

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Навчально-науковий інститут транспорту і будівництва

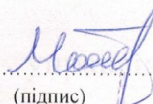
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня магістр

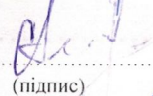
галузі знань 27 «Транспорт»
спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)»
спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

на тему: «Підвищення ефективності роботи транспортної системи міста шляхом формування інтелектуальної транспортної системи»

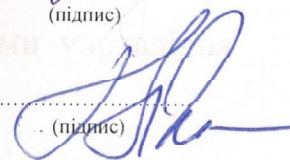
Виконав: здобувач вищої освіти групи ОПАТ-19зм
Матушкін Д.В.


(підпис)

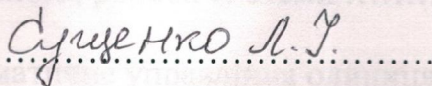
Керівник: доц. Ключев С.О.


(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


(підпис)

Рецензент


.....
(підпис)

перегонах в кожен момент часу порівнюється з розрахованими раніше допустимими значеннями. Якщо отримане значення перевищує допустимий, тимчасова траєкторія даного автомобіля послідовно зсувається на один крок і знову порівнюється до тих пір поки порогові значення не будуть дотримані. Кількість кроків зсуву визначає час необхідної затримки даного автомобіля. Це значення присвоюється автомобілю як атрибут, а його траєкторія зі зрушенням додається у внутрішню модель і враховується при розрахунку затримок для наступних заявок. Підпрограма відстежує коли закінчиться призначений час затримки і випускає автомобіль. Затримка автомобілів в даному випадку відбувається за допомогою призначення автомобілю незначній швидкості руху (0,1-0,5 км / ч). Значення розрахованих затримок підсумовуються для визначення підсумкових показників роботи. Експеримент порівнює результати функціонування різних фрагментів ВДМ при наявності і відсутності описаного управління за критерієм сумарного часу перебування автомобілів в мережі. Кількісні показники сумарного перебування автомобілів в мережі виводяться вбудованими засобами програмного комплексу, при цьому допоміжні буферні ділянки не беруть участі в зборі статистики. Значення загальної примусової затримки підсумовуються з даними за часом перебування автомобілів в мережі. Експеримент порівнює результати функціонування різних фрагментів ВДМ при наявності і відсутності описаного управління за критерієм сумарного часу перебування автомобілів в мережі. Кількісні показники сумарного перебування автомобілів в мережі виводяться вбудованими засобами програмного комплексу, при цьому допоміжні буферні ділянки не беруть участі в зборі статистики. Значення загальної примусової затримки підсумовуються з даними за часом перебування автомобілів в мережі. Розрахунок порівнює результати функціонування різних фрагментів ВДМ при наявності і відсутності описаного управління за критерієм сумарного часу перебування автомобілів в мережі. Кількісні показники сумарного перебування автомобілів в мережі виводяться вбудованими засобами програмного комплексу, при цьому

допоміжні буферні ділянки не беруть участі в зборі статистики. Значення загальної примусової затримки підсумовуються з даними за часом перебування автомобілів в мережі.

Для всіх розрахованих об'єктів застосовувався один профіль зміни навантаження імітує ранкову годину пік: з інтервалом 20 хв навантаження зростала від 50% до 120%, а потім знижувалася, загальний період моделювання склав 4 години. Період максимального навантаження в 120% становив 40 хв. За 100% був прийняті потоки відповідні максимуму продуктивності, що оцінюється на підготовчому етапі.

Перший об'єкт являє собою ділянку дороги має спочатку дві смуги для руху потім звужується до однієї смуги. Зображення моделі ділянки приведено на рисунку 3.6.



Рисунок 3.6. ділянка звуження

Нерегульоване перехрестя є перетин двох доріг під прямим кутом. Кожна дорога має по дві смуги руху в кожному напрямку, на перехресті дозволені всі маневри, крім розвороту. Співвідношення обсягу попиту на головній дорозі і другорядною 95/5. Співвідношення прямого і поворотних потоків на всіх підходах однакове і становить 80% прямо, 15% направо і 5% наліво. Зображення моделі нерегульованого перехрестя наведено на рисунку 3.7.

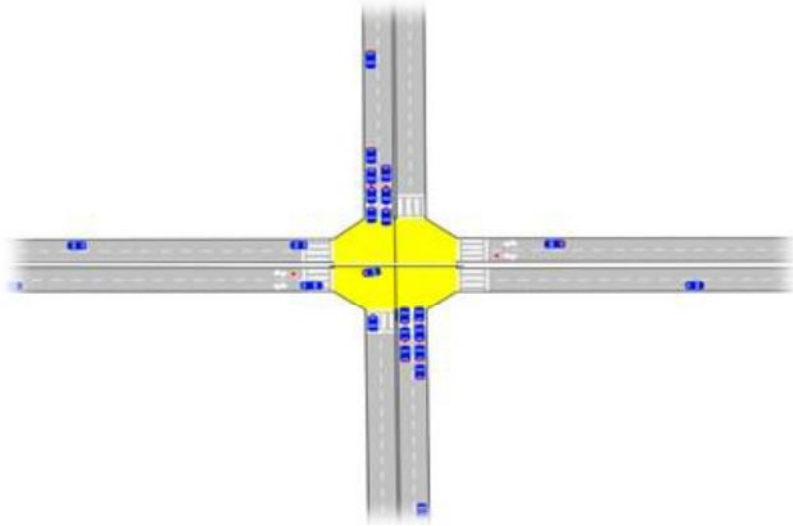


Рисунок 3.7. Нерегульоване перехрестя

Регульоване перехрестя утворений перетином двох вулиць під прямим кутом, кожна вулиця має по 3 смуги руху. На перехресті дозволені всі напрямки руху, крім розвороту, рух прямо дозволено з усіх смуг, поворотні потоки рухаються з крайніх смуг. Співвідношення обсягу навантаження по підходах однакове. Співвідношення прямого і поворотних потоків на всіх підходах також однакове і становить 80% прямо, 15% направо і 5% наліво. Режим регулювання має 2 фази тривалістю по 45 с, з яких 36 з основної такт і 9 з проміжний. Загальна тривалість циклу становить 90 с. Зображення моделі регульованого перехрестя наведено на рисунку 3.8.

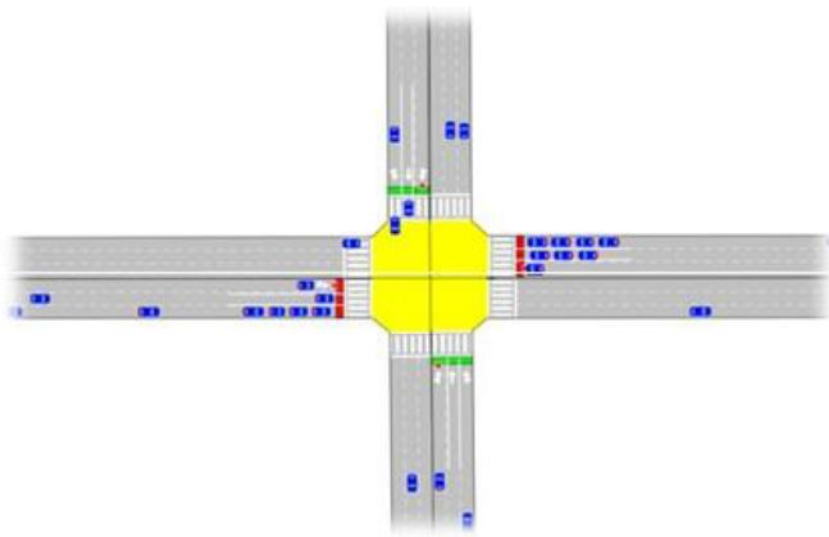


Рисунок 3.8. Регульоване перехрестя

Кільцевий перетин утворено двома шляхами мають по 3 смуги руху в кожному напрямку, діаметр центрального острівця складає 50 м. Кільцева проїжджа частина також має 3 смуги руху. Пріоритет мають автомобіль рухаються по кільцю. Співвідношення обсягу навантаження по підходах однакове. Зображення моделі кільцевого перетину наведено на рисунку 3.9.

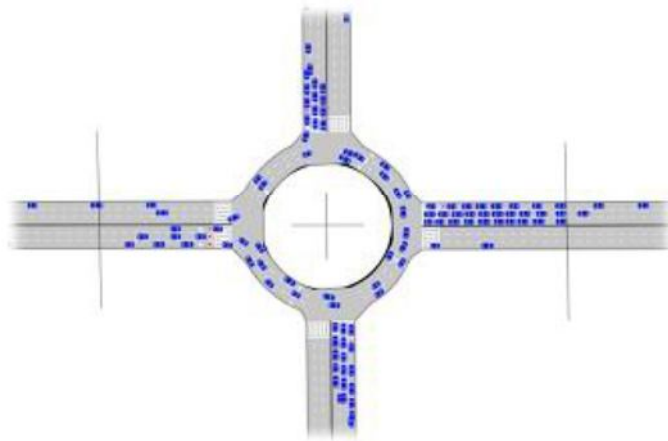


Рисунок 3.9 Кільцевий перетин

Розв'язка в різних рівнях є перетин двох магістралей мають 2 смуги руху по основному ходу в кожному напрямку. У місцях поворотних з'їздів проїжджа частина уширюється до 3 смуг. Радіус внутрішніх лівоповоротних з'їздів становить 60 м. Співвідношення обсягу навантаження по підходах однакове. Співвідношення прямого і поворотних потоків на всіх підходах також однакове і становить 80% прямо, 15% направо і 5% наліво. Зображення моделі розв'язки в різних рівнях наведено на рисунку 3.10.

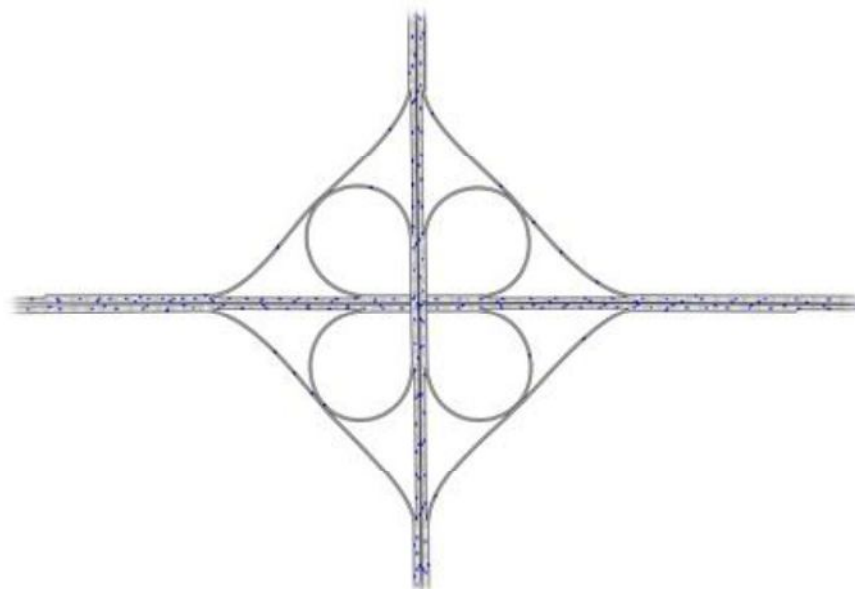


Рисунок 3.10 Розв'язка типу “лист конюшини”

Усереднені по всьому прогонів результати з зазначеними об'єктами наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати розрахунку для різних об'єктів

Ділянка ВДМ	сумарний час в дорозі до, с	сумарний час в дорозі після, с	зниження в%
Звуження з 2 до 1 смуги	1392126	657084	52,8
нерегульоване перехрестя	4508015	4453919	1,2
регульоване перехрестя	4545382	4568109	-0,5
кільцевий перетин	16216521	10508306	35,2
Розв'язка типу «лист конюшини»	15406458	8072984	47,6

Окремо взяті регульований і нерегульований перехрестя не показали зниження затримок. У зв'язку з цим інтерес представляє проведення даного

розрахунку з деяким ділянкою ВДМ має кілька перетинів різних типів. Для експерименту було обрано фрагмент ВДМ Центрального району включає 1 кільцеве, 15 нерегульованих і 25 регульованих перетинів. Дані по параметрам регулювання і навантаженні на дану мережу взяті з матеріалів виконаного раніше проекту щодо вдосконалення ОДР в даному районі. Навантаження відповідає вечірнього часу пік з 18.00 до 19.00. Зображення моделі досліджуваного фрагмента ВДМ наведено на рисунку 3.11.

Результат розрахунку з фрагментом реальної ВДМ показав зниження сумарного часу перебування в мережі на 18,1%. Проведені розрахунки носять характер попередньої оцінки, їх чисельні результати досить наближено відображають можливу ефективність запропонованої системи. Це обумовлено як похибками в відтворенні поведінки транспортних потоків програмним комплексом, так і недосконалістю програмної реалізації запропонованого методу. Однак, отримані результати показують значний позитивний ефект і спільно з теоретичним обґрунтуванням можуть служити переконливим підтвердженням ефективності запропонованої системи управління.

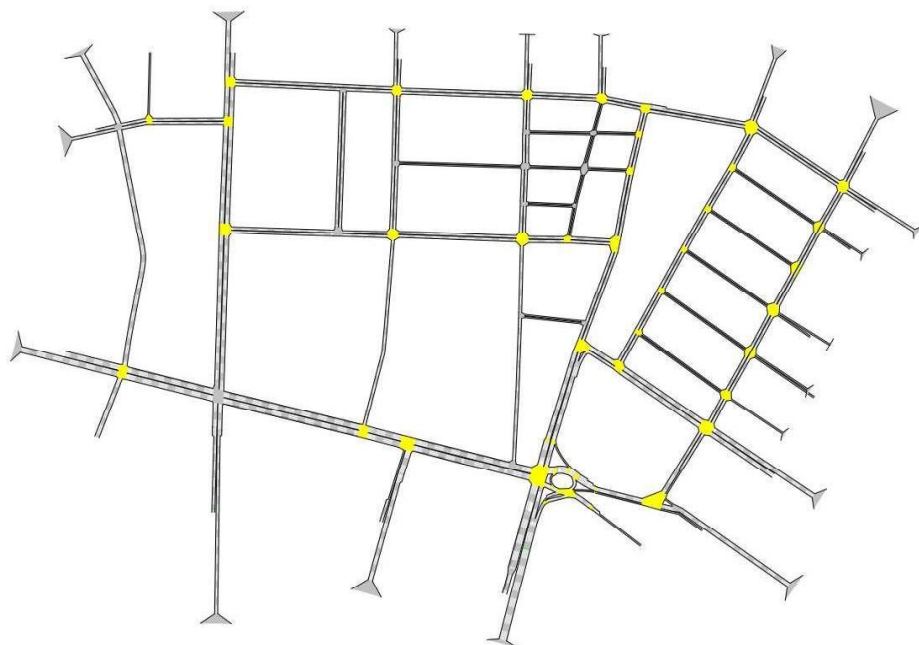


Рисунок 3.11. Досліджуваний фрагмент ВДМ

3.4. Технологія роботи системи

При розгляді питання практичного впровадження пропонованої системи управління формуванням транспортних потоків слід більш детально описати технологію і особливості її роботи.

Як уже зазначалося, ключовою відмінністю пропонованої системи є перехід від передачі керуючих впливів транспортному потоку в цілому до управління на рівні окремого ТЗ. Також система передбачає регулювання доступу до ВДМ до початку руху автомобіля від місця парковки. Отже необхідно законодавчо зобов'язати кожного водія перед вчиненням поїздки подавати заявку із зазначенням пункту призначення. При надходженні заявки в центр управління вона обробляється відповідно до розробленого алгоритму, результатом обробки є час виїзду на ВДМ і маршрут руху. Водій зобов'язаний слідувати вказівкою системи по часу виїзду і маршруту руху. Таким чином, можна сказати, що у кожного водія з'являється «індивідуальний світлофор». За порушення заборони на виїзд і не погодженого відхилення від маршруту повинен бути передбачений значний штраф. У цьому питанні виникає складність в ідентифікації порушника, оскільки для охорони прав і свобод особистості встановлені прилади можуть не містити інформації про власника автомобіля. У такій ситуації можна включити до складу даних про автомобіль його VIN номер, на підставі якого за спеціальним запитом до відповідних інстанцій вже можна буде визначити власника.

Можливість бронювання часу виїзду заздалегідь повинна бути виключена, для цього слід передбачити обмежений час дії дозволу на поїздку (наприклад 5 хв), після закінчення якого при відсутності переміщення автомобіля заявка анулюється. Однак при виникненні екстреної ситуації (загроза життю, здоров'ю або майну) слід передбачити можливість негайного виїзду. Водій може повідомити про екстрену ситуацію в центр управління натиснувши спеціальну кнопку і почати рух. У разі натискання цієї кнопки з водієм зв'яжеться диспетчер і вкаже подальші дії, також в цьому випадку водій повинен буде підтвердити факт екстреної ситуації.

Транспорт загального користування, в тому числі таксі, а також автомобілі спецслужб мають безумовний пріоритет доступу на ВДМ.

Процес впровадження системи доцільно розбити на етапи, першим етапом може бути робота системи в режимі рекомендацій з паралельним оснащенням всього парку ТЗ бортовими пристроями та розгортанням систем позиціонування і зв'язку. Потім директивне управління доступом може застосовуватися на окремих магістралях і фрагментах ВДМ. На цих етапах буде проводитися збір статистичної інформації, що дозволяє проаналізувати роботу системи і підготувати базу для переходу до останнього етапу, на якому директивного управління доступом і вказівки маршруту поширяться на всю ВДМ агломерації.

Одними з найважливіших критеріїв оцінки функціонування будь-якої транспортної системи є її надійність і стійкість [105]. Надійність, стосовно до системи управління дорожнім рухом означає здатність забезпечити допустимий розкид у часі пересування при схожих шаблонах навантаження. Стійкість характеризує здатність системи нівелювати випадкові коливання різних параметрів. Ймовірності виникнення так званого перенасичення ділянок ВДМ або мережевих заторів є одними з найбільш важливих критеріїв оцінки стійкості [75]. Для користувача крім часу витрачається безпосередньо на поїздку важливим критерієм є розкид часу на вчинення поїздки. Висока частка стохастичності в процесі формування і руху транспортних потоків робить час поїздки погано передбачуваним, особливо в умовах високого завантаження, тому користувачі змушені орієнтуватися на максимальні значення часу поїздки, що викликає значні втрати часу даремно.

Однією з основних завдань системи управління формуванням транспортних потоків є забезпечення надійного часу здійснення поїздки при заздалегідь встановленому часу очікування. Оскільки рівень максимальної продуктивності ВДМ, який має підтримувати система, знаходиться в зоні високої ймовірності утворення заторів, опрацювання питання надійності і стійкості роботи системи вимагає особливої уваги.

Можливим рішенням може бути пошук компромісу між продуктивністю мережі і стійкістю її роботи, за рахунок зниження допустимих щільності потоків. Визначення цих рівнів зажадає додаткових досліджень в ході детального опрацювання впровадження системи.

Крім того, оскільки випадкові обурення в транспортному потоці викликані відмінностями в сприйнятті навколишнього оточення і поведінці водіїв, підвищити надійність роботи системи можуть також різні заходи допомагають знизити ці відмінності. Серед таких заходів можуть бути такі:

- Інформування про час включення дозволяють сигналів на перехрестях, що дозволить водіям самостійно групуватися в

 - «Пачки» і підвищити пропускну здатність перехресть;

- Жорсткий контроль максимальної швидкості за допомогою вбудованих в систему засобів моніторингу дозволить гармонізувати швидкості руху потоків і підвищити прогнозованість транспортної ситуації;

- Бортові системи попередження зіткнень, контролю сліпих зон, адаптивного круїз-контролю також можуть підвищити плавність потоків, допомогти уникати попутних зіткнень і зіткнень при перестроюванні.

Встановлення ступеня впливу таких заходів, також як і рівня зниження порогових значень щільності потоків на надійність роботи системи вимагає проведення додаткових досліджень.

Інтелектуальна транспортна система як комплекс взаємопов'язаних автоматизованих систем, що вирішують завдання управління дорожнім рухом, моніторингу та управління роботою всіх видів транспорту націлена на досягнення синергетичного ефекту від координації управління різними підсистемами. Також в поняття ІТС входить поняття телематичних систем [30,31]. Основними підсистемами ІТС є:

- Система моніторингу параметрів транспортних потоків;
- Система навігаційно-інформаційного забезпечення учасників дорожнього руху;
- Автоматизована система управління дорожнім рухом

(АСКДР);

- Автоматизована система управління наземним міським пасажирським транспортом загального користування (АСУ ГПТ);
- Система автоматизованих комплексів контролю дотримання правил дорожнього руху;
- Система відеоспостереження;
- Система контролю вантажного транспорту;
- Система зв'язку і передачі даних;
- Система моніторингу та управління єдиним міським паркувальним простором;
- Система електронних платежів на транспорті;
- Система моніторингу метеорологічної обстановки;
- Інтегруюча система.

Пропонована система повністю охоплює функції підсистем моніторингу параметрів транспортних потоків, навігаційноінформаційного забезпечення учасників дорожнього руху, автоматизованих комплексів контролю дотримання правил дорожнього руху. Безперервно надходить інформація від системи позиціонування, в умовах охоплення всього автопарку переміщається на підконтрольній території повністю знімає необхідність у розгортанні окремої підсистеми моніторингу потоків. Більш того, оскільки система передбачає вказування водієм пункту призначення для здійснення кожної поїздки, результатом є матриця кореспонденцій максимальної точності, що не досяжною традиційними методами моніторингу. Підсистема навігаційно-інформаційного забезпечення також повністю заміщається пропонованою системою, забезпечуючи оптимальну маршрутизацію і надання будь-якої інформації через бортові пристрої. Високоточне позиціонування дозволить відстежувати більшість порушень ПДР, таких як проїзд на червоне світло, порушення швидкісного режиму, зупинка в недозволеному місці, вчинення заборонених маневрів. На відміну від локально встановлених комплексів фото-відео фіксації порушень, система дозволить контролювати дотримання

ПДР повсюдно, що є значною перевагою оскільки, як зазначається в [27], на основі проведених досліджень поведінки російських водіїв, для комплексного вирішення завдання підвищення БДР і оптимізації управління транспортними потоками необхідно обов'язкове застосування «Систем примусу до дотримання правил дорожнього руху». Також для підвищення ефективності використання ВДМ і безпеки можливо індивідуальне встановлення швидкісного режиму на окремих ділянках ВДМ в відповідно до місцевих умов, з інформуванням водіїв через бортові пристрої.

Система також частково охоплює функції і тісно інтегрується з підсистемами АСУ ДД, АСУ ГПТ, системою контролю вантажного транспорту, моніторингу та управління єдиним міським паркувальним простором, електронних платежів на транспорті. Як відомо, координоване управління, покликане забезпечити безперервний рух, стає неефективним при перевантаженні мережі. В умовах функціонування системи управління формуванням транспортних потоків не допускає перевантажень АСКДР зможе реалізувати весь свій потенціал в забезпеченні невинного руху. Оптимальні режими регулювання розраховуватимуться одночасно з прогнозом розвитку ситуації, можуть застосовувати локальні адаптивні алгоритми, в поєднанні з інформуванням водіїв про роботу світлофорів через бортові пристрої можна досягти значного зниження числа зупинок і підвищення плавності потоків.

Система АСУ ГПТ також буде взаємопов'язана з пропонованою системою. Немає необхідності в окремій системі моніторингу рухомого складу, у відсутності транспортних заторів завдання дотримання розкладу істотно полегшується. Кожен користувач при подачі заявки буде проінформований про можливість та умови здійснення тієї ж поїздки на транспорті загального користування. Також відпадає необхідність в окремій системі моніторингу рухомого складу вантажного транспорту.

Управління паркувальним простором повинно бути невід'ємною складовою системи управління формуванням транспортних потоків. Єдиний

реєстр паркувальних місць дозволить запобігати поїздки, в кінцевому пункті яких відсутні вільні паркувальні місця. Відстеження їх зайнятості буде здійснюватися засобами високоточного позиціонування ТЗ. Електронні платежі можуть здійснюватися безпосередньо з бортового пристрою.

Єдиний сервіс з надання транспортної інформації доступний у вигляді інтернет порталу та додатки для мобільних пристроїв також повинен надавати інформацію про всі можливі способи здійснення поїздки, про поточні величини віртуальних черг, про їх статистику і дозволяти подавати заявку на поїздку на особистому транспорті.

Таким чином, запропонована система не суперечить основним тенденціям розвитку ІТС, а тільки доповнює їх і системно вписується в загальну структуру. Також запропонована система позитивно впливає на всі основні індикатори визначення ефективності ІТС, сформульовані в [27]:

- Збільшення експлуатаційної ефективності та ефективності системи в цілому;
- Збільшення особистої рухливості, зручність, комфорт в дорозі;
- Зменшення витрат користувачів;
- Зменшення вартості вантажоперевезень;
- Поліпшення безпеки дорожнього руху;
- Зменшення шкідливих викидів, скорочення енергоспоживання.

3.5. Автоматичне управління одиницями рухомого складу

На сьогоднішній день набули широкого поширення системи допомоги водієві (ADAS, Advanced Driver Assistance Systems). До таких систем відносяться:

- Адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC) призначений для автоматичного керування швидкістю руху автомобіля;
- Система запобігання виходу зі смуги (Lane Departure Prevention), яка безперервно відстежує лінії розмітки з боків автомобіля за допомогою відеокамер;
- Система контролю мертвих зон Side View Assist;
- Система розпізнавання дорожніх знаків (Traffic Sign Recognition, TSR);
- Система допомоги при парковці і інші.

Такі системи поступово заміщають функції водія, прагнучи повністю звільнити його управління автомобілем. Більшість найбільших виробників вже давно ведуть роботи зі створення автопілотів, які дозволять машинам самостійно пересуватися в просторі. Над такими системами працюють інженери Volvo, Volkswagen, BMW, Toyota, Nissan і ін. На сьогоднішній день вже розроблені, випробовуються і майже готові до серійного виробництва автомобілі здатні повністю автоматично пересуватися в умовах міського руху. У штатах Невада і Каліфорнія США вже законодавчо дозволено рух автомобілів з автоматичним управлінням по дорогах загального користування.

Технічне оснащення розроблених автомобілів-роботів приблизно однакове. Для реалізації функцій автоматичного управління система включає в себе наступні вхідні пристрої: лідар, радар, відеокамера, датчик оцінки становища, інерційний датчик руху, GPS приймач. Також на борту є блок обробки інформації - досить потужний комп'ютер і виконавчі пристрої вбудовані в систему рульового управління, управління двигуном і гальмівну систему. По всьому світу проводяться випробування таких автомобілів в умовах закритих полігонів, і готуються перейти на ВДМ. Наприклад, проект Drive Me концерну Volvo, в якому також беруть участь міністерство

транспорту Швеції, дорожні служби, вчені і муніципалітет м Гетеборга. Це місто стане полігоном для випробувань перших 100 автомобілів з автономним управлінням. Вони будуть рухатися за визначеними маршрутами протяжністю близько 50 км. Вибрані дороги представляють собою типові напрямки, за якими люди добираються до роботи, включати траси і ділянки, де часто утворюються затори, реалізація проекту намічена на 2017 г. [112].

Більш того, багато дослідників розглядають можливість створення автоматичних транспортних систем, як з власною інфраструктурою, так і з використанням наявної ВДМ [113,114]. Поява на ринку автоматичних автомобілів поступово призведе до заміщення звичайних автомобілів. Транспорт загального користування різної місткості і таксі також можуть стати автоматичними. Таким чином, повністю автоматична транспортна система вже не з області фантастики, і рано чи пізно стане реальністю. Цілком логічно припустити, що єдина система з автоматичним рухом транспортних одиниць, що знаходяться як у власності громадян, так і загального користування, повинна контролювати загальний стан і не буде сама створювати заторів.

Однією з основних проблем при впровадженні такої системи є складність організації одномоментного переходу на автоматичне керування, таким чином, повинен бути передбачений плавний перехідний етап, який поєднує рух автоматичних і керованих людиною ТС. В рамках запропонованої системи деякі параметри руху автомобіля (прискорення, уповільнення, вибір смуги і т.д.) можуть залишатися під контролем людини, автоматизується вибір маршруту і часу початку руху. Таким чином, пропоновану систему управління формуванням транспортних потоків можна розглядати як перехідний етап до автоматичної транспортній системі майбутнього, на якому деякі параметри руху автомобіля поки що контролюються людиною.

У цьому дослідженні позначені лише основні принципи роботи системи формування транспортних потоків, при цьому залишається ряд невирішених питань. У подальших дослідженнях слід приділити значну увагу проблемі

забезпечення стійкої роботи системи. Система повинна гарантувати користувачеві, що час очікування не збільшиться і по його закінченню він проїде свій маршрут за передбачуване час з мінімальними затримками. Звичайно, при виникненні інцидентів, що перекривають рух по великим магістралях, система може виявитися не в змозі забезпечити заявлені часи руху, але в будь-якому випадку зможе мінімізувати втрати часу. Постійний моніторинг потоків з високою точністю може миттєво скласти картину того, що сталося ДТП, не вимагаючи тривалого складання протоколу, час ліквідації виниклих перешкод буде визначатися швидкістю приїзду спеціальних служб, яке також буде мінімально. Крім того, виникли втрати і збитки нанесені користувачам і державі через затримки можуть бути точно оцінені і представлені до відшкодування винуватцеві ДТП.

Ще один не відразу помітний питання, яке виникає при описі роботи системи, це те як будуть формуватися черги для користувачів знаходяться на різній відстані від «вузького» місця. Система повинна гарантувати, що сумарний час очікування і поїздки не буде перевищувати часу, яке треба було б для руху в умовах неконтрольованого доступу. Згідно з базовим алгоритмом запропонованим в 3 чолі, користувачі подали заявки з віддалених по відношенню до деякого «вузькому» місця районів встають в віртуальну чергу, при появі заявки із сусіднього району користувач буде змушений чекати коли реалізуються вже подані заявки, проте за відсутності системи він би виїхав відразу і вклинившись в потік перед «вузьким» місцем проїхав своє маршрут швидше.

Також потребують опрацювання питання обліку зовнішніх кореспонденцій, що генеруються за межами контрольованої зони. Ймовірно необхідно пристрій деяких буферних зон на кожному в'їзді в контрольовану зону і вплив на зовнішні кореспонденції непрямими методами інформуючи про статистику часу очікування в цих зонах. Потребує опрацювання питання надання пріоритету вантажному транспорту, чи буде вище вигода для суспільства від прискорення доставки товарів. Потребує додаткових

дослідженнях і питання введення можливості платного зниження часу очікування.

Таким чином, система повинна забезпечувати підтримку основної цільової функції, а саме недопущення утворення заторів, а також прагнути максимізувати вигоду для всіх категорій користувачів, в той же час бути здатною адаптуватися під виникають зміни. Виходячи з таких завдань при описі функціонування пропонованої системи в подальших дослідженнях необхідно спиратися на теорію складних і складних адаптивних систем [115]. Прикладами складні адаптивних систем є колонії комах, біосфера і екосистеми, мозок і імунна система, клітина, ембріон, економічні ринки, політичні партії, соціальні спільноти, великі технічні і соціально-технічні системи. Транспортну систему великого міста також можна віднести до подібних систем. Побудова такої адаптивної автоматичної системи управління представляється доцільним здійснювати на базі нечітких регуляторів і нейромережевих технологій [36, 37].

Крім технічних існує ще ряд складнощів соціального і правового характеру. Деякі жителі можуть сприйняти впровадження такої системи як спробу запровадження тотального стеження і обмеження свободи пересування. Також для впровадження системи потрібно значне коректування нормативно-правової бази.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуті питання принципу управління формуванням транспортних потоків на ВДМ і створення спеціальної системи управління з директивним регулюванням доступу на ВДМ і приписом системооптимального маршруту на рівні окремого ТЗ.

У поточних умовах стихійного формування транспортних потоків ефективність використання ВДМ істотно нижче можливої, що несе величезні витрати для суспільства. Основний вплив надає ефект зниження пропускної здатності в стані затору, а також неоптимальний розподіл потоків по маршрутами прямування.

Аналіз традиційних підходів показує, що як би не була розвинена і опрацьована система управління транспортними потоками, вона є всього лише інструментом підвищення пропускної здатності наявної ВДМ за допомогою якісного управління. Це підвищення має певну межу, і при навантаженні перевищує цей поріг затори все одно виникнуть.

Досягти підвищення ефективності використання ВДМ можливо за рахунок упорядкування доступу до неї з метою недопущення таких станів потоку, при яких висока ймовірність утворення затору. Для такого впорядкування можливе застосування двох методів: директивного і непрямого, які можуть реалізовуватися за допомогою економічного впливу та адміністративного обмеження. Непрямі методи носять в основному характер рекомендацій і економічних заходів загальної дії, що не може повністю запобігти утворенню заторів. Директивні методи, наприклад примусове регулювання доступу на магістраль, показують високу ефективність і мають значний потенціал щодо підвищення ефективності використання наявних ВДМ міст.

Для забезпечення максимальної ефективності роботи ВДМ розроблена система управління з директивним регулюванням доступу на ВДМ і приписом системно-оптимального маршруту на рівні окремого ТЗ. Для реалізації такої системи необхідно законодавчо зобов'язати кожного водія перед вчиненням поїздки подавати заявку із зазначенням пункту призначення. При надходженні заявки в центр управління вона обробляється і водієві пропонується час виїзду на ВДМ і маршрут руху. Таким чином, можна сказати, що у кожного водія з'являється «індивідуальний світлофор». За порушення заборони на виїзд і не погодженого відхилення від маршруту повинна бути передбачена адміністративна відповідальність.

Побудова системи управління формуванням транспортних потоків здійснюється методом управління на основі прогнозуючої моделі. Виходячи з цього розроблена структурна схема роботи системи включає наступні основні блоки:

- Модель транспортних потоків на підконтрольній ВДМ;
- Блок оцінки цільової функції;
- Блок вироблення управляючих впливів;
- Блок оцінки поточного стану.

Як критерій оцінки ефективності роботи ВДМ в системі був обраний показник продуктивності (автомобілі-кілометрів на годину).

Результат розрахунку з фрагментом реальної ВДМ показав зниження сумарного часу перебування в мережі на 18,1%. Проведені розрахунки носять характер попередньої оцінки, їх чисельні результати досить наближено відображають можливу ефективність запропонованої системи. Це обумовлено як похибками в відтворенні поведінки транспортних потоків програмним комплексом, так і недосконалістю програмної реалізації запропонованого методу.

перегонах в кожен момент часу порівнюється з розрахованими раніше допустимими значеннями. Якщо отримане значення перевищує допустимий, тимчасова траєкторія даного автомобіля послідовно зсувається на один крок і знову порівнюється до тих пір поки порогові значення не будуть дотримані. Кількість кроків зсуву визначає час необхідної затримки даного автомобіля. Це значення присвоюється автомобілю як атрибут, а його траєкторія зі зрушенням додається у внутрішню модель і враховується при розрахунку затримок для наступних заявок. Підпрограма відстежує коли закінчиться призначений час затримки і випускає автомобіль. Затримка автомобілів в даному випадку відбувається за допомогою призначення автомобілю незначній швидкості руху (0,1-0,5 км / ч). Значення розрахованих затримок підсумовуються для визначення підсумкових показників роботи. Експеримент порівнює результати функціонування різних фрагментів ВДМ при наявності і відсутності описаного управління за критерієм сумарного часу перебування автомобілів в мережі. Кількісні показники сумарного перебування автомобілів в мережі виводяться вбудованими засобами програмного комплексу, при цьому допоміжні буферні ділянки не беруть участі в зборі статистики.

Значення загальної примусової затримки підсумовуються з даними за часом перебування автомобілів в мережі. Експеримент порівнює результати функціонування різних фрагментів ВДМ при наявності і відсутності описаного управління за критерієм сумарного часу перебування автомобілів в мережі. Кількісні показники сумарного перебування автомобілів в мережі виводяться вбудованими засобами програмного комплексу, при цьому допоміжні буферні ділянки не беруть участі в зборі статистики. Значення загальної примусової затримки підсумовуються з даними за часом перебування автомобілів в мережі. Розрахунок порівнює результати функціонування різних фрагментів ВДМ при наявності і відсутності описаного управління за критерієм сумарного часу перебування автомобілів в мережі. Кількісні показники сумарного перебування автомобілів в мережі виводяться вбудованими засобами програмного комплексу, при цьому допоміжні буферні ділянки не беруть участі в зборі статистики. Значення загальної примусової затримки підсумовуються з даними за часом перебування автомобілів в мережі.

Для всіх розрахованих об'єктів застосовувався один профіль зміни навантаження імітує ранкову годину пік: з інтервалом 20 хв навантаження зростала від 50% до 120%, а потім знижувалася, загальний період моделювання склав 4 години. Період максимального навантаження в 120% становив 40 хв. За 100% був прийняті потоки відповідні максимуму продуктивності, що оцінюється на підготовчому етапі.

Перший об'єкт являє собою ділянку дороги має спочатку дві смуги для руху потім звужується до однієї смуги. Зображення моделі ділянки приведено на рисунку 3.6.

Нерегульоване перехрестя є перетин двох доріг під прямим кутом. Кожна дорога має по дві смуги руху в кожному напрямку, на перехресті дозволені всі маневри, крім розвороту. Співвідношення обсягу попиту на головній дорозі і другорядною 95/5. Співвідношення прямого і поворотних

потоків на всіх підходах однакове і становить 80% прямо, 15% направо і 5% наліво. Зображення моделі нерегульованого перехрестя наведено на рисунку 3.7.

Регульоване перехрестя утворений перетином двох вулиць під прямим кутом, кожна вулиця має по 3 смуги руху. На перехресті дозволені всі напрямки руху, крім розвороту, рух прямо дозволено з усіх смуг, поворотні потоки рухаються з крайніх смуг. Співвідношення обсягу навантаження по підходах однакове. Співвідношення прямого і поворотних потоків на всіх підходах також однакове і становить 80% прямо, 15% направо і 5% наліво. Режим регулювання має 2 фази тривалістю по 45 с, з яких 36 з основної такт і 9 з проміжний. Загальна тривалість циклу становить 90 с. Зображення моделі регульованого перехрестя наведено на рисунку 3.8.

Кільцевий перетин утворено двома шляхами мають по 3 смуги руху в кожному напрямку, діаметр центрального острівця складає 50 м. Кільцева проїжджа частина також має 3 смуги руху. Пріоритет мають автомобіль рухаються по кільцю. Співвідношення обсягу навантаження по підходах однакове. Зображення моделі кільцевого перетину наведено на рисунку 3.9.

Розв'язка в різних рівнях є перетин двох магістралей мають 2 смуги руху по основному ходу в кожному напрямку. У місцях поворотних з'їздів проїжджа частина уширюється до 3 смуг. Радіус внутрішніх лівоповоротних з'їздів становить 60 м. Співвідношення обсягу навантаження по підходах однакове. Співвідношення прямого і поворотних потоків на всіх підходах також однакове і становить 80% прямо, 15% направо і 5% наліво. Зображення моделі розв'язки в різних рівнях наведено на рисунку 3.10.

Рисунок 3.10 Розв'язка типу “лист конюшини”

Усереднені по всьому прогонів результати з зазначеними об'єктами наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати розрахунку для різних об'єктів

Ділянка ВДМ	сумарний час		
в дорозі до, с	сумарний час		
в дорозі після, с	зниження		
	в%		
Звуження з 2 до 1 смуги	1392126	657084	52,8
нерегульоване перехрестя	4508015	4453919	1,2
регульоване перехрестя	4545382	4568109	-0,5
кільцевий перетин	16216521	10508306	35,2
Розв'язка типу «лист конюшини»	15406458	8072984	47,6

Окремо взяті регульований і нерегульований перехрестя не показали зниження затримок. У зв'язку з цим інтерес представляє проведення даного розрахунку з деяким ділянкою ВДМ має кілька перетинів різних типів. Для експерименту було обрано фрагмент ВДМ Центрального району включає 1 кільцеве, 15 нерегульованих і 25 регульованих перетинів. Дані по параметрам регулювання і навантаженні на дану мережу взяті з матеріалів виконаного раніше проекту щодо вдосконалення ОДР в даному районі. Навантаження відповідає вечірнього часу пік з 18.00 до 19.00. Зображення моделі досліджуваного фрагмента ВДМ наведено на рисунку 3.11.

Результат розрахунку з фрагментом реальної ВДМ показав зниження сумарного часу перебування в мережі на 18,1%. Проведені розрахунки носять характер попередньої оцінки, їх чисельні результати досить наближено відображають можливу ефективність пропонованої системи. Це обумовлено

як похибками в відтворенні поведінки транспортних потоків програмним комплексом, так і недосконалістю програмної реалізації запропонованого методу. Однак, отримані результати показують значний позитивний ефект і спільно з теоретичним обґрунтуванням можуть служити переконливим підтвердженням ефективності запропонованої системи управління.

При розгляді питання практичного впровадження запропонованої системи управління формуванням транспортних потоків слід більш детально описати технологію і особливості її роботи.

Як уже зазначалося, ключовою відмінністю запропонованої системи є перехід від передачі керуючих впливів транспортному потоку в цілому до управління на рівні окремого ТЗ. Також система передбачає регулювання доступу до ВДМ до початку руху автомобіля від місця парковки. Отже необхідно законодавчо зобов'язати кожного водія перед вчиненням поїздки подавати заявку із зазначенням пункту призначення. При надходженні заявки в центр управління вона обробляється відповідно до розробленого алгоритму, результатом обробки є час виїзду на ВДМ і маршрут руху. Водій зобов'язаний слідувати вказівкою системи по часу виїзду і маршруту руху. Таким чином, можна сказати, що у кожного водія з'являється «індивідуальний світлофор». За порушення заборони на виїзд і не погодженого відхилення від маршруту повинен бути передбачений значний штраф. У цьому питанні виникає складність в ідентифікації порушника, оскільки для охорони прав і свобод особистості встановлені прилади можуть не містити інформації про власника автомобіля. У такій ситуації можна включити до складу даних про автомобіль його VIN номер, на підставі якого за спеціальним запитом до відповідних інстанцій вже можна буде визначити власника.

Можливість бронювання часу виїзду заздалегідь повинна бути виключена, для цього слід передбачити обмежений час дії дозволу на поїздку (наприклад 5 хв), після закінчення якого при відсутності переміщення автомобіля заявка анулюється. Однак при виникненні екстреної ситуації (загроза життю, здоров'ю або майну) слід передбачити можливість негайного

виїзду. Водій може повідомити про екстрену ситуацію в центр управління натиснувши спеціальну кнопку і почати рух. У разі натискання цієї кнопки з водієм зв'яжеться диспетчер і вкаже подальші дії, також в цьому випадку водій повинен буде підтвердити факт екстреної ситуації.

Транспорт загального користування, в тому числі таксі, а також автомобілі спецслужб мають безумовний пріоритет доступу на ВДМ.

Процес впровадження системи доцільно розбити на етапи, першим етапом може бути робота системи в режимі рекомендацій з паралельним оснащенням всього парку ТЗ бортовими пристроями та розгортанням систем позиціонування і зв'язку. Потім директивне управління доступом може застосовуватися на окремих магістралях і фрагментах ВДМ. На цих етапах буде проводитися збір статистичної інформації, що дозволяє проаналізувати роботу системи і підготувати базу для переходу до останнього етапу, на якому директивного управління доступом і вказівки маршруту поширяться на всю ВДМ агломерації.

Одними з найважливіших критеріїв оцінки функціонування будь-якої транспортної системи є її надійність і стійкість [105]. Надійність, стосовно до системи управління дорожнім рухом означає здатність забезпечити допустимий розкид у часі пересування при схожих шаблонах навантаження. Стійкість характеризує здатність системи нівелювати випадкові коливання різних параметрів. Ймовірності виникнення так званого перенасичення ділянок ВДМ або мережевих заторів є одними з найбільш важливих критеріїв оцінки стійкості [75]. Для користувача крім часу витрачається безпосередньо на поїздку важливим критерієм є розкид часу на вчинення поїздки. Висока частка стохастичности в процесі формування і руху транспортних потоків робить час поїздки погано передбачуваним, особливо в умовах високого завантаження, тому користувачі змушені орієнтуватися на максимальні значення часу поїздки, що викликає значні втрати часу даремно.

Однією з основних завдань системи управління формуванням транспортних потоків є забезпечення надійного часу здійснення поїздки при

заздалегідь встановленому часу очікування. Оскільки рівень максимальної продуктивності ВДМ, який має підтримувати система, знаходиться в зоні високої ймовірності утворення заторів, опрацювання питання надійності і стійкості роботи системи вимагає особливої уваги.

Можливим рішенням може бути пошук компромісу між продуктивністю мережі і стійкістю її роботи, за рахунок зниження допустимих щільності потоків. Визначення цих рівнів зажадає додаткових досліджень в ході детального опрацювання впровадження системи.

Крім того, оскільки випадкові обурення в транспортному потоці викликані відмінностями в сприйнятті навколишнього оточення і поведінці водіїв, підвищити надійність роботи системи можуть також різні заходи допомагають знизити ці відмінності. Серед таких заходів можуть бути такі:

- Інформування про час включення дозволяють сигналів на перехрестях, що дозволить водіям самостійно групуватися в «Пачки» і підвищити пропускну здатність перехресть;
- Жорсткий контроль максимальної швидкості за допомогою вбудованих в систему засобів моніторингу дозволить гармонізувати швидкості руху потоків і підвищити прогнозованість транспортної ситуації;
- Бортові системи попередження зіткнень, контролю сліпих зон, адаптивного круїз-контролю також можуть підвищити плавність потоків, допомогти уникати попутних зіткнень і зіткнень при перестроюванні.

Встановлення ступеня впливу таких заходів, також як і рівня зниження порогових значень щільності потоків на надійність роботи системи вимагає проведення додаткових досліджень.

Інтелектуальна транспортна система як комплекс взаємопов'язаних автоматизованих систем, що вирішують завдання управління дорожнім рухом, моніторингу та управління роботою всіх видів транспорту націлена на досягнення синергетичного ефекту від координації управління різними підсистемами. Також в поняття ІТС входить поняття телематичних систем [30,31]. Основними підсистемами ІТС є:

- Система моніторингу параметрів транспортних потоків;
- Система навігаційно-інформаційного забезпечення учасників дорожнього руху;
- Автоматизована система управління дорожнім рухом (АСКДР);
- Автоматизована система управління наземним міським пасажирським транспортом загального користування (АСУ ГПТ);
- Система автоматизованих комплексів контролю дотримання правил дорожнього руху;
- Система відеоспостереження;
- Система контролю вантажного транспорту;
- Система зв'язку і передачі даних;
- Система моніторингу та управління єдиним міським паркувальним простором;
- Система електронних платежів на транспорті;
- Система моніторингу метеорологічної обстановки;
- Інтегруюча система.

Пропонована система повністю охоплює функції підсистем моніторингу параметрів транспортних потоків, навігаційноінформаційного забезпечення учасників дорожнього руху, автоматизованих комплексів контролю дотримання правил дорожнього руху. Безперервно надходить інформація від системи позиціонування, в умовах охоплення всього автопарку переміщається на підконтрольній території повністю знімає необхідність у розгортанні окремої підсистеми моніторингу потоків. Більш того, оскільки система передбачає вказування водієм пункту призначення для здійснення кожної поїздки, результатом є матриця кореспонденцій максимальної точності, що не досяжною традиційними методами моніторингу. Підсистема навігаційно-інформаційного забезпечення також повністю заміщається пропонованою системою, забезпечуючи оптимальну маршрутизацію і надання будь-якої інформації через бортові пристрої. Високоточне позиціонування дозволить

відстежувати більшість порушень ПДР, таких як проїзд на червоне світло, порушення швидкісного режиму, зупинка в недозволеному місці, вчинення заборонених маневрів. На відміну від локально встановлених комплексів фото-відео фіксації порушень, система дозволить контролювати дотримання ПДР повсюдно, що є значною перевагою оскільки, як зазначається в [27], на основі проведених досліджень поведінки російських водіїв, для комплексного вирішення завдання підвищення БДР і оптимізації управління транспортними потоками необхідно обов'язкове застосування «Систем примусу до дотримання правил дорожнього руху». Також для підвищення ефективності використання ВДМ і безпеки можливо індивідуальне встановлення швидкісного режиму на окремих ділянках ВДМ в відповідно до місцевих умов, з інформуванням водіїв через бортові пристрої.

Система також частково охоплює функції і тісно інтегрується з підсистемами АСУ ДД, АСУ ГПТ, системою контролю вантажного транспорту, моніторингу та управління єдиним міським паркувальним простором, електронних платежів на транспорті. Як відомо, координоване управління, покликане забезпечити безперервний рух, стає неефективним при перевантаженні мережі. В умовах функціонування системи управління формуванням транспортних потоків не допускає перевантажень АСКДР зможе реалізувати весь свій потенціал в забезпеченні невинного руху. Оптимальні режими регулювання розраховуватимуться одночасно з прогнозом розвитку ситуації, можуть застосовувати локальні адаптивні алгоритми, в поєднанні з інформуванням водіїв про роботу світлофорів через бортові пристрої можна досягти значного зниження числа зупинок і підвищення плавності потоків.

Система АСУ ГПТ також буде взаємопов'язана з пропонованою системою. Немає необхідності в окремій системі моніторингу рухомого складу, у відсутності транспортних заторів завдання дотримання розкладу істотно полегшується. Кожен користувач при подачі заявки буде проінформований про можливість та умови здійснення тієї ж поїздки на

транспорті загального користування. Також відпадає необхідність в окремій системі моніторингу рухомого складу вантажного транспорту.

Управління паркувальним простором повинно бути невід'ємною складовою системи управління формуванням транспортних потоків. Єдиний реєстр паркувальних місць дозволить запобігати поїздки, в кінцевому пункті яких відсутні вільні паркувальні місця. Відстеження їх зайнятості буде здійснюватися засобами високоточного позиціонування ТЗ. Електронні платежі можуть здійснюватися безпосередньо з бортового пристрою.

Єдиний сервіс з надання транспортної інформації доступний у вигляді інтернет порталу та додатки для мобільних пристроїв також повинен надавати інформацію про всі можливі способи здійснення поїздки, про поточні величини віртуальних черг, про їх статистикою і дозволяти подавати заявку на поїздки на особистому транспорті.

Таким чином, запропонована система не суперечить основним тенденціям розвитку ІТС, а тільки доповнює їх і системно вписується в загальну структуру. Також запропонована система позитивно впливає на всі основні індикатори визначення ефективності ІТС, сформульовані в [27]:

- Збільшення експлуатаційної ефективності та ефективності системи в цілому;
- Збільшення особистої рухливості, зручність, комфорт в дорозі;
- Зменшення витрат користувачів;
- Зменшення вартості вантажоперевезень;
- Поліпшення безпеки дорожнього руху;
- Зменшення шкідливих викидів, скорочення енергоспоживання.

На сьогоднішній день набули широкого поширення системи допомоги водієві (ADAS, Advanced Driver Assistance Systems). До таких систем відносяться:

- Адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC) призначений для автоматичного керування швидкістю руху автомобіля;

- Система запобігання виходу зі смуги (Lane Departure Prevention), яка безперервно відстежує лінії розмітки з боків автомобіля за допомогою відеокамер;

- Система контролю мертвих зон Side View Assist;

- Система розпізнавання дорожніх знаків (Traffic Sign Recognition, TSR);

- Система допомоги при парковці і інші.

Такі системи поступово заміщають функції водія, прагнучи повністю звільнити його управління автомобілем. Більшість найбільших виробників вже давно ведуть роботи зі створення автопілотів, які дозволять машинам самостійно пересуватися в просторі. Над такими системами працюють інженери Volvo, Volkswagen, BMW, Toyota, Nissan і ін. На сьогоднішній день вже розроблені, випробовуються і майже готові до серійного виробництва автомобілі здатні повністю автоматично пересуватися в умовах міського руху. У штатах Невада і Каліфорнія США вже законодавчо дозволено рух автомобілів з автоматичним управлінням по дорогах загального користування.

Технічне оснащення розроблених автомобілів-роботів приблизно однакове. Для реалізації функцій автоматичного управління система включає в себе наступні входні пристрої: лідар, радар, відеокамера, датчик оцінки становища, інерційний датчик руху, GPS приймач. Також на борту є блок обробки інформації - досить потужний комп'ютер і виконавчі пристрої вбудовані в систему рульового управління, управління двигуном і гальмівну систему. По всьому світу проводяться випробування таких автомобілів в умовах закритих полігонів, і готуються перейти на ВДМ. Наприклад, проект Drive Me концерну Volvo, в якому також беруть участь міністерство транспорту Швеції, дорожні служби, вчені і муніципалітет м Гетеборга. Це місто стане полігоном для випробувань перших 100 автомобілів з автономним управлінням. Вони будуть рухатися за визначеними маршрутами протяжністю близько 50 км. Вибрані дороги представляють собою типові напрямки, за якими люди добираються до роботи, включати траси і ділянки, де часто утворюються затори, реалізація проекту намічена на 2017 г. [112].

Більш того, багато дослідників розглядають можливість створення автоматичних транспортних систем, як з власною інфраструктурою, так і з використанням наявної ВДМ [113,114]. Поява на ринку автоматичних автомобілів поступово призведе до заміщення звичайних автомобілів. Транспорт загального користування різної місткості і таксі також можуть стати автоматичними. Таким чином, повністю автоматична транспортна система вже не з області фантастики, і рано чи пізно стане реальністю. Цілком логічно припустити, що єдина система з автоматичним рухом транспортних одиниць, що знаходяться як у власності громадян, так і загального користування, повинна контролювати загальний стан і не буде сама створювати заторів.

Однією з основних проблем при впровадженні такої системи є складність організації одномоментного переходу на автоматичне керування, таким чином, повинен бути передбачений плавний перехідний етап, який поєднує рух автоматичних і керованих людиною ТС. В рамках запропонованої системи деякі параметри руху автомобіля (прискорення, уповільнення, вибір смуги і т.д.) можуть залишатися під контролем людини, автоматизується вибір маршруту і часу початку руху. Таким чином, запропоновану систему управління формуванням транспортних потоків можна розглядати як перехідний етап до автоматичної транспортної системи майбутнього, на якому деякі параметри руху автомобіля поки що контролюються людиною.

У цьому дослідженні позначені лише основні принципи роботи системи формування транспортних потоків, при цьому залишається ряд невирішених питань. У подальших дослідженнях слід приділити значну увагу проблемі забезпечення стійкої роботи системи. Система повинна гарантувати користувачеві, що час очікування не збільшиться і по його закінченню він пройде свій маршрут за передбачуване час з мінімальними затримками. Звичайно, при виникненні інцидентів, що перекривають рух по великим магістралях, система може виявитися не в змозі забезпечити заявлені часи руху, але в будь-якому випадку зможе мінімізувати втрати часу. Постійний

моніторинг потоків з високою точністю може миттєво скласти картину того, що сталося ДТП, не вимагаючи тривалого складання протоколу, час ліквідації виниклих перешкод буде визначатися швидкістю приїзду спеціальних служб, яке також буде мінімально. Крім того, виникли втрати і збитки нанесені користувачам і державі через затримки можуть бути точно оцінені і представлені до відшкодування винуватцеві ДТП.

Ще один не відразу помітний питання, яке виникає при описі роботи системи, це те як будуть формуватися черги для користувачів знаходяться на різній відстані від «вузького» місця. Система повинна гарантувати, що сумарний час очікування і поїздки не буде перевищувати часу, яке треба було б для руху в умовах неконтрольованого доступу. Згідно з базовим алгоритмом запропонованим в 3 чолі, користувачі подали заявки з віддалених по відношенню до деякого «вузькому» місця районів встають в віртуальну чергу, при появі заявки із сусіднього району користувач буде змушений чекати коли реалізуються вже подані заявки, проте за відсутності системи він би виїхав відразу і вклинившись в потік перед «вузьким» місцем проїхав своє маршруту швидше.

Також потребують опрацювання питання обліку зовнішніх кореспонденцій, що генеруються за межами контрольованої зони. Ймовірно необхідно пристрій деяких буферних зон на кожному в'їзді в контрольовану зону і вплив на зовнішні кореспонденції непрямими методами інформуючи про статистику часу очікування в цих зонах. Потребує опрацювання питання надання пріоритету вантажному транспорту, чи буде вище вигода для суспільства від прискорення доставки товарів. Потребує додаткових дослідженнях і питання введення можливості платного зниження часу очікування.

Таким чином, система повинна забезпечувати підтримку основної цільової функції, а саме недопущення утворення заторів, а також прагнути максимізувати вигоду для всіх категорій користувачів, в той же час бути здатною адаптуватися під виникають зміни. Виходячи з таких завдань при

описі функціонування пропонованої системи в подальших дослідженнях необхідно спиратися на теорію складних і складних адаптивних систем [115]. Прикладами складні адаптивних систем є колонії комах, біосфера і екосистеми, мозок і імунна система, клітина, ембріон, економічні ринки, політичні партії, соціальні спільноти, великі технічні і соціально-технічні системи. Транспортну систему великого міста також можна віднести до подібних систем. Побудова такої адаптивної автоматичної системи управління представляється доцільним здійснювати на базі нечітких регуляторів і нейромережових технологій [36, 37].

Крім технічних існує ще ряд складнощів соціального і правового характеру. Деякі жителі можуть сприйняти впровадження такої системи як спробу запровадження тотального стеження і обмеження свободи пересування. Також для впровадження системи потрібно значне коректування нормативно-правової бази.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуті питання принципу управління формуванням транспортних потоків на ВДМ і створення спеціальної системи управління з директивним регулюванням доступу на ВДМ і приписом системнооптимального маршруту на рівні окремого ТЗ.

У поточних умовах стихійного формування транспортних потоків ефективність використання ВДМ істотно нижче можливої, що несе величезні витрати для суспільства. Основний вплив надає ефект зниження пропускної здатності в стані затору, а також неоптимальний розподіл потоків по маршрутами прямування.

Аналіз традиційних підходів показує, що як би не була розвинена і опрацьована система управління транспортними потоками, вона є всього лише інструментом підвищення пропускної здатності наявної ВДМ за допомогою

якісного управління. Це підвищення має певну межу, і при навантаженні перевищує цей поріг затори все одно виникнуть.

Досягти підвищення ефективності використання ВДМ можливо за рахунок упорядкування доступу до неї з метою недопущення таких станів потоку, при яких висока ймовірність утворення затору. Для такого впорядкування можливе застосування двох методів: директивного і непрямого, які можуть реалізовуватися за допомогою економічного впливу та адміністративного обмеження. Непрямі методи носять в основному характер рекомендацій і економічних заходів загального дії, що не може повністю запобігти утворенню заторів. Директивні методи, наприклад примусове регулювання доступу на магістраль, показують високу ефективність і мають значний потенціал щодо підвищення ефективності використання наявних ВДМ міст.

Для забезпечення максимальної ефективності роботи ВДМ розроблена система управління з директивним регулюванням доступу на ВДМ і приписом системно-оптимального маршруту на рівні окремого ТЗ. Для реалізації такої системи необхідно законодавчо зобов'язати кожного водія перед вчиненням поїздки подавати заявку із зазначенням пункту призначення. При надходженні заявки в центр управління вона обробляється і водієві пропонується час виїзду на ВДМ і маршрут руху. Таким чином, можна сказати, що у кожного водія з'являється «індивідуальний світлофор». За порушення заборони на виїзд і не погодженого відхилення від маршруту повинна бути передбачена адміністративна відповідальність.

Побудова системи управління формуванням транспортних потоків здійснюється методом управління на основі прогнозуючої моделі. Виходячи з цього розроблена структурна схема роботи системи включає наступні основні блоки:

- Модель транспортних потоків на підконтрольній ВДМ;
- Блок оцінки цільової функції;
- Блок вироблення управляючих впливів;

- Блок оцінки поточного стану.

Як критерій оцінки ефективності роботи ВДМ в системі був обраний показник продуктивності (автомобілі-кілометрів на годину).

Результат розрахунку з фрагментом реальної ВДМ показав зниження сумарного часу перебування в мережі на 18,1%. Проведені розрахунки носять характер попередньої оцінки, їх чисельні результати досить наближено відображають можливу ефективність запропонованої системи. Це обумовлено як похибками в відтворенні поведінки транспортних потоків програмним комплексом, так і недосконалістю програмної реалізації запропонованого методу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Traffic Congestion and Reliability, Trends and Advanced Strategies for Congestion Mitigation, Cambridge Systematics, Inc., 2005, http://www.ops.fhwa.dot.gov/congestion_report/
2. Litman T. A., Smart Congestion Relief: Comprehensive Analysis Of Traffic Congestion Costs and Congestion Reduction Strategies, Victoria Transport Policy Institute, 2013, http://www.vtpi.org/cong_relief.pdf
3. TTI's 2012 Urban Mobility Report Powered by INRIX Traffic Data, <http://tti.tamu.edu/documents/mobility-report-2012.pdf>
4. Robertson D.I. Transyt: a traffic network study tool. Road Research Laboratory report. LR 253. Crowthome, Berkshire, 1969, p. 37.
5. Prothmann H., Organic Traffic Control, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, 2011.
6. Chong Y., Quek C., Loh P. A novel neuro-cognitive approach to modeling traffic control and flow based on fuzzy neural techniques. / Expert Systems with Applications, Vol. 36, Issue 3, Part 1, pp. 4788-4803, 2009.
7. Srinivasan D., Choy M. C., Cheu R. L. Neural Networks for Real-Time Traffic Signal Control. / IEEE transactions on intelligent transportation systems, vol. 7, no. 3, pp. 261-272. 2006.
8. Gershwin S.B., Tan H.N. Hybrid optimization: optimal static traffic control constrained by drivers' route choice behavior. Decision and Control including the 17th Symposium on Adaptive Processes, 1978 IEEE Conference on (Vol.17). <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/889/P-0870-5604704.pdf?sequence=1>
9. Zuurbier F. S. Intelligent Route Guidance. Ph.D. thesis. Delft University of Technology, Netherlands, 2010.
10. Papageorgiou M., Diakaki, C., Dinopoulou, V., Kotsialos A., Wang, Y. (2003) 'Review of road traffic control strategies.', Proceedings of the IEEE., 91 (12). pp. 2043-2067.

11. The future of traffic management, State of the Art, Current Trends and Perspectives for the Future, 2012 TrafficQuest, http://www.traffic-quest.nl/images/stories/documents/State_of_the_Art/the_future_of_traffic_management.pdf
12. Wang M., Daamen W., Hoogendoorn S. P., Van Arem B. Rolling horizon control framework for driver assistance systems. Part II: Cooperative sensing and cooperative control. / Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 40, pp. 290-311, 2014.
13. Monteil J., Billot R., El Faouzi N., Towards cooperative traffic management: methodological issues and perspectives. / Proceedings Australasian Transport Research Forum 2011.
14. Managing Urban Traffic Congestion, ECMT, 2007, <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/07Congestion.pdf>
15. Wardrop J. G. Some theoretical aspects of road traffic research. In Proceedings of the Institute of Civil Engineers, Pt. II, volume 1, pages 325-378, 1952.
16. Koch R., Skutella M. Nash equilibria and the price of anarchy for flows over time. // Algorithmic Game Theory. Lecture Notes in Computer Science Vol. 5814, 2009, P. 323-334.
17. Taale H. Integrated Anticipatory Control of Road Networks A gametheoretical approach // Ph.D. Thesis, Netherlands: GA Delft, 2008.
18. Toledo T., Beinhaker R. Evaluation of the potential benefits of advanced traveler information systems// Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations. Vol.10(4), 2006. P. 173-183
19. Digital-Age Transportation: The Future of Urban Mobility, Deloitte Services LP, 2012, <http://dupress.com/wp-content/uploads/2012/12/Digital-Agetransportation.pdf>
20. Using Pricing to Reduce Traffic Congestion, The Congress of the United States, Congressional Budget Office, 2009, <http://www.cbo.gov/sites/default/files/cbofiles/ftpdocs/97xx/doc9750/03-11-congestionpricing.pdf>

21. Zuurbier F., Zuylen H., Hoogendoorn S., Chen Y. A generic approach to generating optimal controlled prescriptive route guidance in realistic traffic networks. 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C., 2006.
22. Kirschfink H. Collective traffic control on motorways, Heusch/Boesefeldt Gmbh, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.112.5337&rep=rep1&type=pdf>
23. Varaiya P. Congestion, ramp metering and tolls. Phil. Trans. R. Soc. A (2008) 366, http://paleale.eecs.berkeley.edu/~varaiya/papers_ps.dir/RSTA20080015.pdf
24. Dowling R., Skabardonis A. Urban Arterial Speed-Flow Equations For Travel Demand Models. // Innovations in Travel Modeling Conference, 2006.
25. Olstam J. J., Matstoms P. New V/D-functions on the way. Preliminary function for urban road environments based on a new method // VTI rapport 571, 2007.
26. Singh R. Improved Speed-Flow Relationships: Application to Transportation Planning Models. 7th TRB Conference on Application of Transportation Planning Methods. 1999.
27. Fosgerau M., De Palma A., Karlstrom A., Small K. Trip timing and scheduling preferences, 2012, <http://www.hal.archives-ouvertes.fr/hal-00742267>
28. Daganzo C. F., Gonzales E. J., Gayah V. V. Traffic Congestion in Networks, and Alleviating it with Public Transportation and Pricing // Institute of Transportation Studies University of California, Berkeley, 2011.
29. Saberi M., Mahmassani H. S. Empirical Characterization and Interpretation of Hysteresis and Capacity Drop Phenomena in Freeway Networks. 92th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2013.
30. Saberi M., Mahmassani H. S., Zockaie A. Network capacity, traffic instability, and adaptive driving: findings from simulated urban network experiments // Springer-Verlag Berlin Heidelberg and EURO - The Association of European Operational Research Societies, 2013.

31. Knoop V. L., Hoogendoorn S. P. Empirics of a Generalized Macroscopic Fundamental Diagram for Urban Freeways // 92th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2012.
32. Mahmassani H.S., Saberi M., Zockaie K. A. Urban Network Gridlock: Theory, Characteristics, and Dynamics. 20th International Symposium on Transportation and Traffic Theory // Procedia - Social and Behavioral Sciences 80. 2013. P. 79 – 98
33. Geroliminis N., Boyaci B. The effect of variability of urban systems characteristics in the network capacity// Transportation Research Part B 46. 2012. P. 1607–1623.
34. Zhenga N., Geroliminis N. On the distribution of urban road space for multimodal congested networks. 20th International Symposium on Transportation and Traffic Theory // Procedia - Social and Behavioral Sciences 80. 2013. P. 119 – 138.
35. Chen B. Y., William H. K. L., Tam M. L. Modeling Departure Time and Route Choice Problems in Stochastic Road Networks for Online ATIS Applications // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies.2009.V.8.
36. Tung L., Hail L. Vu, Nazarathy Y., Hoogendoorn S. Linear-Quadratic Model Predictive Control for Urban Traffic Networks // Elsevier Ltd, Procedia - Social and Behavioral Sciences 80. 2013. P. 512-530.
37. Geroliminis N., Haddad J., Ramezani M. Optimal Perimeter Control for Two Urban Regions With Macroscopic Fundamental Diagrams: A Model Predictive Approach // Transactions on intelligent transportation systems: IEEE, 2012.
38. Resende P., Nashashibi F., Charlot F. A Cooperative Personal Automated Transport System – A CityMobil Demonstration in Rocquencourt. 12th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision. 2012. <http://hal.inria.fr/docs/00/73/28/60/PDF/P0564.pdf>