоповоротні маневри.

1.4 Дослідження швидкості руху транспортних засобів

З метою виявлення реального значення швидкості координованого регулювання було проведено дослідження швидкості руху методом рухомої лабораторії з використанням радарного вимірювача швидкості.

Заміри проводилися в міжпіковий період середи під час роботи світлофорних об'єктів в режимі миготіння жовтого сигналу, що, враховуючи ставлення водіїв до пропуску пішоходів на нерегульованих перехрестях, можна вважати режимом вільного руху.

Як було зазначено вище, маршрутний транспорт, зупиняючись майже на кожному кварталі, об'єктивно не може потрапити до стрічки часу, для нього важлива лише доля зеленого сигналу у циклі регулювання, тобто затримки громадського транспорту відповідають затримкам на ізольованих перехрестях.

Вибірку досліджених значень інтенсивності транспортних потоків на підходах до перехрестя вміщено в табл. 1.3.

Як зазначено у [5], швидкість руху на перегонах магістралі описується нормальним законом розподілу ймовірностей.

Після обробки за допомогою статистичних функцій програми Statistica отримано де $\bar{V} = 49,8$ км/год, $\sigma_V = 6,19$ км/год.

Відповідно до цих значень швидкість 85%-го забезпечення дорівнює 56 км/год (слайд №5).

Таблиця 1.3 – Результати вимірювання швидкості, км/год

№ вимірювання	Результат	№ вимірювання	Результат	№ вимірювання	Результат
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	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	40	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	50	77	59
18	43	48	50	78	59
19	43	49	51	79	59
20	43	50	51	80	59
21	44	51	51	81	59
22	44	52	51	82	60
23	44	53	52	83	60
24	45	54	52	84	60
25	45	55	52	85	60
26	45	56	52	86	62
27	45	57	53	87	62
28	46	58	53	88	62
29	46	59	53	89	64
30	46	60	53	90	65

1.5 Аналіз дорожньо-транспортних пригод

В останні роки на дорогах України щорічно виникають десятки тисяч автомобільних аварій і катастроф.

Для автомобільного транспорту характерна велика гнучкість у задоволенні попиту на перевезення вантажів різного типу й обсягу, на зміну маршрутів руху й пунктів доставки, на забезпечення пасажирських перевезень. Завдяки цим якостям автомобільний транспорт грає все більшу роль у розвитку економіки всіх країн [3].

Ріст обсягу перевезень вантажів і пасажирів автомобілями й автобусами відбувається більш швидкими темпами від одного до іншого пункту, чим на інших видах транспорту.

Однак поряд з позитивною роллю, що автомобільний транспорт грає в розвитку економіки, існують і негативні фактори, пов'язані із процесом автомобілізації. Сюди відносяться забруднення навколишнього середовища, містобудівні проблеми, пов'язані з виділенням міських просторів для руху й стоянки транспортних засобів, ріст дефіциту нафтопродуктів та ін. До числа найбільш негативних факторів процесу автомобілізації відносяться дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) і їхнього наслідку, що характеризуються загибеллю й пораненням людей, матеріальним збитком від ушкодження транспортних засобів, вантажів, дорожніх або інших споруджень, виплатою допомоги з інвалідності й тимчасової непрацездатності та ін. Матеріальний збиток від ДТП у країнах з розвинутою автомобілізацією досягає 10 % річного національного доходу. Якість й ефективність управлінських рішень в області забезпечення безпеки дорожнього руху перебувають у прямій залежності від глибини й повноти аналізу даних про дорожньо-транспортні пригоди, від виявлення об'єктивної картини причин й умов їхнього виникнення. Власне кажучи аналіз і керування являють собою нерозривний єдиний процес, що має різний зміст залежно від специфіки об'єкта керування [3].

ДТП - це порушення норм процесу руху механічних транспортних засобів, у результаті якого були постраждалі або були принесені матеріальні збитки.

За тяжкістю наслідків ДТП поділяються на [2]:

- 1) зі смертельними наслідками;
- 2) з пораненням людей;
- 3) з матеріальним збитком.

За видами ДТП бувають:

- 1) зіткнення транспортних засобів;
- 2) перекидання транспортних засобів
- 3) наїзд на перешкоду;
- 4) наїзд на пішохода;
- 5) наїзд на велосипедиста;
- 6) наїзд на транспортний засіб, що не рухається .

До основних груп та причин виникнення ДТП можна віднести:

- а) порушення ПДР водієм;
- б) недостатня кваліфікація водіїв;
- в) недисциплінованість та незнання ПДР пішоходами;
- г) незадовільний технічний стан транспортних засобів та недоліки в конструкції;
- д) поганий стан доріг;
- е) недоліки в організації дорожнього руху.

Облік дорожньо-транспортних пригод ведеться з метою оцінки стану аварійності, аналізу причин дорожньо-транспортних пригод і вжиття заходів до їх усунення.

Державний облік дорожньо-транспортних пригод ведеться органами внутрішніх справ.

Відомчий облік ведеться міністерствами, відомствами, підприємствами, об'єднаннями, установами та організаціями незалежно від

форм власності (надалі - підприємства), а також дорожніми і комунальними організаціями.

Лікувально-профілактичні заклади ведуть облік потерпілих під час дорожньо-транспортних пригод.

До державної статистичної звітності включаються відомості органів внутрішніх справ про дорожньо-транспортні пригоди, що призвели до загибелі або поранення людей.

Загиблі - це люди, які померли від одержаних поранень на місці дорожньо-транспортної пригоди чи протягом 30 діб; поранені - люди, які одержали тілесні пошкодження (без урахування ступеня їх тяжкості) [3].

До державної статистичної звітності не включаються відомості про дорожньо-транспортні пригоди, скоєні [3]:

- на територіях підприємств, аеродромів, військових частин та інших об'єктів, які мають пропускну систему в'їзду і виїзду, огорожені та охороняються;

- під час тренувань і змагань з автомобільних чи мотоциклетних видів спорту, якщо потерпіли водії-спортсмени, судді чи інший персонал, який обслуговує спортивні заходи.

Для характеристики дороги з точки зору безпеки дорожнього руху використовують такі поняття як коефіцієнт відносної аварійності та коефіцієнт безпеки.

Коефіцієнт відносної аварійності – це кількість ДТП за рік що віднесена до річної інтенсивності руху та довжині дорожньої ділянки [3]:

$$\lambda = \frac{10^6 \cdot Z}{365 \cdot N \cdot L}, \quad (1.1)$$

де Z - кількість ДТП за рік, од.;

N - річна інтенсивності руху на дорожній ділянці, од./рік;

L - довжина дорожньої ділянки, км.

Коефіцієнт безпеки – це відношення допустимої швидкості руху до швидкості руху можливої при вході до цієї ділянки [2]:

$$k_{\delta} = \frac{V_{\text{доп}}}{V_{\text{вход}}}, \quad (1.2)$$

$k_{\delta} < 0,4$ – ділянка дороги дуже небезпечна;

$k_{\delta} = 0,4 \dots 0,6$ – ділянка дороги небезпечна;

$k_{\delta} > 0,6$ – ділянка дороги безпечна.

На основі аналізу дорожньо-транспортних пригод та проведених обстежень автомагістралей в 16 містах України встановлено, що біля 70% автопригод з потерпілими людьми трапляються в місцях (на ділянках) концентрації ДТП. Сумарна протяжність таких місць (ділянок) становить лише 7 – 10 % від загальної довжини вулично-дорожньої мережі міста [3].

Зосередження зусиль кваліфікованих фахівців з організації дорожнього руху на виявленні цих місць (ділянок) концентрації, їх обстеженні та розробці і впровадженні заходів по забезпеченню в них безпеки руху дозволяє досягти зменшення аварійності.

Розробка і впровадження заходів по забезпеченню безпеки дорожнього руху в місцях концентрації ДТП повинні базуватися на детальному аналізі всіх автоаварій на даній ділянці, в тому числі, з матеріальними збитками, та результатах обстежень цих місць.

Місця концентрації ДТП – це перехрестя вулиць чи доріг, зупинки пасажирського транспорту загального користування, пішохідні переходи, залізничні переїзди, штучні споруди та інші елементи дороги, які визначаються критерієм (таблиця 1.1). Доцільна довжина ділянки концентрації ДТП – 50...100м [3].

З метою визначення місць концентрації ДТП проводиться картографічний аналіз. Він здійснюється шляхом нанесення спеціальними

позначками місць скоєння ДТП на карту міста. При цьому повинні бути вказані: вид ДТП – наноситься червоним кольором для ДТП з потерпілими людьми та синім – з матеріальними збитками; дата скоєння ДТП; реєстраційний номер картки обліку місць ДТП чи запису в журналі.

Нанесення ДТП здійснюється протягом доби після його реєстрації. Місця, в яких кількість ДТП сягнула граничного значення, позначаються на карті контуром червоного кольору, та підлягають негайній постанові на облік.

На кожне місце концентрації ДТП заводиться картка обліку, до якої заносяться всі автопригоди, скоєні в даному місці за період картографічного аналізу до зняття з обліку.

В картці фіксуються час та обставини скоєння ДТП, його наслідки, дорожні умови.

Критерії віднесення до місця концентрації ДТП наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Критерії віднесення до місця концентрації ДТП

Міста	Кількість населення, тис. чол.	Кількість ДТП, що скоєні протягом:		
		одного року	двох років	трьох років
Найбільші	більше 1000	3	5	6
Більші	250-1000	3	4	5
Великі	100-250	-	3	4
Середні та малі	до 100	-	-	3

В ході практики були зібрані статистичні дані про ДТП на перерехресті. На обраній ділянці дані по ДТП (дата та час скоєння, скільки і які автомобілі брали участь в ДТП та причини ДТП) були зібрані за 2006-2008 рік.

Кожне окреме ДТП не є випадковою подією, але статистичний аналіз великої кількості ДТП дозволяє отримати загальні закономірності їх виникнення.

ДТП – це таке порушення нормального процесу руху механічних транспортних засобів, в наслідок якого постраждали люди або була нанесена певна матеріальна шкода.

Аналіз статистичних даних ДТП є одним з методів документальних досліджень. Він полягає у вивченні картотеки обліку ДТП, яке дозволяє виконати їх всебічний аналіз і дати загальну характеристику причин та факторів, які впливають на виникнення ДТП без виїзду на місце пригоди.

Аналіз дорожньо-транспортних пригод наведений на слайді №2 графічної частини.

1.6 Огляд науково-технічної інформації

5B87. Видеокамеры для контроля и управления движением городских автобусов в Лондоне. Bus lane cameras to cover London // Traffic Eng. + Contr. - 2018. - 39, 12. - С. 641. - Англ. Место хранения ГПНТБ России

Сообщается о монтаже в северной части Лондона (Великобритания) первых 360 видеокамер слежения за движением автобусов. Устанавливаемые на автобусах и вблизи отведенной для них полосы дорожного полотна видеокамеры связаны с автоматизированной системой управления движением городского транспорта. К 2019 г. предполагается оснастить видеокамерами всю дорожно-транспортную сеть Лондона. Ил. 1.

2B90П. Система безопасности на остановочных пунктах общественного транспорта. Passenger conveyance vehicles and systems utilizing the same : Пат. 5986786 США, МПК{6} Н 04 В 10/00; Talking Signs, Inc., Crandall William F., Bentzen Billie L. - N 08/754240; Заявл. 20.10.2016; Опубл. 16.11.2017; НПК 359/154

Запатентована система обеспечения безопасности (см. рис. 1 и 2) пассажиров с ослабленным зрением на станциях и остановках различных видов общественного транспорта. Излучатели инфракрасного частотно модулированного светового сигнала установлены впереди автобуса и около входных дверей автобуса. Подаваемый сигнал имеет угловой сектор охвата от 30° до 90° и от 60° до 170° , длину распространения 90 м от лобового стекла и 9 м от двери автобуса. Находящийся у пассажира приемник сигнала с преобразователем содержит фотодиоды сопротивлением 25 кОм_ё2 МОм. На торцевых стенках остановок также монтируется опознавательный знак. Ил. 8.

01.10-02B.86. Программное обеспечение для АСУ. Ausstellerverzeichnis, alphabetisch List of exhibitors, alphabetic (30521, Messegelelande, Hannover) // CeBIT 2014 Hannover, Hannover, 22.-28 Marz, 2001: Get the spirit of tomorrow : Katalog der Messe. - Hannover, 2014. - С. 53. - Нем.

Фирма Barthauer Software GmbH (Брауншвайг, Германия) предлагает широкий спектр услуг в области разработки и внедрения программного обеспечения для АСУ различного назначения. Фирма разрабатывает прикладное программное обеспечение на основе использования автоматизированной географической информационной системы (GIS), автоматизированной системы проектирования (CAD) и др. Разработан и внедрен ряд пакетов программ для оптимизации управления ресурсами предприятий, управления коммунальным хозяйством и городским транспортом, организации маркетинга с целью качественного обслуживания клиентов.

11B75П. Система керування рухомим складом суспільного транспорту на маршруті. System de guidage pour vehicule de transport en commun: заявка 2766782 Франція, МПКМП (6) У 62 D1/24, G 05 D 1/02/ Darlot D., Fualdes th., НО В. L., Ladreyt th.- N 9709813; заявл. 31.7.14; опубл.5.2.15.

Пропонується система, що постачає водія, наприклад, міського автобуса інформацією про його розташування в призначеному йому

транспортному коридорі. Система є комбінованою, вона містить оптичні датчики, взаємодіючі з дорожньою розміткою, що кодована довгої і розташуванням подовжніх смуг, а також механічні датчики, взаємодіючі з причілками, розташованими на окремих ділянках уздовж траси. На борті мається обчислювальний пристрій, що обробляють ці сигнали і виробляють інформацію для водія.

11В66ДО.: Автореф. дис. канд. техн. наук / Голецкий Ю.В. - Волгоград: Волгогр. Госн. техн. ун-т, 2014.-19 с.: іл.- рос.

Метою роботи є удосконалювання організації руху маршрутних автобусів на улично-дорожній мережі міст. Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі: проведено аналіз напрямків розвитку автоматизованих систем керування міськими пасажирськими перевезеннями, визначені їхні функціональні можливості, встановлені особливості організації пріоритетного руху на основі даних навігаційних систем; виконані експериментальні дослідження характеристик руху транспортного потоку і маршрутних автобусів на улично-дорожній мережі м. Ростову-на-Дону; проведені модельні дослідження організації пріоритетного руху автобусів на регульованих перехрестях

2Б19К. Комплексні системи автоматизованого керування автотранспортним комплексом : Сб. науч. тр. / Моск. гос. автомоб.-дор. ин-т (техн. ун-т); Ред. Миколаїв А. Б. - М. : З МАДИ, 2014. - 112 с. - Руський.

У збірник включені статті, присвячені питанням теорії, аналізу й розробки автоматизованих систем управління, проєктування й обробки інформації на автомобільному транспорті, у дорожньому будівництві й дорожньому господарстві. Збірник розрахований на широке коло інженерів-системотехніків, аспірантів і науковців, що цікавляться питаннями теорії й проєктування автоматизованих систем керування.

06.12-02В.65. Побудова програмного забезпечення імітації дорожнього руху й нова концепція об'єднання кращих імітаторів. Building a traffic

simulation software and a new concept for integration of best simulators / Szucs Gabor // Period. polytechn. Transp. Eng. - 2015. - 33, № 1-2. - С. 103-124. - Англ.

В Європі є принаймні 50 моделей імітації дорожнього руху з різними рівнями функціональності. Пропонується замість побудови нового імітатора розробити загальну структуру, що дозволяє інтегрувати кращі властивості наявних імітаторів. Представлено детальні вимоги до типових модулів структури, пов'язаних із введенням даних дорожнього руху, візуалізацією, аналізом і моделюванням. Демонструється розроблена структура. Библ. 40.

5B86. Автоматизована система керування рухом Люксембургу на дорогах. Steria's traffic expert on Luxembourg m'ways // Traffic Eng. + Contr. - 2015. - 39, 12. - С. 646. - Англ. Місце зберігання ГПНТБ Росії

Повідомляється про розробку компанією Steria автоматизованої системи управління рухом автотранспорту СІТА для Люксембургу. Система керування буде охоплювати всю мережу автомобільних доріг Люксембургу довжиною 160 км, включаючи траси, що ведуть у Німеччину, Бельгію й Францію. Система СІТА виконує дві основні функції: 1) контроль за рухом автомобілів і функціонуванням дорожнього устаткування; 2) забезпечення двостороннього зв'язку із центром керування дорожніми службами сусідніх країн відповідно до європейських стандартів, інформація водіїв через систему мережі Інтернет.

01.07-02У.85. АСУ на міському транспорті. Rechnergesteuerte Betriebsleitsysteme / Sabathy Richard // Osterr. Ing.- und Archit.-Z. - 2017. - 145, № 5-6. - С. 196-199. - Ньому.

На міському транспорті великих міст Німеччини, Австрії й інших країн широке застосування одержали АСУ різного типу. Основні функції таких систем складаються у визначенні місця розташування транспортних засобів, аналізі виконання графіка руху, забезпеченні точного виконання графіка руху, інформаційному обслуговуванні пасажирів усередині й поза транспортними засобами, та ін. Наведено приклад функціонування АСУ

міського транспорту у Відні (Австрія), де є розвинена мережа трамвая, метрополітену й автобуса.

02.10-02В.90П. Нейросітьовий спосіб міжрайонного координованого регулювання транспортними потоками : Пат. 2169946 Росія, МПК{7} G 08 G 1/081 / Абовский Н. П., Бабанін В. Б., Смолянинова Л. Г., Жуків В. И., Островський П. В.; Краснояр. гос. архитект.-будує. акад. - N 99116222/09; Заявл. 12.07.2013; Опубл. 27.06.2014.

Розглянуто координоване керування дорожнім рухом, способи керування транспортними потоками в районах регулювання з використанням нейронних мереж. Технічний результат полягає в підвищенні ефективності міжрайонного керування дорожнім рухом. Спосіб правління полягає в тім, що розділяють все місто на окремі райони регулювання, на границях яких установлюють контрольні світлофорні об'єкти з мікро-ЕОМ, пов'язані із центром керування дорожнім рухом, постаченим ЕОМ, зв'язують контрольні світлофорні об'єкти із внутрішніми світлофорними об'єктами районів, які постачають мікро-ЕОМ, і здійснюють одночасно міжрайонне керування контрольними світлофорними об'єктами із центра керування й керування внутрішніми світлофорними об'єктами районів за допомогою нейропрограм.

04.12-02В.73. “Зелена хвиля” для міських автобусів. Weltweite Verkehrssimulationen / Schwerdtfeger Thomas, Steinhoff Ira // Nahverkehrs-Prax. - 2015. - № 4. - С. 27-28. - Ньому.; рез. англ.

Фірма PTV AG (Німеччина) розробляє програмний продукт для світлофорної сигналізації м. Чикаго (США), що забезпечують пріоритетний пропуск на перехрестях міських автобусів. Співробітники фірми залучені в подібні проєкти для різних міст США, у тому числі для Нью-Йорка. Програма забезпечення зелених сигналів світлофорів для автобусів підготовлена для Лондона.

02.05-02В.82. Світлофори зі світлодіодами в Німеччині. Raising the standard LED signalling in Germany / Garufo Gabriel // Traffic Technol. Int. - 2016%2017. - Dec. %Jan. - С. 76-77. - Англ.

Описується процес впровадження у вуличні світлофори світлодіодів, які володіють рядом переваг, зокрема, менше споживання енергії й не вимагають технічного обслуговування протягом усього терміну служби (більше 10 років). Перші світлофорні світлодіоди розроблені фірмою Garuf GmbH (Німеччина), які були показані на виставці Intertraffic в Амстердамі (Нідерланди) в 1996 р. Повідомляється, що число світлофорів зі світлодіодами в Німеччині в 2000 р. збільшилося на 30%. Очікується, що в 2016 р. ними будуть обладнатися всі нові світлофори.

Наведені вище матеріали будуть використані в процесі прийняття рішень при виконанні даної роботи.

1.7 Аналіз недоліків та постановка задач в роботі

Основним недоліком існуючої системи організації дорожнього руху на перехресті є велика кількість дорожньо-транспортних пригод. Це викликано в першу чергу порушення правил дорожнього руху водіями, що повертають з бул. Вінтера праворуч під додаткову праву секцію світлофора і не пропускають транспорт, що рухається на основний сигнал світлофора.

В години пік спостерігаються черги на підходах до перехрестя.

Світлофор з додатковою лівою секцією встановлено праворуч від проїзної частини, що суперечить вимогам [6-10].

Тому в роботі запропоновано вирішення наступних питань:

- організація пофазного роз'їзду транспортних засобів;
- запровадження багатопрограмного регулювання на перехресті;
- запровадження адаптивного регулювання на перехресті з використанням алгоритму пошуку розривів в транспортному потоці;
- приведення схеми технічних засобів організації дорожнього руху у відповідність з вимогами державних стандартів.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення розрахункової швидкості

Розрахунок параметрів світлофорного регулювання розпочинається з визначення швидкості руху транспортних засобів на ділянках ВДМ [11]. Аналіз даних з таблиці 1.3 виявив, що швидкість руху на перегонах описується нормальним законом розподілу ймовірностей. При цьому щільність розподілу ймовірностей окремих транспортних засобів є функцією двох параметрів і описується виразом [12]:

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

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

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

Значення $\bar{v}$ і σ_v задані згідно з даними таблиці 1.2, що були отримані експериментальним методом (див. аналітичну частину).

Швидкість руху визначаємо графоаналітичним методом. Для цього будуємо криву $f(v)$, що має дзвіноподібну форму (див. лист 5 графічної частини).

Для спрощення розрахунків весь діапазон значень v розбиваємо на 10 інтервалів Δv ($\Delta v_1 = \Delta v_2 = \Delta v_3 \dots$), вибираємо значення v_i посередині кожного інтервалу.

Далі обчислюємо за формулою (2.1) значення $f(v_i)$ для кожного з дискретних значень v_i . Це відповідає графічній апроксимації нерозривної функції $f(v)$ прямокутниками, сумарна площа яких дорівнює площі під кривою $f(v)$.

Оскільки розрахункова швидкість V_p визначається на базі швидкості 85%-го забезпечення, необхідно мати графік функції розподілу ймовірностей швидкості окремих транспортних засобів - $F(v)$ яка являє собою інтеграл від щільності розподілу $f(v)$ тобто [13]:

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

Цей процес зручно проводити методом графічного інтегрування, суть якого полягає в послідовному підсумовування площ окремих прямокутників на графіку $f(v)$ через ΔV і відкладанні відповідного сумарного значення $F(v)$ вздовж осі ординат графіку $F(v)$ (см. графічну частину) за формулами [13]:

$$\begin{aligned} F_1(V_1) &= \Delta V f(V_1); \\ F_2(\Delta V_2) &= F_1(\Delta V_1) + \Delta V f(V_2) = \Delta V [f_1(V_1) + f(V_2)]; \\ &\dots\dots\dots \\ F_n(\Delta V_n) &= \Delta V [f_1(V_1) + f_2(V_2) + \dots + f(V_n)]. \end{aligned} \quad (2.3)$$

За побудованим графіком $F(v)$ відшукуємо значення швидкості транспортного потоку 85%-го забезпечення (тобто швидкість, яку статистично не перевищують 85% усіх транспортних засобів), що відповідає значенню $F(v)=0,85$. Згідно з аналізом отриманих графіків:

$$V_{p1} \approx 45 \text{ км/год};$$

$$V_{p2} \approx 55 \text{ км/год}.$$

2.2 Визначення елементів світлофорного циклу

2.2.1 Організація пофазного роз'їзду транспортних засобів

Управління світлофornoю сигналізацією здійснюється за принципом сигнальних груп або по фазам регулювання.

Сигнальною групою називають сигнали що вмикаються та вимикаються одночасно. На перехресті управління роботою світлофорів виконується декількома сигнальними групами [12].

Почергове надання права на рух через перехрестя в певних напрямках передбачає циклічність роботи світлофорних об'єктів. Період, протягом якого діє певна комбінація світлофорних сигналів називається тактом регулювання. Такти можуть бути основними та проміжними. Під час основного такту дозволений рух певним групам транспортних засобів та пішоходів. Проміжний такт служить для підготовки передання прав на рух наступній групі учасників руху. Вказана підготовка означає звільнення перехрестя від транспортних засобів та пішоходів, що мали право на рух під час попереднього основного такту [13].

Зазвичай проміжний такт позначається жовтим сигналом. Діючі нормативні документи не рекомендують призначати тривалість жовтого сигналу більше чотирьох секунд. Збільшення тривалості проміжного такту призводить до збільшення затримки транспортних засобів перед перехрестям. Проте, інколи транспортним засобам потрібно для звільнення зони перехрестя більше чотирьох секунд. На таких перехрестях по закінченню чотирьох секунд у напрямку, що розглядається, жовтий сигнал замінюється на червоний, в той час, як в поперечному напрямку заміна сигналу ще не відбулась. Таким чином, впродовж певного часу в усіх напрямках ввімкнено червоний сигнал. Між двома основними тактами ввімкнено два проміжних, що сліднують безпосередньо один за одним. Така сукупність проміжних тактів отримала назву “перехідний інтервал” [14].

При пофазовому методі регулювання в кожному такті може бути ввімкнено світлофори кількох напрямків руху. При цьому можливі ситуації, в яких в кількох тактах одного циклу будуть ввімкнені однакові сигнали світлофорів одного й того ж напрямку руху. Таким чином при пофазовому методі в такті регулювання об'єднано світлофори, котрі можуть вмикатися та вимикатися не одночасно. При цьому сукупність основного та проміжного тактів називають фазою регулювання. Зазвичай кількість фаз відповідає кількості найбільш завантажених конфліктних напрямків руху на перехресті. Сукупність всіх фаз, що періодично повторюється, називається циклом регулювання [12].

Під режимом світлофорного регулювання розуміється тривалість циклу, кількість, порядок чергування й тривалість тактів та фаз, що складають цикл [12].

Управління тривалістю та послідовністю тактів здійснюється за допомогою дорожніх контролерів. У випадку використання принципу сигнальних груп для кожної сигнальної групи необхідна наявність свого командного пристрою в контролері.

Такий принцип, збільшуючи гнучкість регулювання, ускладнює технічні засоби. При пофазовому принципі та відносно простому перехресті конструкція контролерів спрощується.

Кількість фаз регулювання залежить від характеру конфліктних точок на перехресті та обсягів руху в кожному напрямку. З точки зору безпеки руху, кількість фаз повинна бути максимальною. Але збільшення кількості фаз призводить до збільшення тривалості циклу та, що особливо не бажано, до збільшення сумарної тривалості проміжних тактів [14].

У найпростішому випадку, коли переважає рух у прямих напрямках, роз'їзд транспортних засобів може бути організовано за двофазним циклом (рис 2.1). Тобто всі учасники руху діляться на дві групи. Почергове їх пропускання ліквідує на перехресті найбільш небезпечні конфліктні точки.

Проте праві та ліві повороти, а також рух пішоходів відбуваються за наявності конфліктів [12].

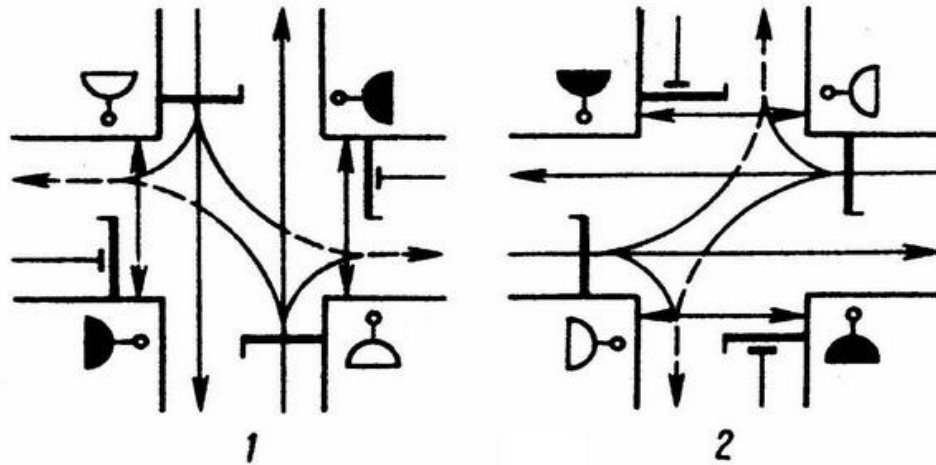


Рисунок 2.1 – Схеми двофазного роз'їзду

При двофазному регулюванні нерідко виникають певні труднощі для пропускання лівоповоротних потоків, тому у випадку вузької проїжджої частини часто використовують розщеплені фази. Цей захід можливий у випадках, коли зустрічні потоки суттєво відрізняються один від одного й таким чином фаза, розрахована на максимальне значення інтенсивності, виявляється в одному з напрямків ненасиченою. В цьому випадку можна організувати безперешкодний лівий поворот, затримуючи на певний час ввімкнення зеленого сигналу в зустрічному напрямку, або вмикаючи зелений сигнал в цьому ж напрямку трохи раніше. Загальним недоліком застосування розщепленої фази є деяке зниження безпеки руху, пов'язане з відсутністю у водіїв, виконуючих лівий поворот, інформації про момент вмикання або вимикання дозволяючого сигналу в зустрічному напрямку. В цьому відношенні застосування додаткових секцій за наявності додаткових смуг руху на підходах до перехрестя полегшує становище [12].

Пропускання лівого повороту в окремій фазі необхідно при високій інтенсивності руху в напрямку цього повороту та зустрічного потоку прямого напрямку (рис. 2.2). Враховуючи середню тривалість двофазних

циклів, що реалізуються на практиці, уникнути третьої фази регулювання можна лише при інтенсивності лівоповоротного потоку не більше 120 од/год [14].

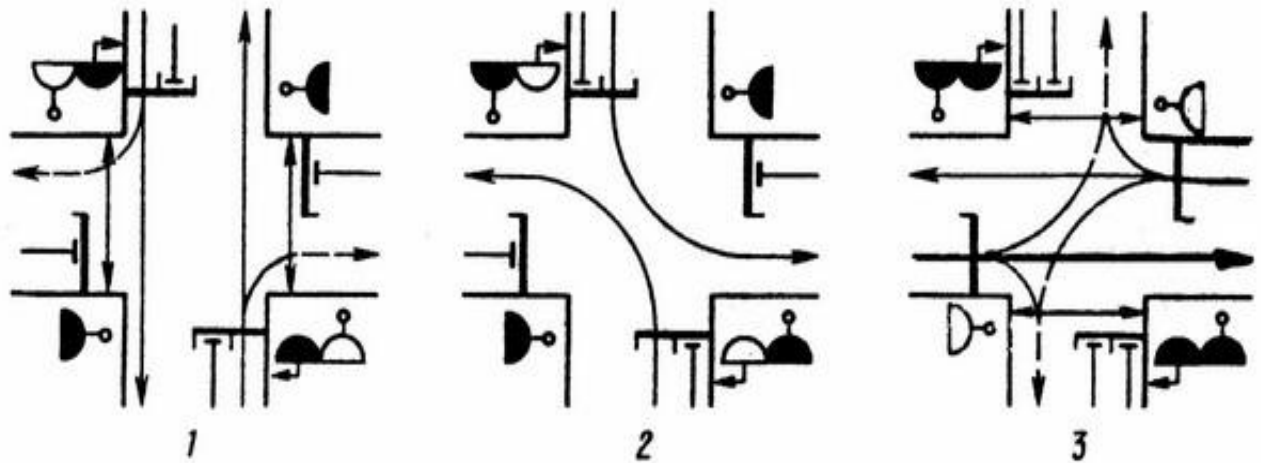


Рисунок 2.2 – Схеми трьохфазного роз'їзду

Додавання третьої фази відкриває можливість для здійснення різноманітних варіантів організації руху. Вибір варіанту залежить від інтенсивності конфліктуючих потоків і кількості смуг зустрічного руху перед перехрестям. Часто з метою підвищення безпеки пішоходів третя фаза використовується для пропускання правих поворотів [14].

Також третя фаза може бути використана для організації безконфліктного руху пішоходів (рис. 2.3). В цьому випадку вводиться цілком пішохідна фаза. Цей варіант вважається раціональним, якщо інтенсивність пішохідних потоків на перехресті перевищує 1000 чол/год [14].

Зеленим додатковим або раннім стартом в термінології агрегатної системи засобів управління дорожнім рухом зветься вихід часового проміжку, коли зелений сигнал будь-якої сигнальної групи знаходиться у стані «ввімкнено» з основного такту фази до перехідного інтервалу, при цьому означений проміжок чи то передує основному тактові фази, до якої за схемою пофазового роз'їзду включено напрям, якому відповідає сигнальна група, чи то слідує за ним [15].

При програмуванні контролерів для забезпечення ранніх стартів та затримок зеленого сигналу застосовується спеціальна опція при відпрацюванні перехідних інтервалів, таким чином додатковий зелений та ранній старт завше є частинами перехідних інтервалів, що, в принципі є логічним, оскільки ці інтервали найчастіше застосовуються для забезпечення здійснення лівоповоротних маневрів, які є частково конфліктними до зустрічного потоку.

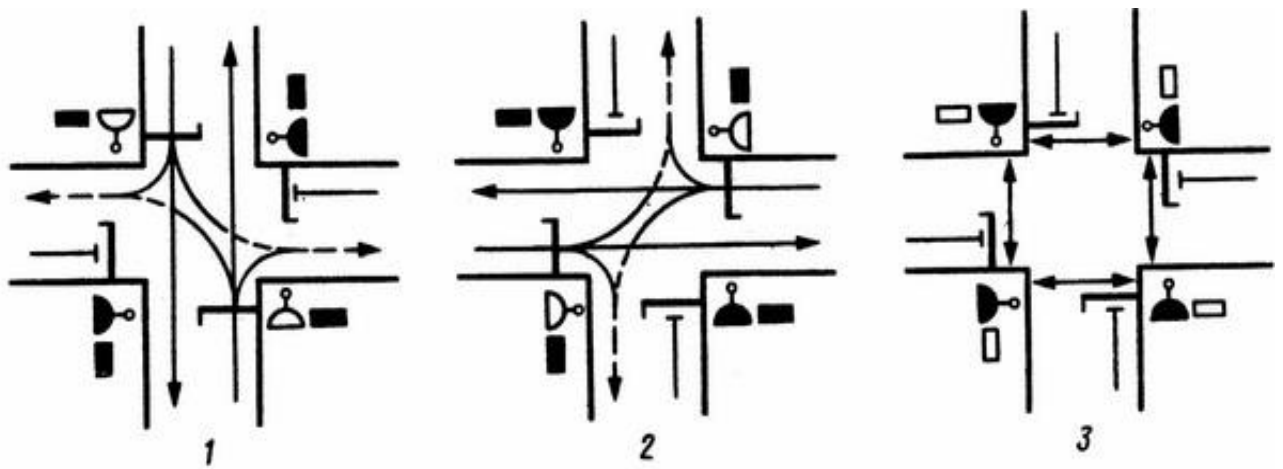


Рисунок 2.3 – Трьохфазний цикл з виділеною пішохідною фазою

Таким чином, додатковий зелений та ранній старт (у розділі про програму автоматичної координації буде пояснено їхній зв'язок та твердження, що у більшості випадків зелений додатковий та ранній старт є проявами одного й то ж самого такту, що входить до циклу в різні моменти відносно основного такту фази, для якої напрям, для якого впроваджується зелений додатковий чи ранній старт, є включеними за схемою пофазового роз'їзду [14].

Складним є розрахунок тривалості означених тактів під час застосування формули Вебстера. Тривалість перехідних інтервалів, що повинні забезпечувати можливість здійснення повороту залежить і від інтенсивності руху транспортних засобів в напрямі повороту і від довжини траєкторії повороту [14].

Відомо, що 120 од/год – інтенсивність руху лівоповоротного транспортного потоку, при якій здійснення повороту ліворуч є можливо без виділення окремого напрямку для здійснення повороту (частіше за все цьому напрямку відповідає стрілка додаткової секції). Інтенсивність руху впродовж кожного циклу регулювання, за якої здійснення повороту можливе без введення стрілки можна розрахувати за формулою [13]:

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

де $T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу регулювання, с

При тривалості циклу регулювання $T_{\text{ц}} = 60$ с, яка вважається оптимальною з точки зору транспортних затримок, середня інтенсивність руху ліворуч впродовж фази, за якої здійснюється поворот, і при якій можна уникнути введення стрілки буду дорівнювати 2 одиниці, при $T_{\text{ц}} = 80$ с, $N_{\phi} = 3$ од. Однак, слід звернути увагу, що одиниці є зведеними, тому розрахунок є дещо умовним, проте якщо інтенсивність лівоповоротного руху є, скажімо 150 од/год, цікаво вирахувати надмірність лівоповоротної інтенсивності, для якої і буде призначено введення стрілки [13]:

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

При інтенсивності у 200 од/год $N_{\phi} = 5$ од/год, а значить надмірність дорівнює 2 одиницям.

Зрозуміло, що через мале значення визначного фазового коефіцієнту для фази, до якої буде віднесено стрілку, загальних коефіцієнт корекції для збільшення тривалості до 7 с сягне значної величини, при цьому цикл

регулювання буде безпідставно збільшуватись, а можливість повороту з частковим конфліктом буде втрачено навіть у міжпікові години [14].

Для розв'язання цієї проблеми пропонується перед введенням фази зі стрілкою для повороту ліворуч перевірити можливість її заміни зеленим додатковим, при цьому, і це є важливо, додатковий зелений розраховується як окрема фаза з усіма її атрибутами [14].

Для вирішення формальних протиріч пропонується введення псевдонапряму повороту ліворуч, який вважається конфліктним як із потоками з перетинаючої вулиці, так і з зустрічним потоком (рис. 2.3), проте сигнальна група йому не відповідає та на циклограмі він не зображується.

Шириною проїзної частини для такого напрямку є ширина крайньої лівої смуги, з якої здійснюється поворот, якщо інше не передбачено на схемі організації руху.

Якщо з цієї смуги передбачено рух також і в інших напрямках, то введення таких даних до програми є винятком з принципу формування схем пофазового роз'їзду (принцип забороняє включення напрямків, рух якими здійснюється з однієї смуги, до різних фаз), проте розглядається псевдонапрямок, тобто формальний хід, покликаний формалізувати схему роз'їзду в даній ситуації [14].

Потік насичення в такому випадку буде зменшений за рахунок впливу коефіцієнту повороту ліворуч (0,75), що відповідає дійсності, оскільки точка конфлікту першого порядку зберігається (на рисунку 2.5 її позначено колом). Інтенсивність руху за цим напрямом розраховується як годинна надмірність над величиною, за якої проїзд може здійснюватися без зміни структури циклу (120 од/год).

Щодо параметрів прямого напрямку, то застосування введення псевдо напрямку, дещо змінює і їх. Справа в тому, що прямий напрям не є псевдо напрямом, а також у тому, що з нього здійснюється поворот ліворуч, проте лише 120 од/год, аби зберегти його не конфліктність із зустрічним напрямом [14].

Потік насичення за цим напрямом теж буде зменшено за допомогою коефіцієнта, якщо тільки для повороту ліворуч не виділено окремої фази, і напрям цей буде входити у фазу як із зустрічним напрямом, так і з псевдо-напрямом, тому у фазі, до якої входить псевдонапрямок, головний напрям теж змінює потік насичення, проте при виконанні вимоги про розподіл інтенсивностей головного напрямку між першою фазою та фазою із псевдо-напрямом таким чином, аби визначальним для фази із псевдонапрямом був фазовий коефіцієнт псевдо напрямку, формальну невірність даних про потік насичення головного напрямку у фазі, до якої його включено разом із псевдо-напрямом, буде скасовано [14].

Розділення інтенсивності за головним напрямом між фазою, до якої його включено разом із зустрічним та фазою, де він разом із псевдо-напрямом здійснюється так, ніби псевдо-напрямок є стрілкою.

Застосування означеної методики дозволить у різних програмах СФР змінювати фактичний час зеленого додаткового в залежності від інтенсивності повороту ліворуч, чого раніше неможливо було зробити через жорстко прописаний перехід із зеленого сигналу на червоний для кожного напрямку, та навіть скасовувати зелений додатковий взагалі у міжпіковий період [14].

2.2.2 Визначення потоків насичення

На базі здобутих даних будемо картограму інтенсивностей транспортного потоку у масштабі 1 мм – 40 од./год. При цьому необхідно виходити з умови нерозривності транспортного потоку на перехресті (сума потоків у вузлі дорівнює нулю). Баланс досягаємо за рахунок розподілення інтенсивностей на перехрестях на рух прямо, ліво- і правоповоротні маневри. Якщо при цьому інтенсивність деяких маневрів на перехресті дорівнюватиме нулю, ці маневри забороняються на схемі

організації дорожнього руху відповідними дорожніми знаками [1]. Картограма інтенсивностей транспортних потоків наведена на листі №3 та №4 графічної частини.

Далі відповідно до картограми і умов завдання вибираємо схеми по фазного роз'їзду (див. графічну частину) і структури циклів для кожного перехрестя.

Кількість фаз регулювання залежить від характеру конфліктних точок на перехресті і відповідним об'ємам руху в кожному напрямку. З точки зору безпеки руху кількість фаз повинна бути максимальною, так як, чим більше фаз, тим менше конфліктних точок. Однак, збільшення числа фаз веде до збільшення тривалості циклу та, відповідно, до збільшення тривалості додаткових тактів [14].

У найпростішому випадку, коли переважає рух прямих напрямків транспортних засобів, їхній роз'їзд може бути організований по двохфазному циклу. Тоді всі учасники руху діляться на дві групи, почерговий пропуск ліквідує на перехресті найбільш небезпечні конфліктні точки.

При наявності конфліктних точок праві та ліві повороти, а також рух пішоходів здійснюється з урахуванням того, що безперечною умовою використання двохфазного циклу є невелика інтенсивність в цих напрямках. Для пропуску лівоповоротного руху в окремій фазі використовується додаткова секція світлофора. Пропуск лівоповоротного руху в окремій фазі необхідний при високій інтенсивності руху в цьому напрямку і зустрічного прямого потоку.

Якщо інтенсивність лівоповоротного руху перевищує 120 од./год. переходять до трифазного регулювання [14].

Для визначення потоку насичення на перехресті можливе використання приблизного 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.

Однак, методика експериментального визначення величини потоку насичення потребує значних затрат часу, крім того, вона не може застосовуватися на заново обладнаному перехресті [14]. На практиці емпіричний метод розрахунку потоку насичення застосовується при різних умовах.

Розрахунок потоку насичення на випадок руху у прямому напрямку по дорозі без уздовжнього ухилу виконується за формулою, яка пов'язує потік насичення з шириною проїзної частини [13]:

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

де M_H – потік насичення, од./год.;

H – ширина проїзної частини в даному напрямку руху, м.

Дана формула застосовується при ширині проїзної частини від 5,4 м до 18 м.

Якщо ширина проїзної частини менша, ніж 5,4 м, для розрахунку використовуються дані, приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення потоків насичення

$H, м$	3.0	3.3	3.6	4.2	4.8	5.1
M_H, од./год.	1850	1875	1950	2075	2475	2700

Якщо перед перехрестям смуги руху позначені дорожньою розміткою, то потік насичення визначається окремо для кожної смуги руху згідно з таблицею 2.1.

В залежності від величини поздовжнього ухилу проїзної частини дороги змінюється розрахункова величина потоку насичення. Кожний процент ухилу на підйомі знижує потік насичення на 3 проценти, а кожний процент ухилу на спуску збільшує його на 3 проценти.

Під величиною ухилу в даному випадку можна приймати середній ухил проїзної частини на ділянці від стоп-лінії до точки, яка розташована від неї на відстані 60 м [13].

Якщо у визначеному напрямку руху є можливість організації виділеного лівоповоротного маневру, то потік насичення в цьому випадку буде залежати від радіусу повороту, і може бути визначений за допомогою наступних формул:

- для випадку, коли поворот здійснюється з одного ряду [13]:

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

- для випадку, коли поворот здійснюється з двох рядів [13]:

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

На випадок, коли для виконання поворотних маневрів на перехресті не вдається виділити окрему смугу руху, потік насичення зменшується. В даному випадку для визначення потоку насичення зостосовується наступна методика:

- визначається процент автомобілів, які виконують поворотний маневр праворуч чи ліворуч з загальної смуги руху;

- якщо він складає менш ніж 10%, то поворотним рухом можна знехтувати. M_H визначається в залежності від ширини проїзної частини, яку відведено для прямого та поворотного напрямків;

- якщо він складає більш, ніж 10%, то застосовують наступну формулу [12]:

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

де a – процент автомобілів, що рухаються прямо;

b – процент автомобілів, що рухаються ліворуч;

h – процент автомобілів, що рухаються праворуч.

На практичну величину також впливає освітленість, видимість, неупорядкованість руху пішоходів, транспортних засобів, склад транспортного потоку. У зв'язку з цим вводиться поняття коефіцієнту впливу дорожніх умов, на який помножується розрахункове значення M_H ($K=1,2$ – при добрих; $K=1$ – при середніх; $K=0,85$ – при поганих умовах) [14].

Розрахуємо потік насичення прийнявши середні дорожні умови.

Ширина проїзної частини на магістральних напрямках дорівнює 7,5м, а ліво- та правоповоротні маневри не перевищують 10%, розрахунок потоку насичення для напрямку 1 виконуємо за формулою (2.5):

$$M_{H1} = 525 \cdot 7,5 = 3937 \text{ од./год.}$$

Аналогічно для напрямку 2 ширина проїзної частини також дорівнює 7,5 м, а ліво- та правоповоротні маневри не перевищують 10%, тому:

$$M_{H2} = 525 \cdot 7,5 = 3937 \text{ од./год.}$$

Ширина проїзної частини на другорядних напрямках дорівнює 7,25 м та 5,5 м, а ліво- та правоповоротні маневри перевищують 10%, розрахунок потоку насичення для напрямку 3 виконуємо за формулою (2.5):

$$M_H = 525 \cdot 7,25 = 3806 \text{ од./год.}$$

Для напрямку 4:

$$M_{H4} = 2887 \frac{100}{62 + 1,25 \cdot 25 + 1,75 \cdot 13} = 2488 \text{ од./год.}$$

Для напрямку 5 (відокремлена смуга руху):

$$M_H = \frac{1800}{1 + \frac{1,525}{25}} = 1696 \text{ од./год.}$$

2.2.3 Розрахунок додаткових тактів

Схема роз'їзду транспортних потоків, в якій наведена нумерація напрямків та ділянок, представлена в таблиці циклограми (см. графічну частину).

Такт регулювання – період часу за який діє визначена комбінація світлофорних сигналів. Такти можуть бути основними та додатковими. Під час основного такту дозволено або заборонено рух визначеної групи транспортних засобів та пішоходів. Додатковий такт служить для підготовки та передачі права руху до наступної групи учасників руху. Ця підготовка означає звільнення перехрестя від транспортних засобів та пішоходів, які мали право на рух під час попереднього основного такту [14].

Зазвичай додатковий такт позначається жовтим сигналом. Діюче нормативне положення не рекомендує назначати тривалість жовтого сигналу більше 4 секунд. Це пов'язано з тим, що деякі водії, які чекають перед стоп-лінією, можуть подумати що світлофор вийшов з ладу та почнуть рух при заборонному сигналі світлофора. Крім того, велика тривалість додаткових тактів призводить до збільшення затримок транспортних засобів на перехресті [14].

Однак інколи, наприклад, при широкій проїзній частині, дороги, що перетинається, транспортному засобу потрібно для звільнення зони перехрестя більш, ніж 4 секунди. На таких перехрестях по закінченню 4-х секунд жовтий сигнал змінюється на червоний, в той час, як у конфліктуючому напрямку зміни сигналів не було протягом певного часу, на перехресті в усіх напрямках буде включено червоний сигнал, а між двома основними тактами буде включено два додаткових, які слідують один за одним.

Сукупність додаткових тактів отримала назву перехідного інтервалу. Його структура визначається характером перехрестя, параметрами транспортних і пішохідних потоків, а також прийнятою схемою організації руху. З метою зменшення сумарної транспортної затримки транспортних засобів на перехресті перехідні інтервали не повинні бути більше за 8 секунд [14].

При по фазному методі регулювання в кожному такті можуть бути включеними світлофори декількох напрямків руху. При цьому можливі ситуації, в яких в деяких тактах одного циклу будуть включені однакові сигнали світлофорів одного і того ж напрямку руху. Наприклад, зелений сигнал одного напрямку перехрестя може в одній фазі бути включений одночасно зі світлофорами другого основного напрямку, а в наступній фазі – з ліво- і правоповоротними секціями.

Сукупність основних і додаткових тактів називається фазою регулювання. Загалом кількість фаз відповідає кількості найбільш

завантажених конфліктних напрямків руху на перехресті. Періодично повторювана сукупність усіх фаз – цикл регулювання [14].

Розраховуємо тривалість додаткових тактів для кожного напрямку на кожному перехресті [13]:

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

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

V - швидкість руху ТЗ, м/с;

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

B_i - відповідна ширина перехрестя між стоп-лініями, м;

$l_a = 5$ м - довжина зведеного автомобіля, м.

Для відокремленої фази повороту значення додаткових тактів дорівнюватиме проїзду чверті кола радіуса r . Значення швидкості у цьому випадку зменшують на 20..30%, але приймають не менше за 30 км/год.

Втрачений у циклі час для всіх перехресть дорівнює [13]:

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

де n - кількість фаз регулювання на перехресті.

На базі відстаней до конфліктних точок розраховуємо тривалість додаткових тактів на перехресті 1 згідно з формулою (2.9). Для розрахунків приймаємо, що час реакції водія – 1 с, прискорення уповільнення – 3 м/с².

$$t_1 = 1 + \frac{15,3}{2 \cdot 3} + \frac{25 + 5}{15,3} = 6 \text{ с},$$

$$t_2 = 1 + \frac{15,3}{2 \cdot 3} + \frac{30 + 5}{15,3} = 6 \text{ с},$$

$$t_3 = 1 + \frac{15,3}{2 \cdot 3} + \frac{41 + 5}{15,3} = 7 \text{ с}.$$

Звідки втрачений на перехресті час $L = 16 \text{ с}$.

2.2.4 Визначення циклу регулювання

Критеріями оптимізації світлофорного регулювання можуть бути: затримка транспортного засобу на перехресті, середня довжина черги біля перехрестя, вірогідність виникнення конфліктної ситуації, рівень транспортного шуму та інші [14].

Найбільш поширеним критерієм в інженерних розрахунках є мінімізація середньої затримки одного транспортного засобу при умові забезпечення безпеки руху транспорту та пішоходів. Задача інженерних розрахунків режимів світлофорного регулювання полягає у визначенні оптимальних, з точки зору безпеки руху, тривалостей допоміжних тактів, послідовність фаз основних тактів і циклу регулювання в цілому, які забезпечують мінімальну величину середньої затримки автомобілю на перехресті [14].

Метод розрахунку тривалості циклу та його елементів був запропонований англійським вченим Вебстером у 60-ті роки XX століття.

Для визначення оптимальної тривалості циклу застосовувалась імітаційна модель 4-хстороннього перехрестя, де прибуття транспортного засобу до стоп-лінії підпорядковується статистичному закону Пуассона.

Проводився модельний експеримент, метою якого було визначення значень циклу регулювання, які мінімізують сумарну транспортну затримку. Одним з результатів моделювання була залежність середньої затримки умовного автомобіля біля ряду типових перехресть від тривалості циклу. З цієї залежності слідує, що при мінімальних тривалостях циклу регулювання та випадковому прибутті автомобіля до перехрестя середня затримка автомобіля прямує до нескінченності. Оптимальна тривалість циклу приблизно в два рази більша, ніж мінімальна величина. Зі збільшенням тривалості циклу відносно оптимальної затримка збільшується. В діапазоні зміни тривалості циклу від 0,75 до 1,5 оптимальної тривалості середня затримка автомобіля відрізняється від мінімального значення не більше, ніж на 10...15% [14].

Кількість автомобілів, які підходять до перехрестя з i -го напрямку впродовж циклу, дорівнює $N_i \cdot T_{\min}$. Кількість автомобілів, які залишають перехрестя впродовж повністю насиченої i -ої фази складає $t_{ef} \cdot M_{Hi}$. Таким чином, $N_i \cdot T_{\min} = t_{ef} \cdot M_{Hi}$, звідки слідує, що [12]:

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

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

де y_i - фазовий коефіцієнт i -ої фази.

З іншого боку, величина мінімальної тривалості циклу регулювання дорівнює сумі втраченого часу в циклі регулювання та ефективної тривалості всіх фаз циклу регулювання [13].

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

де n – кількість фаз.

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

де Y – сумарний фазовий коефіцієнт.

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

Таким чином, тривалість мінімального циклу регулювання тим більша, чим більше втрачений час в циклі, і тим менша, чим більше фазовий коефіцієнт відрізняється від одиниці.

Отримане відношення ілюструє тільки якісний зв'язок, тому може бути виведена формула оптимального циклу світлофорного регулювання.

Для типових перехресть з трьома і більше фазами використовується формула [13]:

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

де T_0 - оптимальна тривалість циклу регулювання, що забезпечує мінімальну середню затримку автомобілів у перехрестя;

L – сумарний втрачений час транспортних засобів на перехресті, с;

Y – сумарний фазовий коефіцієнт, що характеризує завантаження перехрестя.

На практиці тривалість циклу не повинна перевищувати 120 секунд і бути меншою 25 секунд. Для визначення величини фазового

коефіцієнту в кожній фазі виконується розрахунок величини співвідношення $\frac{N_i}{M_{Hi}}$ для всіх напрямків руху, що обслуговуються даною фазою. В якості y_i вибирається найбільша з них. Таким чином, кожна фаза представляється одним напрямком руху з найбільшим значенням фазового коефіцієнту.

Якщо завантаження рухом на магістральному напрямі більше 400..600 од./год., цикли розраховуються за формулою [13]:

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

$$T_0 = \frac{0,9 \cdot 16}{0,9 - 0,704} = 74 \text{ с.}$$

Тривалість основного такту обчислюють за формулою [14]:

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

де $y_{\max}^i$ - максимальний фазовий коефіцієнт відповідної фази.

Відповідно структура циклу буде наступною:

$$10 + 6 + 26 + 6 + 19 + 7 = 74 \text{ с.}$$

2.3 Багатопрограмне регулювання на ізолюваному перехресті

Під програмою світлофорного регулювання розуміють сукупність (набір) розрахункових значень оптимальної тривалості циклу, фаз і тактів, а також порядку їх чергування.

Оскільки значення інтенсивності ТП N_i , а внаслідок цього і фазових коефіцієнтів y_i можуть істотно змінюватися протягом ефективної частини доби (від 7 до 19 год), можна стверджувати, що цей факт не може не впливати на оптимальність режиму ОФР на ізолюваному перехресті. Тому при розробці програм ОФР використовуються два прийоми залежно від типу дорожнього контролера, що є в наявності [13].

Якщо контролер однопрограмний, то необхідно:

а) розрахувати оптимальну тривалість циклу регулювання для кожної години ефективної частини доби і визначити середнє оптимальне значення тривалості циклу [14]:

$$T_o = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m T_{oj}, \quad (2.19)$$

де m – кількість годин в ефективному періоді доби; j – номер години;

б) для максимального (пікового) значення інтенсивності визначити оптимальну тривалість циклу $T_{оп}$ і взяти 75% від неї;

в) для реальної програми вибрати більше із значень, отриманих у п. а) і б).

Якщо контролер багатопрограмний – для різних періодів доби розраховують від 2 до 6 значень T_o залежно від типу конкретного контролера, що їх можна змінювати вручну чи автоматично. У цьому разі виникає задача визначення необхідного і достатнього числа програм СФР та моментів їх зміни.

Як уже згадувалося у лекції 12. Ф.Вебстером доведено, що відхилення від оптимальної тривалості циклу $T_0 - 26 + 50\%$ призводять до зростання транспортної затримки в межах 10-15%. Скориставшись цією властивістю, можна запропонувати досить нескладний метод визначення необхідного числа програм ОФР і моментів їх переключення [7].

Метод графоаналітичний і складається з подальших процедур [14].

1. За даними натурних досліджень для кожної години ефективного періоду доби розраховують відповідні значення оптимальної тривалості циклу.

2. На міліметровому папері будують графік $T_0 = f(t_{\text{доб}})$ (див. рисунок 2.2).

Якщо розрахункові значення $T_0 < 25\text{с}$, уточнюють нижню границю ефективності світлофорного регулювання згідно з існуючим графіком і критеріями впровадження ОФР.

3. За графіком визначають мінімальне і максимальне значення циклу $T_{0\text{min}}, T_{0\text{max}}$



Рисунок 2.2 – Графік багатопрограмного регулювання

4. Через точку $T_{o \min}$ проводять пряму, паралельну осі $t_{\text{доб}}$, яка відповідає границі зони регулювання.

Аналогічні прямі проводять також через точки на осі T_o , які відповідають значенням $T_o = 2 T_{o \min}$, $T_o = 4 T_{o \min}$, $T_o = 8 T_{o \min}$ і далі – до $T_o \geq T_{o \min}$.

Число зон, які утворилися таким чином на осі T_o , буде відповідати кількості необхідних програм, а точки пересічення з кривою $T_o = f(t_{\text{доб}})$ дадуть моменти переключення програм $t_1, t_2, t_3 \dots$

Оскільки згідно з прийнятою умовою значення оптимального циклу має ділити зону програми у співвідношенні 1:2, робочі значення циклів для кожної вищої програми знаходяться як $1.25T_{o \min}$ для 1-ї програми; $2.5T_{o \min}$ – для 2-ї програми; $5T_{o \min}$ – для 3-ї програми і т.д.

Така методика не враховує зміни кількості фаз всередині програми та варіацій фазових коефіцієнтів окремих напрямків.

Тому за допомогою програми “Обробник” розраховуємо значення тактів регулювання для між пікового періоду та вечірнього піку. При цьому у програмі задаємо значення швидкості руху – 55 км/год (папка SPEED).

Отримаємо наступні структури циклів СФР:

$$T_m = 16 + 6 + 17 + 7 + 7 = 59 \text{ с};$$

$$T_e = 25 + 6 + 22 + 6 + 8 + 7 = 74 \text{ с}.$$

Результати розрахунку програм СФР наведені на листі №8 графічної частини.

В нашому випадку отримаємо 3 програми роботи світлофорної сигналізації.

Циклограми відповідних режимів роботи світлофорної сигналізації наведені на листі №9 графічної частини.

2.4 Адаптивне регулювання на ізольованому перехресті

Методи СФР, що розглядалися вище, характеризуються незмінними (сталими) значеннями параметрів режиму регулювання – T_o , $t_{осн\ i}$, T_d та Δe . (всередині однієї програми), і тому отримали назву методів жорсткого програмного регулювання.

Зрозуміло, що такі методи принципово не можуть враховувати короткочасні випадкові коливання інтенсивності потоків, що надходять до перехрестя. Внаслідок цього на практиці фази регулювання насичені неоднаково, тобто фактично $x \neq const$ отже, і тривалість циклу повинна змінюватися протягом поточного часу.

Таким чином, виникає задача пристосування (адаптації) режимів регулювання до параметрів ТП (інтенсивності, швидкості, щільності та Δe .), яким властива Δe стаціонарність, тобто мінливість протягом часу. Задача адаптивного управління на перехресті полягає у повсякчасному знаходженні оптимальних для даних умов руху тривалостей циклу і фаз регулювання, а також у коригуванні цих тривалостей відповідно до часових змін параметрів ТП, які надходять до перехрестя [14].

Внаслідок цієї вимоги виникає потреба у замкненні контура управління (див. рис. 3) введенням зворотного зв'язку з об'єктом управління, тобто необхідність вимірювання параметрів ТП за допомогою автоматичних приладів.

У сучасній техніці існує цілий ряд методів ОФР, що реалізують такий принцип. У спеціальній літературі їх поєднують одним терміном – методи місцевого гнучкого регулювання, скорочено – МГР.

Серед багатьох алгоритмів МГР завдяки відносно нескладній реалізації найпоширенішим в так званій алгоритм пошуку розривів у ТП-АПР, запропонований свого часу Міллером. Суть його полягає у такому [14].

Умовимося називати розривом у ТП інтервал часу $t_p \geq t$ між моментами проїзду деякого перерізу А, яке минають послідовні ТЗ (рисунок 2.1). Нехай кожний ТЗ, що наближається до перехрестя на зелений сигнал світлофора, подовжує цей сигнал на величину середнього часу проїзду відстані до степ-лінії, яка називається екіпажним інтервалом $t_{ек}$. Якщо в момент скінчення $t_{ек}$ в перерізі А не з'явиться наступний автомобіль, можна дійти висновку, що в потоці виник розрив не менший за величину $t_{ек}$, тобто $t_p \geq t_{ек}$. Це дозволяє закінчити зелений сигнал у напрямку І та передати пріоритет у русі напрямку ІІ.

Проте наприклад, за повної відсутності ТЗ на напрямку І, зелений сигнал на цьому напрямку повинен відразу виключитися опісля включення, що порушує умови безпеки руху. З цієї причини тривалість основного такту обмежується за мінімумом $t_{oc} \geq t_{3min}$.

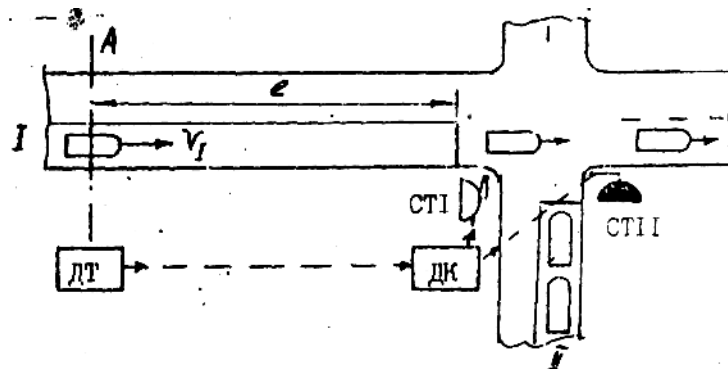


Рисунок 2.1 – Умови застосування адаптивного регулювання

Якщо ТЗ надходять з напрямку І з інтервалами $t_p < t_{ек}$ зелений сигнал на напрямку ІІ буде відсутній непередбачене довго. Тому вводиться обмеження основного такту І за максимумом $t_{oc} \leq t_{3max}$.

Таким чином, $t_{3min} \leq t_{oc} \leq t_{3max}$, і зміна тактів станеться незалежно від наявності розриву через термін t_{max} . АПР може поширюватися не на один основний такт, а на будь-яку їх кількість, відповідно до напрямків прибуття до перехрестя.

Апаратурно проблема вирішується за допомогою спеціальних автоматичних приладів – детекторів транспорту – ДТ, якими обладнуються контрольні перерізи на підходах до перехрестя, і які мають про водний зв’язок з дорожнім контролером ДК. Зазначимо, до речі, що дислокація контрольних перерізів на перехресті при організації АПР – це самостійна задача, яка докладно розглянута у [16].

Таким чином, при адаптивному регулюванні тривалості основних тактів, отже, і циклу регулювання не є сталими, а змінюються від циклу до циклу залежно від умов руху [13]:

$$T_{\min} \leq T \leq T_{\max};$$

$$T_{\min} = \sum_1^n t_{3\min i} + \sum_1^n t_{Di};$$

$$T_{\max} = \sum_1^n t_{3\max i} + \sum_1^n t_{Di};$$

де i - число фаз з АПР.

Це головна ознака режимів МГР.

Відомі (складніші алгоритми гнучкого регулювання, де тривалості основних тактів залежать не лише від наявності розривів у ТП і потребують докладнішої інформації про параметри ТП - інтенсивність, щільність руху, довжину черги тощо. Використовуються, наприклад, такі алгоритми [14]:

1. Мінімальна тривалість зеленого сигналу $t_{3\min}$ є функцією довжини черги на напрямку, де з’являється зелений сигнал у момент виключення заборонного сигналу. Кожний ТЗ у черзі (після перших 10) додає 1с до величини $t_{3\min}$

2. Величина екіпажного інтервалу $t_{ек}$ зменшується залежно від величини сумарної затримки на конфліктному напрямку.

3. Величина екіпажного інтервалу зменшується залежно від числа ТЗ на конфліктному напрямку.

4. Величина екіпажного інтервалу зменшується залежно від щільності потоку в дозволеному напрямку.

5. Алгоритм вирівнювання фазових коефіцієнтів, який передбачає розподілення фаз у циклі за результатами оперативних розрахунків завантаження на напрямках, що конфліктують.

6. Алгоритм вирівнювання ступеня насичення фаз, який полягає у такій зміні фаз всередині заданої тривалості циклу, щоб величини всіх x_i для всіх фаз були б однакові.

7. Алгоритм контролю потоків насичення, який полягає у порівнянні поточного значення інтенсивності руху на напрямку з величиною відповідного потоку насичення.

Треба зазначити, що на сучасному рівні обчислювальної мікроелектронної техніки принципово можливе і повністю оптимальне управління СФР на перехресті у класичній постановці [12].

Величина $t_{3 \min}$, визначається з таких міркувань [13]:

а) необхідного інтервалу часу для роз'їзду черги ТЗ, які зупинилися і чекають зеленого сигналу між стоп-лінією і контрольним перерізом;

б) необхідного інтервалу часу для переходу пішоходів (хоча б до осьової лінії вулиці).

За розрахункову приймається більша з величин, визначених у п. а) і б)

Зазвичай значення $t_{3 \min}$, лежить у межах 7...12с.

Мінімальна тривалість основного такту розраховується за формулами [14]:

$$t_{3 \min} = 3600 n_0 / M_n; \quad (2.20)$$

$$t_{3 \min} = 5 + B_{\text{пш}} / v_{\text{пш}}. \quad (2.21)$$

де M_n – середнє значення потоку насичення на одній смузі руху (в розрахунках відношення $3600/M_n$ можливо прийняти рівним 2с);

$v_{\text{пш}}$ – розрахункова швидкість руху пішоходів (зазвичай приймається 1,3 м/с).

В якості розрахункового приймають більше значення $t_{3 \min}$ але не менше 7с.

$$t_{3 \min} = 3 \cdot 2 = 6\text{с},$$

Приймаємо $t_{3 \min} = 7\text{с}$.

Максимальна тривалість основного такту розраховується за формулою:

$$t_{3 \max} = (1,2 \div 1,3) t_0, \quad (2.22)$$

$$t_{3 \max} = (1,2 \div 1,3) 26 = 32\text{с}.$$

Екіпажний час визначається за формулою:

$$T_{\text{ек}} = 3,6 S_{\text{дт}} / v_a, \quad (2.23)$$

$$t_{\text{ек}} = 3,6 \cdot 50 / 55 = 4\text{с}.$$

Алгоритм роботи світлофорної сигналізації в режимі адаптивного регулювання наведено на листі №10 графічної частини.

Схеми пофазового розїзду та розміщення ДТ наведено на листі №11 графічної частини.

2.5 Розробка структури та вибір технічних засобів АСУ ДР

Окрім об'єктів управління потоками до складу АСУ ДР в містах входять: технічні засоби АСУ ДР, математичне забезпечення та обслуговуючий персонал [15].

Технічні засоби АСУ ДР, в свою чергу, поділяються за територіальним принципом: на периферійні, центральні, пристрої зв'язку.

До периферійних технічних засобів АСУ ДР відносяться: детектори транспорту, дорожні контролери, транспортні й пішохідні світлофори, пристрої акустичної сигналізації, пішохідні визивні пристрої, виносні пульти ручного управління, апаратура пріоритетного пропуску, контрольно-діагностична апаратура, апарат дослідження дорожнього руху, керовані знаки тощо [16].

Центральні технічні засоби АСУ ДР представлені таким устаткуванням: керуючий обчислювальний комплекс (КОК), диспетчерські пульти оперативного управління, план-схема об'єкта управління з елементами індикації і сигналізації – мнемосхема, координатори, пристрій резервного управління, сервісна апаратура, засоби телевізійного контролю.

Пристрої зв'язку включають: лінії зв'язку, центральні і периферійні пристрої обміну інформацією, пристрої вибіркового опитування, засоби радіо- і телефонного зв'язку [16].

Математичне забезпечення підрозділяється на зовнішнє та внутрішнє. Зовнішнє – це набір програм, які реалізують конкретний алгоритм управління об'єктом. Внутрішнє математичне забезпечення – це операційні системи, необхідні для нормальної роботи обчислювальної техніки (службові програми, програми контролю, діагностики тощо) [16].

Обслуговуючий персонал – штат спеціалістів, який виконує функції управління рухом, а також експлуатацію і обслуговування технічних засобів АСУ ДР, підготовку та корегування програм.

Наявність ознак різноманітних видів у єдиній системі обумовило можливість утворення інтегрованих АСУ ДР, що здійснюють багатоцільове управління.

У залежності від структури побудови розрізняють централізовані, децентралізовані та комбіновані АСУ ДР [16].

До функцій, що забезпечують управління дорожнім рухом за допомогою АСУ ДР на міських магістралях, відносяться [16]:

- локальне управління рухом на ізольованих перехрестях (адаптивне, жорстке, резервне, ручне тощо);
- координоване управління на окремих магістралях, маршрутах (гнучке, жорстке);
- перерозподіл транспортного потоку між головними магістралями та їхніми дублерами;
- забезпечення пріоритетного проїзду для спеціального і суспільного транспорту через окремі перехрестя, або по встановленим маршрутам;
- вибіркове завдання режимів руху на одному або групі перехресть;
- повний або частковий дозвіл (заборона) руху на визначених вулицях при проведенні масових засобів і дорожніх робіт;
- введення одностороннього або реверсивного руху при періодичних перевантаженнях окремих напрямків, магістралей;
- виявлення і ліквідація передзаторових ситуацій на перехрестях;
- розрахунок схем організації дорожнього руху, зміна схем руху на перехрестях у залежності від запитів транспортних засобів та пішоходів у відповідних напрямках;
- контроль дотримання швидкості руху, встановленої планом координації;
- візуальний контроль дорожнього руху на найбільш завантажених перехрестях і магістралях;
- контроль екологічного стану середовища на автомагістралях і вулицях і управління рухом з урахуванням його рівня.

Беручі до уваги високу вартість робіт по проектуванню та введення в дію АСУ ДР умістах необхідно вже на предпроектній стадії орієнтуватися на такий рівень АСУ ДР, який був би необхідним та достатнім для бажаних цілей управління. При цьому обираючи конкретну типову структуру системи необхідно приймати до уваги її призначення та ефективність технологій управління на перспективу [16].

Базова модель АСУ ДР 1.1 використовується для управління на перехрестях при невеликих та середніх інтенсивностях транспортного потоку. АСУ ДР 1.2 – для управління на перехрестях з нерівномірною загрузкою регулюємих напрямків. АСУ ДР 1.3 – для на перехрестях, які мають нерівномірну загрузку на протязі доби. Таким чином технологія управління на першому рівні представляє собою введення світлофорного регулювання на ізольованих перехрестях вулично-дорожньої мережі.

Ефективність та доцільність систем першого рівня може бути оцінена за допомогою відомих методик для розрахунку ефективності введення світлофорного регулювання.

Вибір другого рівня, який використовує методи координованого регулювання, може оцінюватись на основі статистичного аналізу ефективності вже існуючих аналогічних систем [16]. Так, при введенні АСУД 2.1 середня швидкість руху транспортних засобів збільшується приблизно на 10%, затримки транспорту на перехрестях в напрямку координації зменшуються приблизно на 15%. Введення в дію АСУД 2.2 сприяє збільшенню середньої швидкості руху на 12-15% та зменшенню затримок транспорту на перехрестях за маршрутами, які координуються – на 15-20%.

Введення АСУД 3 сприяє збільшенню середньої швидкості руху на 12-15% та зменшенню затримок транспорту на перехрестях за маршрутами, які координуються – на 20-25%, а також зменшенню кількості ДТП в районі управління на 15-20% та зниженню кількості шкідливих викидів в атмосферу

і рівня транспортного шуму [16]. При цьому треба відмітити, що, чим ширше масштаб управління, тим більше проявляється позитивний ефект управління.

Виходячи з цілей яких ми прагнемо досягти за рахунок введення автоматизованої системи управління нам необхідно обрати АСУД 1.3 та 1.2. Це дозволяє забезпечити оптимальний рух інтенсивних транспортних та пішохідних потоків на вулично-дорожній мережі міста та сприяє збільшенню середньої швидкості руху на 10-15% та зменшенню затримок транспорту на 15-20% [16].

Для наших умов найбільше підходить контролер типу ДК РЕ 2000. Цей контролер має:

- один блок управління світлофорних об'єктів, який забезпечує перетворення сигналів від зовнішніх пристроїв у сигнали включення світлофорних ламп та формування відповідної сигналізації про фазу руху, яка обробляється;
- два блока переключення світлофорних сигналів, які обробляють команди, що посилаються у силову частину контролера на переключення ламп світлофорних об'єктів, контролює перегорання ламп красних сигналів, забезпечує відпрацювання програм додаткових тактів;
- один блок вибору та синхронізації програми, який забезпечує синхронізацію контролерів у безцентровій системі координації;
- два уніфікованих блока живлення, що забезпечує обробку напруги живлення логічних елементів контролера (БПУ-6, БПУ-9);
- блок синхронізації годинника.

Властивості ДК01ЕКП:

- виклик фази пішоходами;
- режим жовтого пробліскового (60 пробліскових ламп жовтого сигналу у одній хвилині);
- ручне управління як з виносного пульта, так і з органів управління, які знаходяться на блоках контролера;
- робота у діапазоні температур від -50°C до +50°C ;

- тривалість основних тактів від 3 до 20 секунд;
- максимальна потужність навантаження, яка комутується у такті, 3300 Вт;

- максимальна кількість фаз регулювання – 4;
- максимальна кількість напрямів руху – 8;
- кількість програм у контролері – 3.

В роботі запропоновано використати комплекти детекторів транспорту базового типу РЕ2001.

Комплект апаратури детекторів транспорту РЕ2001 призначений для розширення функціональних можливостей серійних контролерів і служить для вимірювання інтенсивності та швидкості руху транспортних засобів, що дозволяє реалізувати:

- роботу світлофорного об'єкту в режимі місцевою гнучкого регулювання МГР за алгоритмом пошуку розривів в транспортному потоці, що забезпечує оптимальну насиченість тактів світлофорного регулювання;
- ефективну роботу ЦУП в режимі гнучкого координованого управління на магістральній мережі міста.

Склад РЕ2001:

- модуль детекторів транспорту РЕ2204, що розміщується у корпусі контролера;
- до 16 детекторів транспорту ДТ РЕ2306, які монтуються над смугами руху і не потребують руйнування дорожнього одягу та проведення коштовних земляних робіт;
- блок живлення ДТ - РЕ2103, що також розміщується у корпусі контролера РЕ2000.

РЕ2001 забезпечує:

- визначення інтенсивності транспортного потоку від 0 до 500 фізичних одиниць за годину з похибкою не більше 4%;
- визначення швидкості руху транспортних засобів в діапазоні від 3

до 120 км/год з похибкою не більше 4%;

- виявлення транспортних засобів з габаритними розмірами:

довжина, не менше 2м;

ширина не менше.....1,3 м;

- максимальну довжину лінії зв'язку між блоками

РЕ2306 і РЕ2204, не більше 500 м;

- висота розташування ДТ над смугою руху $5 \pm 0,5$ м;

- споживна потужність одним ДТ, не більше. 3 ВА;

- габаритні розміри одного ДТ, не більше.....120x210x130мм;

- маса одного ДТ, не більше 3 кг;

- кількість детекторів транспорту, шт. до 16;

- похибка виявлення транспортних засобів, не більше, %.....4.

Запропонована схема технічних засобів організації дорожнього руху за проєктними варіантами наведена на листі №7 графічної частини.

Схеми розроблені з урахуванням вимог відповідних нормативних документів [6-10].

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

Обсяг капіталовкладень для введення в дію технічних засобів має таку структуру [16]:

$$K = K_{тз} + K_p \quad (3.1)$$

де $K_{тз}$ – капітальні вкладення на придбання ТЗОДР, грн.;

K_p – капітальні вкладення для введення в дію технічних засобів ОДР, грн.

До капітальних витрат на ТЗОДР за першим проектним варіантом відносяться витрати на придбання 2-х транспортних світлофорів, 100 м кабелю, 2-х стійок для транспортних світлофорів, 6-ти дорожніх знаків. Також до капітальних витрат належать витрати на кабельні роботи зі 100 м кабелю, витрати з монтажу 2-х світлофорів, 6-ти дорожніх знаків.

Капітальні витрати на придбання світлофорів становитимуть з урахуванням необхідності придбання 2-х транспортних та 2 стійок відповідно:

$$K_{св} = 2 \cdot 16727 + 2 \cdot 3552 = 40558 \text{ грн.}$$

Довжина кабелів складає 100м, вартість кабелю складає 56 грн/м, таким чином витрати на кабель становитимуть:

$$K_{\kappa} = 100 \cdot 56 = 5600 \text{ грн.}$$

Витрати на закупівлю дорожніх знаків K_z розраховані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Витрати на дорожні знаки

Тип знаку	Вартість 1 знаку	Кількість знаків	Сума
Круглий	601	2	1202
Трикутний	489	1	489
Прямокутний	688	3	2064
Разом		6	3755

Витрати на прокладання кабелю дорівнюватимуть:

$$K_m = 40 \cdot 363 + 60 \cdot 86 = 19680 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж 1 світлофора становлять 616 грн., таким чином витрати на монтажні роботи зі світлофорами:

$$K_c = 2 \cdot 616 = 1232 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж 1 стійки для світлофора становлять 528 грн., таким чином витрати на монтажні роботи зі стійками:

$$K_{cm} = 2 \cdot 528 = 1056 \text{ грн.}$$

Витрати на встановлення 6-ти дорожніх знаків з урахуванням вартості встановлення 473 грн./од. становитимуть:

$$K_z = 6 \cdot 473 = 2838 \text{ грн.}$$

Таким чином, сума капітальних вкладень становитиме:

- на технічні засоби ОДР:

$$K_1 = 40558 + 5600 + 3755 = 49913 \text{ грн.}$$

- на виконання робіт:

$$K_p = 19680 + 1232 + 1056 + 2838 = 24806 \text{ грн.}$$

Загальні капіталовкладення дорівнюють:

$$K = 49913 + 24806 = 74719 \text{ грн.}$$

За другим проєктним варіантом необхідно додатково придбати 3 детектори транспорту і дорожній контролер:

$$K = 74719 + 34188 + 3 \cdot 6840 = 129427 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок поточних витрат

Поточні витрати складаються з витрат на відновлення дорожньої розмітки, на оплату електричної енергії, що її споживають світлофори, а також робіт, пов'язаних з ремонтом технічних засобів [11].

За першим проєктним варіантом за наявності додаткових 2 світлофорів:

$$C_{св} = 2 \cdot 0,015 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,9 \cdot 2,698 = 638,14 \text{ грн / рік.}$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять:

$$A = 74719 \cdot 0,24 = 17932,56 \text{ грн}.$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем-тз}} = 74719 \cdot 0,05 = 3735,95 \text{ грн / рік}.$$

Експлуатаційні витрати на розмітку становлять:

$$C_{\text{розм}} = 9 \cdot 94 = 846 \text{ грн / рік}.$$

Загальні експлуатаційні витрати за першим проєктним варіантом складають:

$$C_1 = 638,14 + 17932,56 + 3735,95 + 846 = 23152,65 \text{ грн / рік}.$$

За другим проєктним варіантом за наявності додаткових 2 світлофорів та трьох детекторів:

$$C_{\text{св}} = 2 \cdot 0,015 + 3 \cdot 0,03 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,9 \cdot 2,698 = 2552,53 \text{ грн / рік}.$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять:

$$A = 129427 \cdot 0,24 = 31062,48 \text{ грн}.$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем-тз}} = 129427 \cdot 0,05 = 6471,35 \text{ грн / рік}.$$

Експлуатаційні витрати на розмітку становлять:

$$C_{розм} = 9 \cdot 94 = 846 \text{ грн / рік.}$$

Загальні експлуатаційні витрати за другим проєктним варіантом складають:

$$C_2 = 2552,53 + 31062,48 + 6471,35 + 846 = 40932,36 \text{ грн / рік.}$$

3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті

Економія від зменшення затримок на перехресті визначається добутком різниці тривалостей затримок в проєктних та базовому варіантах та вартості цієї різниці затримок [11]:

$$E_{затр} = Z_e \cdot C_{затр}. \quad (3.3)$$

Економія часу від введення проєктних режимів регулювання на перехресті становитиме [11]:

$$Z_e = Z_{\delta} - Z_{пр}, \quad (3.4)$$

де Z_{δ} – сумарна річна затримка за напрямками регулювання для базового варіанта;

$Z_{пр}$ – сумарна річна затримка за напрямками регулювання для проєктного варіанта.

За даними програми МРЛ, сумарна річна затримка за напрямими регулювання для базового варіанта складає 10412,21 год/рік.

За першим проєктним варіантом сумарна річна затримка розрахована за допомогою програми МРЛ складає 8857,3 год/рік.

$$Z_e = 10412,21 - 8857,3 = 1554,91 \text{ год./рік.}$$

Вартість цієї різниці визначається таким чином [11]:

$$C_{mz} = \frac{Z_{zag} \times D_i \times S}{K_{zg}}, \quad (3.5)$$

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

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

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

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

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів виконується за формулою [11]:

$$C_{nac} = \frac{Z_{zag} \times D_i \times P \times K_{vnm} \times S_g}{K_{zg}}, \quad (3.6)$$

де P - пасажиромісткість i -го виду ТЗ;

K_{vnm} - коефіцієнт використання пасажиромісткості;

S_g - вартість години часу пасажирів.

Результати розрахунку вартості економії затримок за наведені в табл.

3.2.

За другим проєктним варіантом сумарна річна затримка за напрямими регулювання розрахована за допомогою програми МРЛ складає 8715,21 год/рік.

$$Z_e = 10412,21 - 8715,21 = 1697,00 \text{ год./рік.}$$

Таблиця 3.2 – Параметри розрахунку вартості економії затримок

Параметр	Тип транспортного засобу				Разом
	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт.	
Доля в потоці, %	77,1	5,7	2,9	14,3	
Пасажиromісткість	4		50	18	
Коеф. використ. пасажиромісткості	0,4		0,75	0,75	
Вартість машино-години, грн	300	600	750	400	
Вартість людино-години, грн	25,13				
Транспортні затримки, год/рік	1198,84	88,63	45,09	222,35	1554,91
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	48202,78	0,00	42493,94	75434,07	166130,80
Вартість згаяних машино-годин, грн	359650,68	53177,92	33819,29	88940,85	535588,75
Загалом, грн/рік	407853,47	53177,92	76313,23	164374,92	701719,54

Результати розрахунку вартості економії затримок за другим варіантом наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри розрахунку вартості економії затримок

Параметр	Тип транспортного засобу				Разом
	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт.	
Доля в потоці, %	77,1	5,7	2,9	14,3	
Пасажиromісткість	4		50	18	
Коеф. використ. пасажиромісткості	0,4		0,75	0,75	
Вартість машино-години, грн	300	600	750	400	
Вартість людино-години, грн	25,13				
Транспортні затримки, год/рік	1462,59	108,13	55,01	271,27	1897,00
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	58807,70	0,00	51842,88	92030,04	202680,62
Вартість згаяних машино-годин, грн	438776,10	64877,40	41259,75	108508,40	653421,65
Загалом, грн/рік	497583,80	64877,40	93102,63	200538,44	856102,27

3.4 Розрахунок економічної ефективності роботи

Визначимо умовну економію від введення в дію автоматизованої системи управління дорожнім рухом за варіантами:

$$E_1 = 701719,54 \cdot 0,2 - 23152,65 = 117191,26 \text{ грн};$$

$$E_2 = 856102,27 \cdot 0,2 - 40932,36 = 130288,09 \text{ грн};$$

Строк окупності капіталовкладень [16]:

$$T_{ок} = \frac{K}{E}. \quad (3.7)$$

За першим проєктним варіантом:

$$T_{ок} = \frac{74719}{117191,26} = 0,64 \text{ року.}$$

За другим проєктним варіантом:

$$T_{ок} = \frac{129427}{130288,09} = 0,99 \text{ року.}$$

Введення запропонованих проєктних рішень на заданій вулично-дорожній мережі є доцільним. Строк окупності капіталовкладень складе менше року. Техніко-економічні показники проєкту наведені на слайді 12 графічної частини.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

В роботі «Оптимізація режиму світлофорного регулювання на перехресті бул. Вінтера та вул. Гребельної» розглядається аналіз потенційних небезпек, які впливають на дослідника під час проведення досліджень. Розробляються заходи по їх усуненню. Розглядаються питання пожежної безпеки та цивільного захисту.

Статистичні данні можливо збирати поза допомогою системи One-line. Тому дослідник може працювати за ПК. Розглянемо небезпеки при роботі на ПК

4.1.1 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.

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

4.1.3 Підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручення проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше.

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

4.1.5 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.

4.1.6 Порушення мікроклімату в кімнаті, де розташований ПК. Від працюючої оргтехніки, інших назріваючих приладів температура в кімнаті підвищується, що призводить до дискомфорту оператора, до швидшої втоми.

4.1.7 Електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що 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.

4.1.8 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..

4.1.9 Негативний вплив шкідливих факторів середовища в дослідницькій лабораторії облаштованої ПК .

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

4.2.1 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.

4.2.2 Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками які живляться напругою

до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

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

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

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

4.3.1 Вимоги до мікроклімату приміщень обладнаних ПК з ВДТ

У виробничих приміщеннях, на робочих місцях з комп'ютерною технікою забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості переміщення повітря, для легкої робіт категорій 1б, згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», наведених у таблиці 4.1

Таблиця 4.1

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.

4.3.2 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 4.2.

Таблиця 4.2 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.

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

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

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

4.3.4 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 4.1.

Таблиця 4.1

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

Далі було оброблено отримані данні.

Таблиця 4.2 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники, $P_{\text{вим.}}$	Час дії, год.	ГДК, ГДР, показники $P_{\text{доп.}}$	$X_{\text{визн.}}$ бали	Клас умов праці	X_i бали
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ\text{C}$	29	10	22-25.1	3.2	3.3	3
Освітленість приміщення $E, \text{лк}$	150	9	200	-	3.2	2
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z_{op}	Б-2	-	-	-	-	-
Рівень шуму $L, \text{дБА}$	109	6	60	-	3.3	2.25
Загальні енергозатрати організму, Вт	340	6	290	0.87	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні	61000	6	40000	1.14		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	80	6	75	0.8		
Тривалість робочого дня, год.	9	9	8	0.18		

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

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

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

T - тривалість робочої зміни, год.;

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

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

Загальні енерговитрати організму:

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

де $\Pi_{\text{виз}}$ – виміряні показники важкості та напруженості праці;

T – час дії показника важкості та напруженості праці;

$K_{\text{знач}}$ – коефіцієнт значимості показника, для основних показників $K_{\text{знач}} = 1,0$, для допоміжних $K_{\text{знач}} = 0,15$;

8– тривалість робочої зміни, год.;

$P_{\text{дон}}$ – допустимі рівні показників важкості та напруженості праці.

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

Стереотипні робочі рухи:

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

Тривалість зосередженої уваги:

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

Тривалість робочого часу:

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

Сума всіх коефіцієнтів:

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

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

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

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

$$X_{\text{сум}} = 3 + 2 + 2.25 + 2 = 9.25$$

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

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

1 Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 2 ступеню (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, важкість та напруженість праці дослідника належать до категорії Іб, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Іб, а саме:

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

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

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;
- збільшити кількість освітлювальних приладів, щоб загальна освітленість приміщення становила 200 лк.
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідників де є ПК необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою

зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрати організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 8 год;
- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;
- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

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

5.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії що обладнане ПК має площу 37 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). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

Згідно до статті 39 «Кодексу цивільного захисту України». Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- 1 за місцем роботи - працюючого населення;
- 2 за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 3 за місцем проживання - непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

1 Працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

2 Дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3 Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

4 Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

5 Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Стаття 40 регламентує навчання працюючого населення.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також

під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

5.5 Висновки до розділу

В даному розділі був розглянутий аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника при обробці статистичних даних на ПК. Та розроблені заходи по їх усуненню. Розроблені заходи по санітарно-гігієнічних факторах, по пожежній безпеці. Та показані заходи по цивільному захисту.

ВИСНОВКИ

Завдання роботи передбачало удосконалення організації дорожнього руху транспортних засобів на перехресті вул. Гребельна та бул. Вінтера м. Запоріжжя.

В роботі запропоновано автоматизовану систему управління дорожнім рухом яка реалізує контур гнучкого регулювання та багатопрограмне регулювання на ізолюваному перехресті.

Проведено аналіз статистичних даних аварійності на перехресті.

Визначено склад транспортного потоку, середню швидкість, інтенсивність руху транспортних засобів.

На базі проведених спостережень розраховано параметри, необхідні для проектування АСУ ДР.

Визначено оптимальну швидкість транспортних засобів. Проведено вибір оптимальних елементів циклу регулювання (тривалість додаткових і основних тактів), в результаті чого був обрано оптимальну структуру циклу регулювання для заданих умов.

Побудовано циклограми світлофорного регулювання на основі структури пофазного роз'їзду транспортних засобів.

Обрано тип детектора транспорту – ДТ РЕ2306. На ВДМ запропоновано встановити комплект апаратури детекторів транспорту РЕ2001.

На основі нормативних документів з організації дорожнього руху спроектовано дислокацію та склад необхідних технічних засобів: дорожньої розмітки, світлофорів, дорожніх знаків.

Введення в дію проекту регулювання та організації руху на заданій ділянці є економічно доцільним.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения [Текст]/ Г.И. Клинковштейн. – М.: Транспорт, 2001. – 240 с.
2. Самойлов Д.С. Организация дорожного движения [Текст] / Д.С. Самойлов, В.А. Юдин, П.В. Рушевский. – М.: Высшая школа, 1981. – 256 с.
3. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]/ В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
4. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения [Текст]/ Я.В. Хомяк. – К.: Высшая школа, 1986. – 271 с.
5. Капитанов В.Т. Управление транспортными потоками в городах [Текст]/ В.Т. Капитанов. – М.: Транспорт, 1980. – 189 с.
6. ДСТУ 4158-2003. Безпека дорожнього руху. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом. Загальні вимоги. – К.: Держстандарт України.
7. ДСТУ 4100-2014. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. - К.: Держстандарт України.
8. ДСТУ 2587:2010. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. Правила застосування. - К.: Держстандарт України.
9. ДСТУ 4092-2002. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки. – К.: Держстандарт України.
10. СОУ 45.2-00018112-048:2010. Безпека дорожнього руху дороги загального користування. Проект (схема) організації дорожнього руху на автомобільній дорозі. – К.: Держстандарт України.
11. Руководство по проектированию и внедрению автоматизированной системы управления дорожным движением на базе АССУД. – М.: ВНИИБДД МВД СССР, 1981. – 232 с.

12. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]/ Ю.А. Кременец. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
13. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения [Текст]/ Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
14. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст]/ Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. – М.: Академкнига, 2005. – 279 с.
15. Полищук В.П. Проектирование автоматизированной системы управления дорожным движением на автомобильных дорогах [Текст]/ В.П. Полищук. – К.: УМК ВО, 1990. – 55 с.
16. Єресов В.І. Автоматизовані системи управління дорожнім рухом [Текст]/ В.І. Єресов, П.П. Кулай. – Полтава: Друкарня УМВСУ, 2004. – 152 с.