

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

КАПІНУС СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ



УДК 656.13

РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СИСТЕМАХ  
УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

Спеціальність 05.22.01 – транспортні системи

**Автореферат**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України, м. Харків

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, доцент  
**Абрамова Людмила Сергіївна**,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, професор кафедри організації та безпеки дорожнього руху.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Алексієв Володимир Олегович**,  
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, професор кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій;

кандидат технічних наук, доцент,  
**Бакуліч Олена Олександрівна**,  
Національний транспортний університет, професор кафедри менеджменту, декан факультету менеджменту, логістики та туризму.

**Захист відбудеться** « 07 » листопада 2018 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.059.02 при Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Автореферат розісланий « 03 » жовтня 2018 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



О.П. Смирнов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У більшості розвинених країнах світу та в Україні останніми роками споглядаємо вагоме зростання автомобільного парку. Концентрація основної кількості автомобілів у межах міських територій викликає певні труднощі в організації дорожнього руху та його безпеки. Різке зниження швидкості руху, гострий дефіцит міських територій для організації короткочасної та тривалої стоянки автомобілів, забруднення довкілля, транспортний шум та зростання кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) є основними негативними наслідками автомобілізації, характерними для великих міст країни. При цьому науково-технічні прогнози вказують на збереження головної ролі автомобільного транспорту в містах для потреб у перевезенні вантажів і пасажирів, а це в свою чергу, буде сприяти збільшенню негативних наслідків автомобілізації, якщо не будуть вжиті відповідні заходи з підвищення ефективності дорожнього руху.

Для управління транспортними потоками (ТП) на вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста, перевагу має комплексна система управління, що передбачає оперативний зв'язок із міськими службами, наявність відеоспостереження, датчиків контролю автомобільного транспорту, електронні інформаційні табло та дорожні знаки зі змінною інформацією, що вказують водіям альтернативні шляхи та режими руху, параметри яких визначаються на рівні прийняття рішень. Тому перспективним напрямком підвищення ефективності управління дорожнім рухом у містах є наявність у сучасних систем управління засобів прийняття рішень, що обумовлює актуальність дослідження.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана відповідно до положень «Національного плану дій у сфері забезпечення безпеки дорожнього руху на період до 2020 року», розпорядження Кабінету міністрів України від 14 червня 2017 р. № 481-р «Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року», розпорядження Кабінету міністрів України от 20 жовтня 2010 р. № 2174-р «Транспортної стратегії України на період до 2020 року», також взято до уваги резолюцію Генеральної Асамблеї ООН № 64/255 від 4 квітня 2012 р. «Десятиліття дій із забезпечення безпеки дорожнього руху 2011-2020 роки»; розроблені у роботі положення застосовані при виконанні комплексного проекту прикладного дослідження Т-18-53-15 «Науково-практичний підхід підвищення безпеки дорожнього руху на залізничних переїздах» 2015 р. на кафедрі організації та безпеки дорожнього руху ХНАДУ.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління дорожнім рухом за рахунок розробки моделей прийняття рішень.

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз структури систем управління дорожнім рухом за рівнями управління та критеріями ефективності;
- визначити функції технічних та нетехнічних елементів системи управління дорожнім рухом;

- обґрунтувати застосування основних закономірностей параметрів транспортного потоку для моделей прийняття рішень;
- отримати моделі параметрів ТП у разі складних умов руху для оперативного управління дорожнім рухом;
- розробити моделі прийняття рішення для критичних ситуацій.

**Об'єкт дослідження** – процес прийняття рішень у системі управління дорожнім рухом.

**Предмет дослідження** – формалізація моделей прийняття рішень для оперативного управління дорожнім рухом.

**Методи дослідження.** Досліджуючи структуру та елементи системи управління дорожнім рухом, застосовано методи системного аналізу, а саме: методом дерева цілей визначено завдання для дослідження та досягнення генеральної мети, структурний аналіз системи управління дорожнім рухом дозволив оцінити відповідність структури поставленим цілям її функціонування, які визначено методом дерева функцій. На основі транспортного моделювання визначено ефективну область зміни основних параметрів ТП. Методами теорії прийняття рішень розроблені моделі прийняття рішень. На підставі теорії корисності отримано кількісні оцінки корисності вибору заходів ОДР. Методи натурних спостережень, математичного та імітаційного моделювання застосовано для визначення достовірності розроблених моделей прийняття рішень.

**Наукова новизна отриманих результатів.** У дисертаційній роботі науково обґрунтовано напрям підвищення ефективності управління дорожнім рухом за рахунок забезпечення пропускнуєї спроможності вулично-дорожньої мережі, при цьому:

- *вперше розроблено* підхід до визначення пріоритетного заходу управління дорожнім рухом на підставі дерева рішень, який, на відміну від існуючих, враховує ймовірнісні та економічні складники заходів організації дорожнього руху;
- *удосконалено* процедуру визначення параметрів транспортного потоку в умовах підвищеної щільності за рахунок оцінювання закономірностей фундаментальної діаграми транспортного потоку, що впливають на зміну режимів руху на ВДМ та формують не тільки якісні й відомі раніше взаємозв'язки, а дозволяють отримати їх кількісну оцінку для подальшого управління дорожнім рухом;
- *отримало подальший розвиток* застосування системного аналізу для визначення функцій технічних і нетехнічних елементів системи управління дорожнім рухом з урахуванням ергатичних ознак.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розробленні методики визначення області зміни інтенсивності ТП для забезпечення пропускнуєї спроможності та моделей прийняття рішень для оперативного управління дорожнім рухом. Результати виконаних досліджень можуть бути використані проектними та науково-дослідницькими організаціями під час вирішення завдань ефективного управління дорожнім рухом на ВДМ міст. Практична значущість результатів роботи підтверджується відповідними актами впровадження у таких організаціях: ТОВ «КОМКОН-ТРАФІК» м. Харків, ТОВ «Інститут Харківпроект». Результати

дослідження використані в організації навчального процесу студентів денної та заочної форми навчання спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» під час викладання дисциплін «Аудит безпеки дорожнього руху», «Методи наукових досліджень», «Автоматизовані системи управління дорожнім рухом», «Технічні засоби регулювання дорожнього руху», що підтверджується відповідним актом впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Усі положення і результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, подано в роботах [1-17]. У наукових роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в такому: у роботі [8] проведено аналіз структури автоматизованих систем управління дорожнім рухом; формалізовано функції особи, яка приймає рішення (ОПР) методами теорії прийняття рішень [1]; розроблено модель дерева рішень з урахуванням вартісних оцінок ланок дерева [2, 15]; проведено аналіз структури систем підтримки прийняття рішень (СППР) під час управління дорожнім рухом [4, 9]; у роботах [5, 12, 17] розроблено моделі прийняття рішень для управління дорожнім рухом на залізничному переїзді; виявлено функції ОПР [13, 14, 16]; визначено діапазон зміни основних параметрів ТП для ефективного управління дорожнім рухом [7]; виявлено ознаки та особливості ергатичних систем у системах управління дорожнім рухом [11].

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на науково-технічних конференціях Харківського національного автомобільно-дорожнього університету 2009 - 2017 роки; на міжнародній науково-практичній конференції «Логістичні проблеми управління транспортним комплексом» (1-4 квітня 2009 р., м. Донецьк, ДІАТ); на Міжнародній наук.-техн. конф. при уч. мол. вчених і студ. «Безпека руху та автомобільні дороги. Проблеми, перспективи» (26-28 листопада 2009 р., м. Харків, ХНАДУ); на Міжнародній наук.-техн. конф. «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології» (01-03 грудня 2009 р., м. Харків, ХНАДУ); на Всеукраїнській науковій конференції молодих вчених та студентів «Новітні підходи до планування транспортних систем міст» (19-22 квітня 2010 р., м. Харків, ХНАДУ); на III міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху» (16-17 квітня 2013 р., м. Харків, ХНАДУ); на Міжнародній наук.-техн. конф. «Транспорт, екологія – стійкий розвиток» (10-12 травня 2012 р., м. Варна, Болгарія); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інформаційні технології і мехатроніка» (15 квітня 2014 р., м. Харків, ХНАДУ); на Міжнародній науч.-техн. конф. «Транспорт, екологія – стійкий розвиток» (19-21 травня 2016 р., м. Варна, Болгарія); на дванадцятій науково-практичній міжнародній конференції «Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика» (2-4 червня 2016 р., Харків, УДУЗТ).

**Публікації.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, з яких: 9 статей у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз, 8 з яких входять до переліку фахових видань (зокрема електронних) України; 5 тез у збірниках матеріалів вітчизняних та міжнародних конференцій; отримано 3 авторські свідоцтва.

**Структура й обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи складає 130 сторінок, 53 рисунки та 17 таблиць, 4 додатки на 31 сторінці, список використаних джерел складає 146 найменувань, розміщених на 13 сторінках.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** викладено актуальність обраної теми, сформульовано мету і завдання її досягнення, об'єкт, предмет та використані в роботі методи досліджень; вказано на наукову новизну роботи, визначено особистий внесок здобувача, викладено наукове та практичне значення результатів наукових досліджень.

У **першому розділі** дисертаційної роботи проведено аналіз функціонування автоматизованих систем управління дорожнім рухом (АСУДР) різних поколінь, систем підтримки прийняття рішень та критеріїв ефективності дорожнього руху (ДР).

Доведена актуальність застосування АСУДР, що являють собою комплекс технічних засобів для реалізації технологічних алгоритмів управління ТП. Проблема управління ДР та визначення критеріїв ефективності управління дорожнім рухом на сьогодні визначена актуальним науково-практичним завданням, вирішенню якого присвячені роботи таких учених: Абрамова Л.С., Алексієв В.О., Алексієв О.П., Бакуліч О.О., Врублевська С.С., Говорущенко М.Я., Живоглядів В.Г., Зирянов В.В., Капітанов В.Т., Капський Д.В., Клінковштейн Г.І., Кочерга В.Г., Кременець Ю.О., Kerner B.S., Міхєєв С.В., Ногова О.Г., Поліщук В.П., Рушевський П.В., Сильянов В.В., Хілажев Є.Б., Хом'як Я.В., Шаде Г. та ін.

Відповідно до відомої класифікації АСУДР, кожен тип системи можна віднести до одного з поколінь, що відрізняються функціями та завданнями управління:

Покоління 1. Розрахунок керуючих параметрів і введення їх в АСУДР виконуються вручну.

Покоління 2. Розрахунок керуючих параметрів автоматизований, введення їх в АСУДР виконуються вручну.

Покоління 3. Розрахунок керуючих параметрів і введення їх в АСУДР автоматизовані. Управління реалізується з прогнозом динаміки ТП.

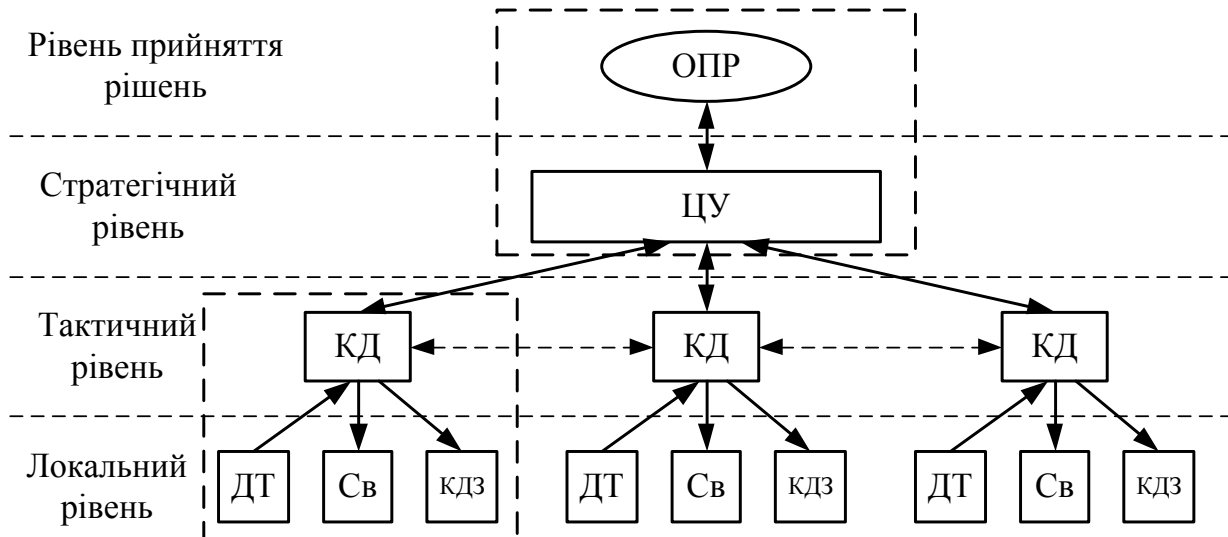
Покоління 4. Управління в реальному часі.

Покоління 5. Інтелектуальні системи управління.

Розроблені останнім часом периферійні технічні засоби зорієнтовані на роботу в складі АСУДР 1-го і 2-го поколінь. Наразі не планується розробка систем 3-го і 4-го поколінь, а розширюються функціональні можливості АСУДР за рахунок включення до її складу підсистем, що не відносяться безпосередньо до керування ТП. Виняток складає підсистема протизаторового управління за допомогою керованих знаків, але слід зазначити, що вибір та дислокація таких знаків вимагає попередньої розробки моделей перерозподілу ТП та визначення параметрів режимів руху, які відсутні у дійсний час.

Основним стримувальним фактором є відсутність сучасних технічних засобів та математичного забезпечення, що формують керуючий вплив на ДР у містах.

Найважливішим принципом організації сучасних АСУДР є наявність у них декількох рівнів управління, що перебувають в ієрархічному співвідношенні між собою. За результатами проведеного аналізу рівнів АСУДР виявлено відокремлення рівня прийняття рішень зі стратегічного рівня, до складу якого входить група фахівців, які приймає рішення (ОПР) (рис. 1).



Умовні позначення:

ЦУ – центр управління; КД – контролер дорожній; ДТ – детектор транспорту; Св – світлофор; КДЗ – керований дорожній знак.

Рисунок 1 – Рівні управління в АСУДР

Прийняття раціональних рішень, прискорення процесу його формування і зниження психологічного навантаження на людину можливе тільки за відповідної організації надання і аналізу необхідної для прийняття рішення інформації. Це можна реалізувати шляхом створення СППР та використанням її на всіх стадіях процесу прийняття рішень. СППР не тільки надають ОПР необхідні дані і різні варіанти можливих рішень поставленого завдання, а й дозволяють оцінити ефективність кожного запропонованого варіанта і можливі наслідки його вибору.

У роботі розглянуто соціальні, технічні, економічні та екологічні критерії ефективності ДР. У перебізі аналізу виявлено, що для визначення ефективності ДР використовуються критерії, що мають різнобічну оцінку. Тому для визначення ефективності ДР пропонуємо обрати такі показники ефективності, що дозволять оцінити рух транспорту на підставі його основних параметрів, а саме пропускну спроможність ВДМ.

Для реалізації виявлених особливостей функціонування АСУДР, необхідно формалізувати процес прийняття рішень і розробити моделі для нього, що використовуватимуться при управлінні ДР. Це дозволить забезпечити ОПР інструментом підтримки прийняття рішення, а також реалізувати автоматичне (або з мінімальною участю людини) формування керуючих впливів у режимі реального часу на ДР.

У **другому розділі** дисертаційної роботи проведено системний аналіз АСУДР для виділення технічних та нетехнічних елементів системи управління та їхніх функцій, що уможливило визначити вплив ОПР на ефективність функціонування всієї системи управління.

Під час дослідження роботи АСУДР визначено, що наявність людини у процесі управління, дає змогу розглядати АСУДР як ергатичні системи управління. У роботі проведено морфологічний та функціональний аналіз АСУДР із урахуванням ергатичних ознак та побудовано дерево цілей (рис. 2).

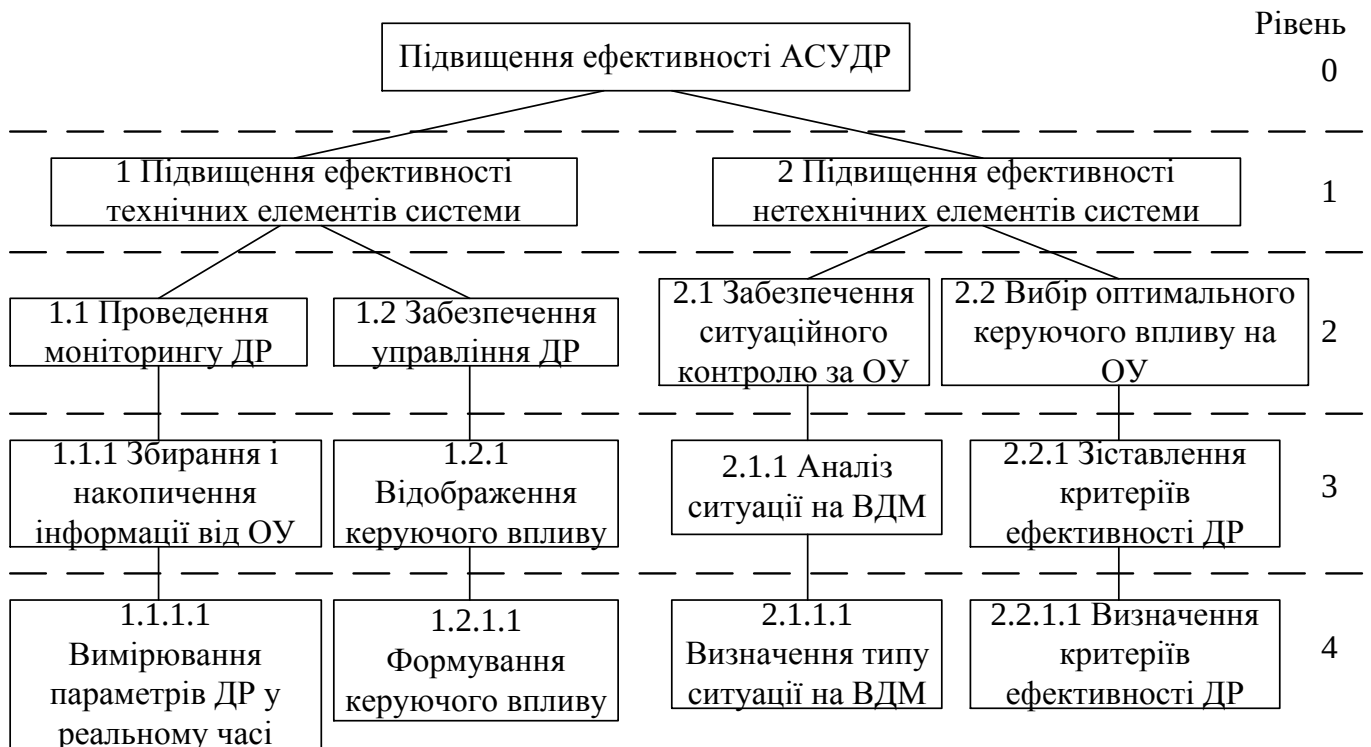


Рисунок 2 – Дерево цілей

Отриманий результат надав змогу формалізувати завдання системи підтримки прийняття рішень: формування бази даних; формування бази моделей; забезпечення надійності технічних пристроїв; оптимізація критеріїв ефективності. Засоби вирішення означених завдань у сукупності з розробкою програмного продукту формують СППР.

Проведений морфологічний аналіз довів, що АСУДР складається з кількох підсистем, що реалізують функціональні системні вимоги та взаємодію з об'єктом управління (ОУ) за допомогою периферійного обладнання і каналів зв'язку, а саме: центр управління, до складу якого входять обчислювальний комплекс (ОК), що включає обчислювальні пристрої (ОП), блок баз даних (ББД) та блок баз моделей (ББМ); дисплейний пульт оперативного управління (ДПОУ); людина-оператор (ЛО); особа, що приймає рішення (ОПР) та мнемосхема; вимірювальні пристрої, до яких приналежні відеокамери та детектори транспорту (ДТ), а також виконавчі пристрої, до яких входять дорожні контролери (ДК), світлофори (Св), викличні пішохідні пристрої (ВПП), керовані дорожні знаки (КДЗ) та інформаційні табло; також до структури АСУДР належать пристрої аварійно-викличного зв'язку (ПАВЗ) (рис. 3).

До функцій елементів підсистеми «центр управління» відноситься: 1 – виконання розрахунків параметрів управління рухом автотранспортних засобів (АТЗ) на ВДМ (ОП); 2 – накопичення (зберігання) даних про параметри транспортних потоків (ББД); 3 – зберігання алгоритмів і моделей управління ДР, зберігання критеріїв вибору керуючого впливу, зберігання показників ефективності функціонування (ББМ); 4 – відображення працеспроможності виконавчих і вимірювальних пристроїв на мнемосхемі; 5 – відображення дій людини-оператора (ЛО); 6 – відображення параметрів руху АТЗ по ВДМ; 7 – забезпечення візуального спостереження за рухом АТЗ (ДПОУ); 8 – забезпечення візуального контролю за мнемосхемою і за рухом АТЗ по ВДМ; 9 – реагування на критичні ситуації в оперативному режимі (ЛО); 10 – формування керуючих впливів для БМ; 11 – здійснення вибору керуючого впливу на ОУ; 12 – здійснення ситуаційного контролю ВДМ (ОПР);

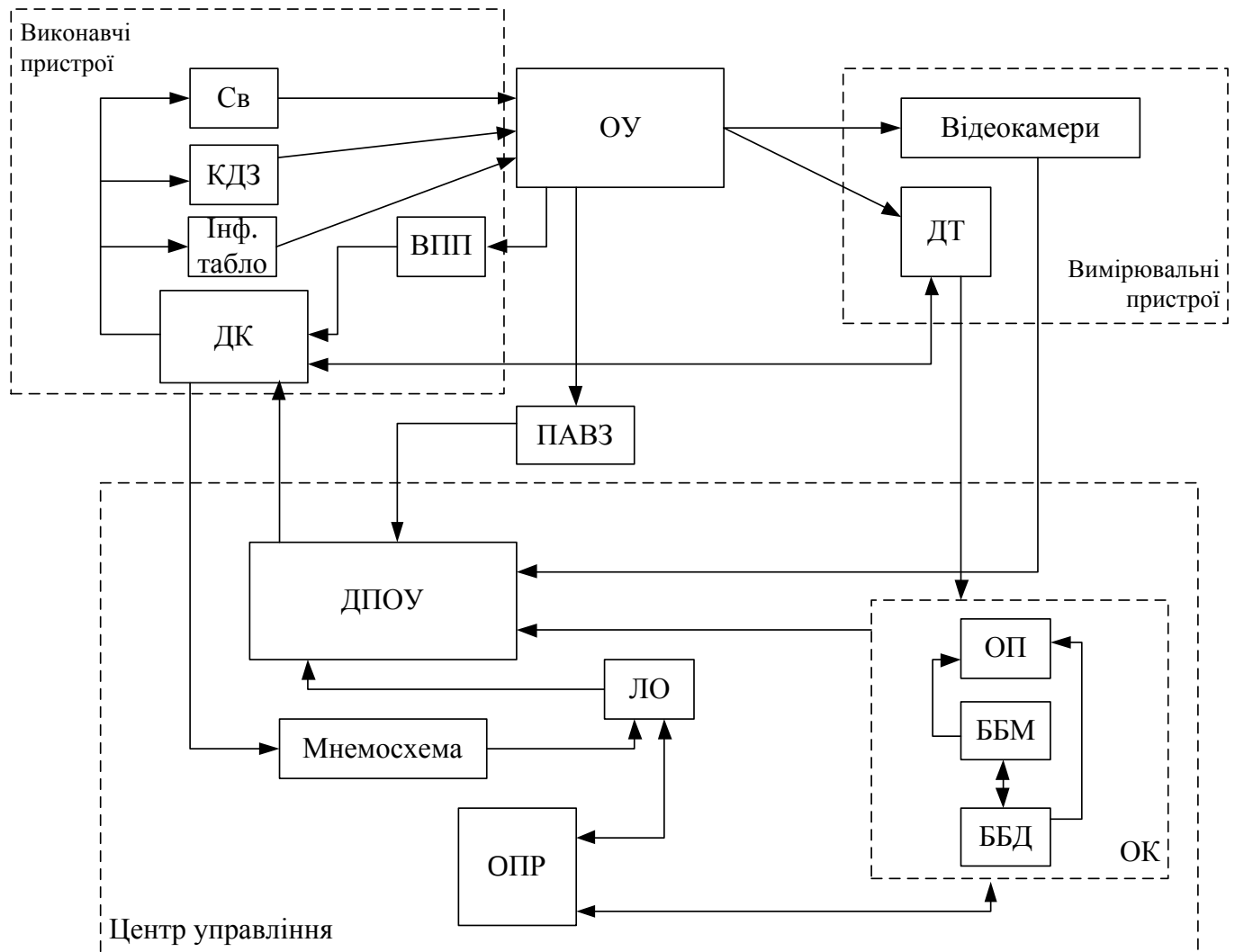


Рисунок 3 – Структура АСУДР

Функціями елементів підсистеми «Вимірювальні пристрої» є: 13 – моніторинг ТП (відеокамери); 14 – вимірювання параметрів ТП (ДТ);

Функціями елементів підсистеми «Виконавчі пристрої» є: 15 – забезпечення управління проїздом АТЗ через перехрестя (Св); 16 – переривання виконання програми циклу світлофорного регулювання для зупинки ТП (ВПП); 17 – забезпечення зв'язку учасників ДР з оператором (ПАВЗ); 18 – відображення значень керуючих параметрів режиму руху АТЗ в оперативному режимі (КДЗ); 19 – відображення інформації про умови руху на ВДМ (інф. табло); 20 – реалізація управління світлофорним пристроєм; 21 – визначення параметрів локального і координованого управління рухом АТЗ на перехрестях ВДМ; 22 – забезпечення зв'язку вимірювальних і виконавчих пристроїв із ЦУ і між собою; 23 – забезпечення контролю працеспроможності виконавчих і вимірювальних пристроїв (ДК);

У результаті структуризації визначених функцій було побудовано дерево функцій підсистем АСУДР із наявністю їхньої ієрархії (рис. 4). Виділені основні функції, що істотно впливають на зміну параметрів ОУ, а також допоміжні, що забезпечують виконання основних функцій та інформаційних, які здійснюють обмін інформацією між системою управління та об'єктом управління.

Поєднавши структурну та функціональну моделі, отримано узагальнену функціонально-структурну модель, аналіз якої дозволив виявити, що основну частину функцій у системі управління дорожнім рухом виконують 4 елементи системи: ДПОУ, ЛО, ОПР і ДК. До функцій управління залучені нетехнічні елементи системи: людина-оператор виконує в основному диспетчерські функції, а ОПР здійснює вибір керуючого впливу на ОУ та формує керуючі впливи для критичних ситуацій в оперативному режимі, що впливає на ефективність функціонування всієї системи управління.

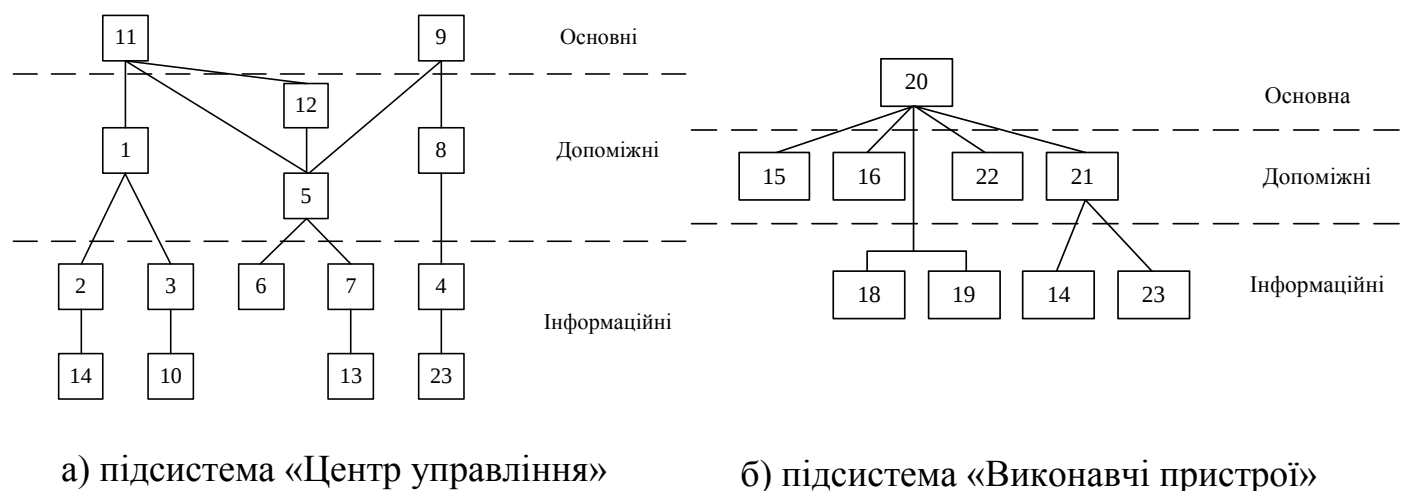


Рисунок 4 – Дерево функцій підсистем АСУДР

Указане дає можливість стверджувати, що розробка математичного забезпечення для виконання функцій ОПР у процесі управління ДР є необхідним етапом розвитку АСУДР.

У **третьому розділі** на підставі того, що однією з основних функцій ОПР є здійснення вибору керуючого впливу на об'єкт управління, обґрунтовано та доведено доцільність визначення діапазону зміни параметрів ТП у процесі ДР, утримання та забезпечення якого діями ОПР можна попередити виникнення

складних умов руху на ВДМ. Запропоновано підхід до визначення області зміни основних параметрів ТП методами макро- та мікромодельовання, за якої буде забезпечено пропускну спроможність ВДМ.

Основою оперативного управління є контроль параметрів ТП із подальшим аналізом та наявністю методів управління, що дають можливість змінювати інтенсивність ТП на елементах ВДМ. Під час дослідження параметрів ТП із урахуванням часового коливання інтенсивності ТП запропоновано побудову фундаментальних діаграм для перегонів ВДМ на підставі макроскопічних моделей.

У результаті проведеного аналізу відомих форм основної діаграми ТП обрано трикутну форму фундаментальної діаграми, що визначається трьома параметрами: 1) пропускну спроможністю  $P$ ; 2) критичної щільністю  $q_{кр}$ , яка визначається кількістю АТЗ на перегоні, коли інтенсивність досягає пропускну спроможності; 3) максимальною щільністю  $q_{max}$ , за якої рух повністю зупиняється. Саме ці параметри істотно впливають на режими руху.

Параметри лівої частини фундаментальної діаграми (зони вільного руху) можуть бути апроксимовані прямою лінією, тоді як дані в правій частині фундаментальної діаграми (зони ускладненого руху) мають значний розкид. Тоді справедливим вважаємо припущення, що значення інтенсивності вхідних потоків перебувають в інтервалі  $N_{ex}^- \leq N_{ex} \leq N_{ex}^+$ ; значення пропускну спроможності – в інтервалі  $P^- \leq P_{розр} \leq P^+$  і, відповідно, щільність –  $q^- \leq q \leq q^+$ , а дозволена швидкість руху ( $V_n$ ) визначається з нормативних документів (рис. 5).

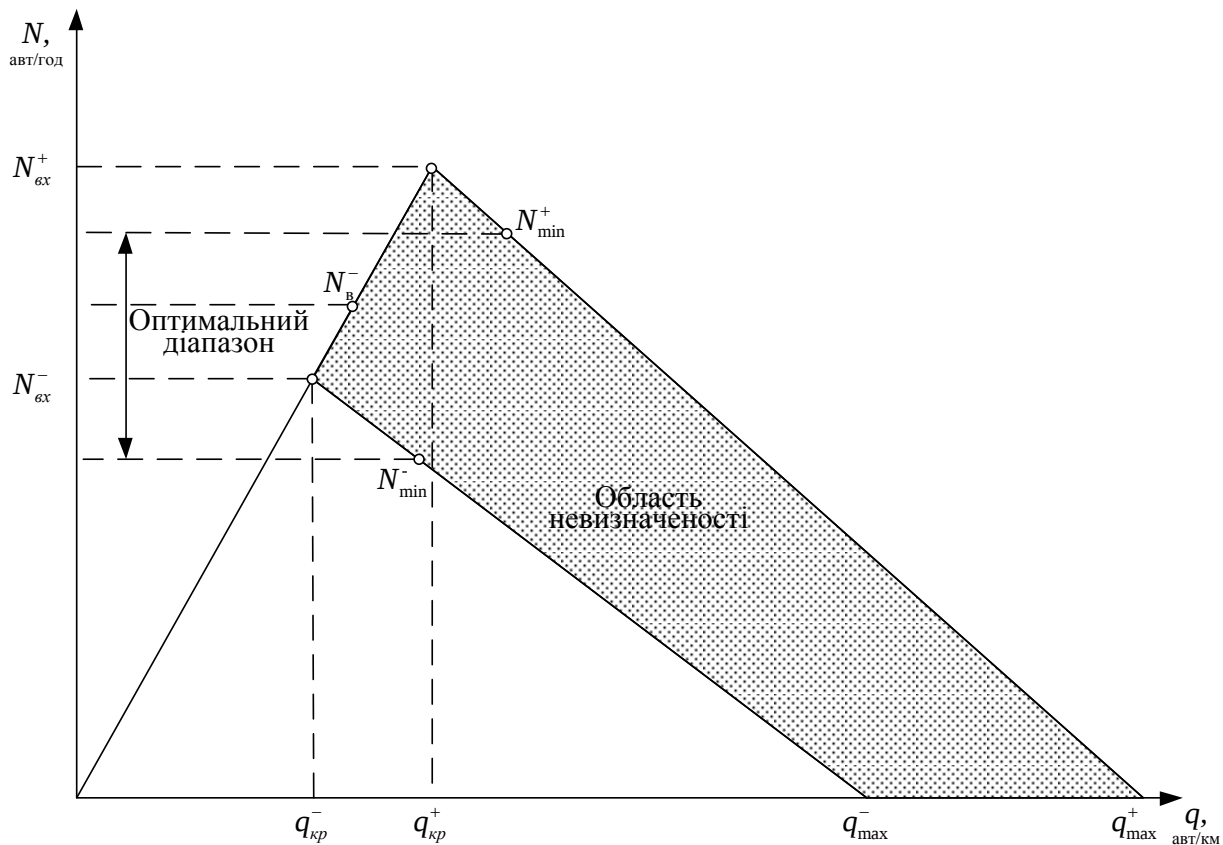


Рисунок 5 – Трикутна фундаментальна діаграма ТП

Наявність розбіжностей параметрів ТП визначає область невизначеності зміни інтенсивності та щільності ТП під час виникнення «ударної хвилі», що обмежена графіками для верхньої межі (гіршого випадку) (+) та нижньої межі (кращого випадку) (-) визначених параметрів ТП залежно від його стану.

При цьому діапазон зміни критичної щільності  $q_{кр}$  визначаємо як:

$$q_{кр}^+ = \frac{N_{ex}^+}{V_n}; \quad q_{кр}^- = \frac{N_{ex}^-}{V_n} \quad (1)$$

Тоді інтенсивність ТП, з урахуванням параметрів «ударної хвилі» в потоці, будемо визначати як:

$$N_{min}^- = (V_n - c^-) \cdot q_{кр}^- \quad N_{min}^+ = (V_n - c^+) \cdot q_{кр}^+ \quad (2)$$

де  $c$  – швидкість «ударної хвилі».

Швидкість поширення ударної хвилі, з урахуванням невизначеності параметрів ТП, визначено таким співвідношенням:

$$c^- = \frac{N_{ex}^-}{q_{max}^- - \frac{N_{ex}^-}{V_n}}; \quad c^+ = \frac{N_{ex}^+}{q_{max}^+ - \frac{N_{ex}^+}{V_n}} \quad (3)$$

На основі запропонованого підходу була сформована послідовність побудови фундаментальної діаграми ТП. Отримана методика складається з певних етапів:

1. Визначаємо схему ділянки транспортної мережі із відповідними топологічними параметрами (довжина  $l_{пер}$  та кількість смуг руху  $n$ ).

2. Вимірюємо інтенсивність ТП на ділянці методом натурних спостережень або за допомогою детекторів транспорту та обирається  $N_{max} = N_{ex}^+$  та  $N_{min} = N_{ex}^-$ .

3. Визначаємо щільність ТП ( $q_{max}^-$ ) як максимальну кількість АТЗ, що розташовані на ділянці на підставі відомих значень середньої довжини АТЗ ( $l_a$ ) та дистанції безпеки ( $l_{без}$ )

$$q_{max}^- = \frac{l_{пер}}{l_a + l_{без}} \cdot n \quad (4)$$

де  $n$  – кількість смуг руху.

При визначенні  $q_{max}^+$  ураховується, що дистанція безпеки між АТЗ у щільному потоці у разі затору зменшується майже вдвічі.

4. За ДБН В.2.3-5 відповідно до категорії міських вулиць та доріг обираємо нормативне значення швидкості руху ( $V_n$ ) та інтенсивності ТП, що дорівнює пропускній спроможності ділянки ( $P = N_{max}$ ).

5. На підставі залежності (1) визначаємо критичне значення щільності ТП при максимальній ( $q_{кр}^+$ ) та мінімальній ( $q_{кр}^-$ ) інтенсивності ТП.

6. Визначаємо швидкість «ударної хвилі» для варіантів гіршого та кращого випадків зміни інтенсивності за залежністю (3).

7. Максимальну інтенсивність для кращого варіанта дорожнього руху на перегоні ( $N_{\epsilon}^-$ ) визначаємо за залежністю:

$$N_{\epsilon}^- = V_n \cdot q_{кр}^{\pm} \quad (5)$$

де  $q_{кр}^{\pm}$  – середнє значення критичної щільності ТП для кращого та гіршого випадків.

8. Мінімальна інтенсивність ТП для кожного випадку (крива у правій частині діаграми) ( $N_{\min}$ ) залежить від швидкості «ударної хвилі», тому її значення визначається за залежністю (2).

На підставі проведених розрахунків визначаємо діапазон зміни інтенсивності ТП, що відповідає сприятливим умовам ДР та забезпечує ефективне функціонування ВДМ:  $N_{\min}^- \leq N_{\text{пот}} \leq N_{\min}^+$ . Таким чином, необхідно отримати кількісний діапазон зміни інтенсивності ТП для кожного типу міських вулиць та доріг, що надає ОПР можливість оцінювати ситуації на ВДМ, за наявності виміру поточної інтенсивності, для прийняття рішення щодо необхідності визначення керуючих впливів на ДР.

Для побудови фундаментальних діаграм ділянок ВДМ із ускладненими режимами руху та перевірки теоретичних досліджень було обрано ділянки ВДМ м. Харків із вираженими піковими періодами руху транспорту у ранковий та вечірній час: просп. Людвіга Свободи, вул. Дерев'янка та вул. Ахсарова (рис. 6а), що згідно з генеральним планом розвитку міста Харків 2004-2026 класифікуються як магістральні вулиці загальноміського значення регульованого руху та ділянка магістральної вулиці районного значення (просп. Перемоги). Тобто у роботі було побудовано чотири фундаментальні діаграми для ділянок ВДМ м. Харків із різних категорій та завантаженням.

Побудована діаграма ТП (рис. 6б) підтверджує виникнення заторових режимів руху в пікові періоди, про це свідчить перевищення максимальної інтенсивності руху в піковий період на вказаній ділянці  $N_{\text{ex}}^+ \gg N_{\max}$ . Під час застосування розробленої методики було визначено, що допустима інтенсивність руху транспорту повинна перебувати в діапазоні від 718 до 1300 авт/год для забезпечення пропускної спроможності ВДМ та запобігання затору. Проведена перевірка коректності визначення параметрів фундаментальної діаграми ТП за залежністю:

$$V \cdot q_{кр} = c \cdot (q_{\max} - q_{кр}) \quad (6)$$

Похибка проведення розрахунків на досліджуваних ділянках складає від 1% до 4,2%, що відповідає прийнятим нормам (<5%) та доводить коректність результатів дослідження. Відповідні розрахунки надано в тексті дисертації.

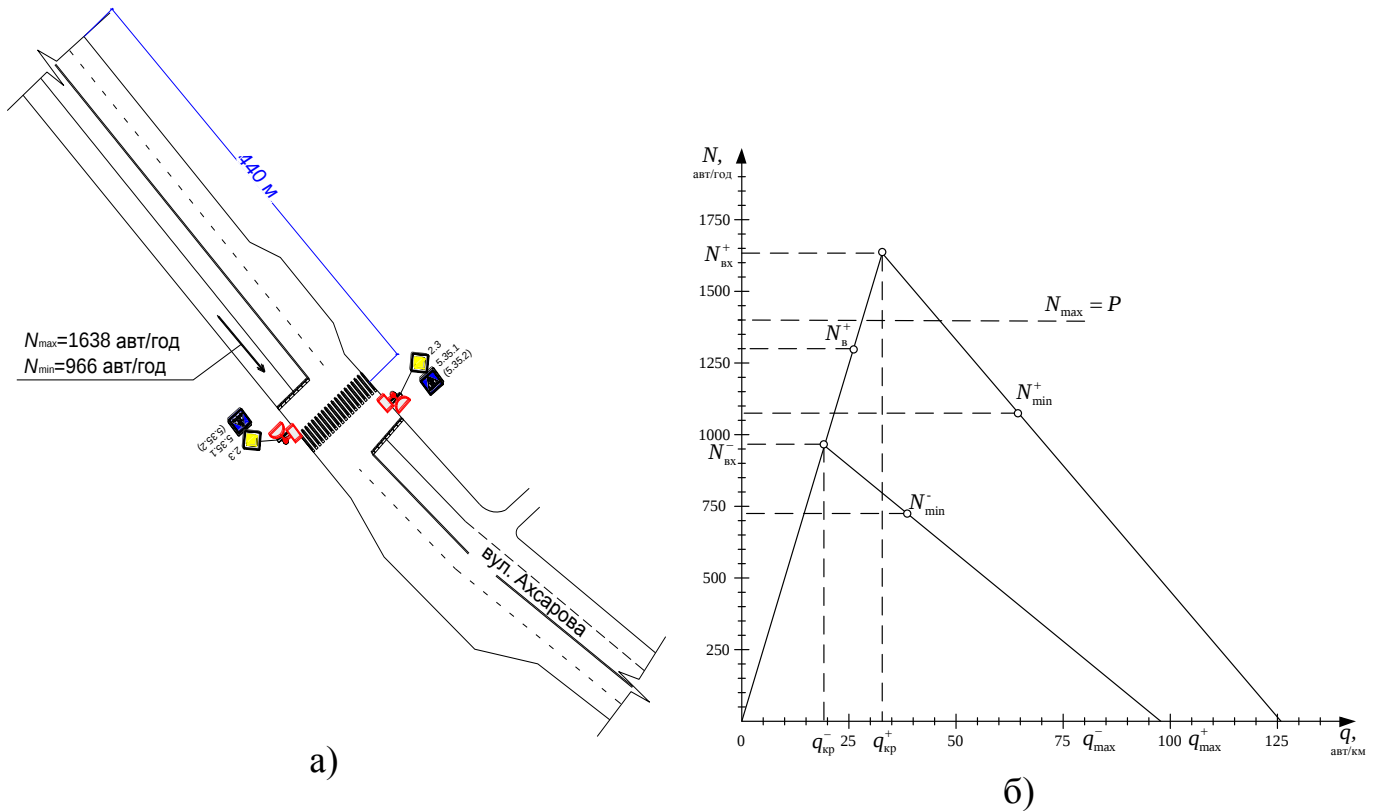


Рисунок 6 – Схема ділянки вул. Ахсарова та її фундаментальна діаграма

Для оцінювання коректності визначення діапазону зміни інтенсивності ТП була побудована імітаційна модель у програмному забезпеченні PTV Vissim. За результатами імітаційного моделювання можна стверджувати, що утримання параметрів ТП у визначеному діапазоні надасть змогу підвищити ефективність функціонування ділянки ВДМ майже у 2 рази. Результати моделювання докладно обґрунтовано у дисертації.

Побудовані діаграми ТП для складних ділянок ВДМ пропонуємо занести до бази моделей АСУДР. Це дозволить ОПР у процесі прийняття рішень контролювати час зміни між поточним і бажаним станом об'єкта управління та приймати рішення для формування керуючих дій щодо переведення об'єкта управління із поточного стану в бажаний. Під бажаним станом розуміємо ефективне функціонування ВДМ із забезпеченням пропускної спроможності.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи для виконання функції ОПР із формування керуючих впливів для критичних ситуацій в оперативному режимі методами теорії корисності досліджено процес прийняття рішень і проведено формалізацію моделей прийняття рішень, що сприяють коректному вибору методу управління у критичних ситуаціях.

Визначено, що до критичних ситуацій (КС), в яких необхідно оптимізувати взаємодію підсистем ДУ (дорожні умови) і ТП, належать такі: 1) інтенсивність руху, близька до пропускної спроможності; 2) пропуск колон або спецавтомобілів; 3) виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП); 4) проведення дорожньо-ремонтних робіт; 5) несприятливі погодні умови; 6) несправність технічних засобів системи управління.

Для побудови моделей прийняття рішень було застосовано теорію корисності, що реалізована 5 етапами: попередній аналіз; структурний аналіз; аналіз невизначеності; аналіз корисності та процедури оптимізації. Послідовне виконання етапів дозволило побудувати моделі прийняття рішень у вигляді дерев рішень, для управління ДР у критичних ситуаціях.

Дерево рішень являє собою орієнтований граф, вершини якого можуть бути двох типів: типу «Дія» (Д), що визначають управляючі директиви, які обирає ОПР та вершини типу «Подія» (П), що відбуваються незалежно від ОПР, але від них залежать його подальші дії. Для дуг дерева визначено значення ймовірності ( $q$ ), оскільки ОПР не повністю контролює події. На етапі аналізу корисності визначили кількісні оцінки корисності наслідків, пов'язаних із реалізацією того або іншого шляху на дереві рішень ( $e$ ). Оптимальну стратегію дій було визначено за допомогою максимізації очікуваної корисності на всьому просторі можливих результатів за допомогою теорії ігор.

У роботі було запропоновано визначати значення ймовірності для дуг на дереві рішень як ймовірність зниження кількості ДТП від заходу ОДР (табл. 1).

Таблиця 1 – Ефективність заходів організації дорожнього руху

| Заходи                                         | Ймовірність зниження ДТП |
|------------------------------------------------|--------------------------|
| Обмеження доступу до ділянки ВДМ               | 0,4                      |
| Обмеження швидкості руху                       | 0,48                     |
| Заборона руху за напрямками                    | 0,15                     |
| Організація реверсивного руху                  | 0,15                     |
| Заборона маневрів                              | 0,2                      |
| Локальне управління світлофорною сигналізацією | 0,4                      |
| Управління світлофорами по мережі              | 0,4                      |

Для проведення аналізу корисності за вартісну оцінку керуючих дій ОПР пропонуємо обирати сумарну ступінь впливу заходу ОДР на витрати: експлуатаційні витрати  $C_{TP}$  підприємств автомобільного транспорту; витрати  $C_{nac}$ , пов'язані з втратами часу пасажирів на шляху прямування; витрати  $C_{niu}$ , пов'язані з втратами часу пішоходів; витрати  $C_{дтп}$ , пов'язані з дорожньо-транспортними пригодами; витрати  $C_E$ , пов'язані з експлуатацією обладнання, технічних засобів регулювання дорожнього руху, автоматизованих систем управління рухом; витрати  $C_d$  на ремонти й утримання автомобільних доріг і дорожніх інженерних споруд; втрати від забруднення повітря і шумового впливу  $C_3$ ,  $C_{ш}$  (табл. 2), де наявність того чи іншого типу витрат у заході ОДР, позначена – 1, а відсутність – 0.

Таблиця 2 – Вплив заходів ОДР на витрати

| Заходи ОДР                               | Витрати  |           |           |           |       |       |       |         |          |
|------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|---------|----------|
|                                          | $C_{тр}$ | $C_{пас}$ | $C_{піш}$ | $C_{дтп}$ | $C_e$ | $C_d$ | $C_z$ | $C_{ш}$ | $\Sigma$ |
| Уведення світлофорного регулювання       | 1        | 1         | 0         | 1         | 0     | 0     | 0     | 0       | 3        |
| Обмеження швидкості руху                 | 1        | 1         | 0         | 1         | 0     | 0     | 1     | 0       | 4        |
| Уведення координованого руху             | 1        | 1         | 0         | 1         | 1     | 0     | 1     | 1       | 6        |
| Організація реверсивного руху            | 1        | 1         | 0         | 1         | 0     | 0     | 0     | 0       | 3        |
| Заборона маневрів                        | 1        | 1         | 1         | 1         | 0     | 0     | 0     | 0       | 4        |
| Зміна числа фаз і часу циклу регулювання | 1        | 1         | 1         | 1         | 0     | 0     | 0     | 0       | 4        |

Значення ймовірності зниження ДТП від заходів ОДР ( $q$ ) та їхнього впливу на витрати ( $e$ ) формують оцінку ваги дуг дерева рішень. Під час дослідження критичної ситуації «Виникнення ДТП», на підставі теорії корисності, було побудовано дерево рішень (рис. 7).

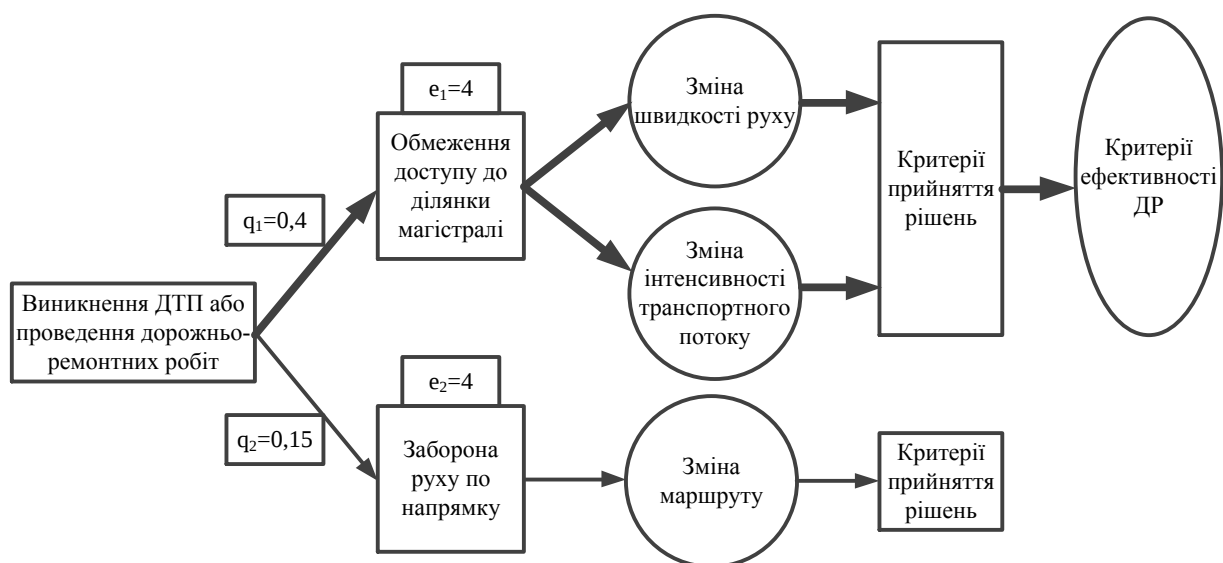


Рисунок 7 – Модель прийняття рішень для ситуації «Виникнення ДТП»

На етапі оптимізації за допомогою елементів теорії ігор проводимо максимізацію очікуваної корисності на всьому просторі результатів. Із цією метою застосовано критерії прийняття рішень як оцінку переваг методів ОДР для вибору оптимального варіанта рішення, а саме Бассе-Лапласа, Севіджа та Гурвиця.

У результаті розрахунку критеріїв прийняття рішень для ситуації «Виникнення ДТП» отримано матрицю прийняття рішень (табл. 3).

На підставі розрахунків визначено, що вибір дії щодо обмеження доступу до ділянки магістралі має більші значення критеріїв прийняття рішень, тому ця дія буде раціональною в указаній критичній ситуації.

Таблиця 3 – Матриця прийняття рішень для ситуації «Виникнення ДТП»

| Дія                                     | Подія                |                                          |                | Критерії      |         |         |
|-----------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|----------------|---------------|---------|---------|
|                                         | Зміна швидкості руху | Зміна інтенсивності транспортного потоку | Зміна маршруту | Баєса-Лапласа | Севіджа | Гурвиця |
| Обмеження доступу до ділянки магістралі | 4                    | 4                                        | 0              | <b>1,6</b>    | 4       | 2       |
| Заборона руху за напрямком              | 0                    | 0                                        | 4              | 0,6           | 4       | 2       |

Аналогічно були розроблені моделі прийняття рішень для всіх наведених критичних ситуацій на ВДМ, результати подано у тексті дисертаційної роботи.

Для перевірки коректності вибору рішення у критичній ситуації було проведено імітаційне моделювання у програмному забезпеченні PTV VISSIM. Докладно досліджено критичну ситуацію «Виникнення ДТП» на ділянці ВДМ Шевченківського району м. Харків та розроблено модель перерозподілу ТП для обмеження доступу до місця ДТП. Картограми інтенсивності ТП та показники ефективності ДР, внаслідок керуючих дій, підтверджують коректність обраного заходу ОДР. Результати імітаційного моделювання більш детально висвітлено у дисертації.

## ВИСНОВКИ

1. За результатами аналізу відомих класифікацій і структур АСУДР визнано доцільним виокремлення рівня прийняття рішень від рівня центру управління дорожнім рухом. Доведено, що розроблення і впровадження систем підтримки прийняття рішень забезпечує ОПР моделями та методиками для виключення нераціональних або помилкових рішень. Це дає можливість забезпечити підвищення ефективності функціонування не тільки рівня прийняття рішень, а й усієї системи управління дорожнім рухом, оскільки дії ОПР щодо вибору заходів у критичних ситуаціях на ВДМ будуть обґрунтованими.

2. На підставі проведеного системного аналізу побудовано дерево цілей та визначено завданнями, вирішення яких призведе до підвищення ефективності функціонування АСУДР. На основі проведеної структуризації цілей підвищення ефективності функціонування АСУДР з урахуванням ергатичних ознак систем визначено чотири рівня цілей, до складу яких входять 15 цілей. За результатами функціонального аналізу побудовано дерево функцій, до складу якого увійшло 23 функції, що дозволило виявити функції технічних і нетехнічних елементів АСУДР та визначити їхню ієрархію і взаємозв'язок. Отримана функціонально-структурна модель системи управління дорожнім рухом підтверджує вплив ОПР на ефективність функціонування системи управління, бо ОПР здійснює вибір керуючого впливу на ДР та формує керуючі впливи для критичних ситуацій в оперативному режимі, тому зменшення участі ОПР у процесі управління за рахунок розробки моделей прийняття рішень є необхідним етапом удосконалення АСУДР.

3. Науково обґрунтовано та доведено доцільність контролю ОНР поточної інтенсивності ТП, зміна якої сприяє утворенню заторів зі зменшенням пропускної спроможності ВДМ та, відповідно, ефективності дорожнього руху. На підставі закономірностей параметрів фундаментальної діаграми ТП визначено аналітичні залежності параметрів ТП у складних умовах руху, а саме: швидкості поширення «ударних хвиль»; максимальної щільності ТП; критичної щільності ТП, що виникає за максимальної інтенсивності ТП, які, в свою чергу, є основою для визначення допустимого діапазону зміни інтенсивності ТП для ділянок ВДМ міста різної категорії. Отримана методика побудови фундаментальної діаграми із визначення основних параметрів ТП.

4. Для проведення експериментальних досліджень визначення допустимого діапазону зміни інтенсивності ТП за отриманою методикою, було обрано чотири ділянки ВДМ Шевченківського району м. Харків, на яких зафіксовано складні умови руху транспорту. На підставі даних натурних обстежень параметрів ТП побудовано фундаментальні діаграми для обраних ділянок ВДМ та отримано діапазон зміни інтенсивності ТП. При цьому похибка побудови діаграми для обраних ділянок не перевищує 5 %, що підтверджує коректність визначення параметрів ТП у щільному потоці для оперативного управління дорожнім рухом. Для підтвердження достовірності отриманих результатів проведено імітаційне моделювання у програмному середовищі PTV VISSIM.

5. Розроблені моделі прийняття рішень на підставі засад теорії корисності, поєднують дії ОНР із подіями, до яких призводять ці дії. Вагові оцінки гілок дерева рішень запропоновано визначати із урахуванням ймовірності зниження кількості ДТП від заходів ОДР та загальних витрат на їхню реалізацію. З урахуванням цього розроблено моделі прийняття рішень для критичних ситуацій на ВДМ міста із визначенням оцінки ефективності обраного рішення за критеріями теорії ігор – Баєса-Лапласа, Севіджа та Гурвиця. Результати перевірки коректності отриманих моделей прийняття рішень, що проведена з використанням програмного продукту PTV VISSIM, підтверджують вибір заходу ОДР у критичних ситуаціях на ВДМ, а саме: зменшуються затримки ТЗ на 65 % та час простою ТЗ на 62 %. Використання розроблених моделей прийняття рішень під час розробки систем підтримки прийняття рішень в АСУДР уможливить зменшення впливу ОНР за оперативного управління дорожнім рухом.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Абрамова Л.С. Анализ методов теории принятия решений с позиции управления дорожным движением / Л.С. Абрамова, С.В. Капинус // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2009. – №47. – С. 90-92.

2. Абрамова Л.С. До питання вибору критеріїв ефективності організації дорожнього руху методами теорії корисності / Л.С. Абрамова, С.В. Капінус // Автомобільний транспорт. – 2009. – №25. – С. 62-65.

3. Капінус С.В. Розробка елементів системи підтримки прийняття рішень в управлінні дорожнім рухом / С.В. Капінус // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2010. – №50. – С. 97-101.

4. Абрамова Л.С. Анализ структуры систем поддержки принятия решений в АСУДД / Л.С. Абрамова, И.С. Наглюк, С.В. Капинус // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2012. – №18. – С. 45-51.

5. Абрамова Л.С. Управління дорожнім рухом на залізничному переїзді з елементами теорії корисності / Л.С. Абрамова, С.В. Капінус // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 13-17.

6. Капінус С. В. Імітаційне моделювання параметрів дорожнього руху у критичних ситуаціях на транспортній мережі / С.В. Капінус // Автомобіль і електроніка. – 2017. – № 11. – С. 79-84.

7. Абрамова Л. С. Визначення балансу між параметрами дорожнього руху / Л. С. Абрамова, С. В. Капинус // Комунальне господарство міст. – 2018. – №140. – С. 91-97.

8. Абрамова Л.С. Анализ функционирования автоматизированных систем управления дорожным движением в мегаполисах / Л.С. Абрамова, С.В. Капинус // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – №1. – С. 13-20.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. Абрамова Л.С. Структуры систем поддержки принятия решений в АСУДД / Л. С. Абрамова, С.В. Капинус // Матеріали наук.-техн. конф. з міжнародною участю «Транспорт, екологія – стійкий розвиток». – Варна, 2012. – С. 282-287.

10. Капинус С.В. Функции уровня принятия решений в автоматизированных системах управления дорожным движением / С.В. Капинус // Проблеми підвищення рівня безпеки, комфорту та культури дорожнього руху: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 85-88.

11. Абрамова Л.С. Признаки эргатических систем в управлении дорожным движением. / Л.С. Абрамова, С.В. Капинус // Інформаційні технології і мехатроніка: Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції. – Харків, 2014. – С. 5-6.

12. Абрамова Л.С. Побудова дерева рішень для управління дорожнім рухом на залізничному переїзді / Л. С. Абрамова, С. В. Капінус // Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика: тези доповідей за матеріалами дванадцятої науково-практичної міжнародної конференції. – Харків: УДУЗТ, 2016. – С. 33-34.

13. Абрамова Л.С. Особенности систем управления дорожным движением / Л. С. Абрамова, С.В. Капинус // Матеріали наук.-техн. конф. з міжнародною участю «Транспорт, екологія – стійкий розвиток». – Варна, 2016. – С. 107-110.

Наукові праці, що додатково відображають наукові результати дисертації:

14. Абрамова Л. С. Системный анализ систем управления дорожным движением / Л.С. Абрамова, С.В. Капинус // Молодий вчений. – 2016. – №7. – С. 177-181.

15. А.с. Твір наук.-практ. характеру «До питання вибору критеріїв ефективності організації дорожнього руху методами теорії корисності» / С.В. Капінус, Л.С. Абрамова (Україна). – № 49009; опубл. 29.04.2013 р.

16. А.с. Твір наук.-практ. характеру «Системний аналіз систем управління дорожнім рухом» / С.В. Капінус, Л.С. Абрамова (Україна). – № 69151; опубл. 13.12.2016 р.

17. А.с. Твір наук.-практ. характеру «Управління дорожнім рухом на залізничному переїзді з елементами теорії корисності» / С.В. Капінус, Л.С. Абрамова (Україна). – № 70197; опубл. 21.01.2017 р.

## АНОТАЦІЯ

Капінус С. В. Розробка моделей прийняття рішень у системах управління дорожнім рухом. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 - транспортні системи. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет МОН України, Харків, 2018.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-прикладного завдання підвищення ефективності функціонування систем управління дорожнім рухом за рахунок розробки моделей прийняття рішень.

У науковій роботі проведено аналіз функціонування систем управління дорожнім рухом різних поколінь, існуючих систем підтримки прийняття рішень та критеріїв оцінювання ефективності дорожнього руху. Проведено оцінку відповідності структури АСУДР поставленим цілям її функціонування методами системного аналізу з повним описом її підсистем, елементів та зв'язків між ними, що дозволило визначити вплив ОПР на ефективність функціонування всієї системи управління. Запропоновано підхід щодо визначення ОПР у процесі поточного контролю параметрів ТП допустимого діапазону зміни інтенсивності ТП. Розроблені моделі прийняття рішень у критичних ситуаціях на ВДМ міста у вигляді дерев рішень для вибору заходів ОДР, що підвищує показники ефективності дорожнього руху: зменшуються затримки ТЗ на 65 % та час простою ТЗ на 62 %.

Практичне значення одержаних результатів роботи підтверджується отриманими актами впровадження розроблених моделей прийняття рішень для оперативного управління дорожнім рухом та методики визначення області зміни інтенсивності ТП у ТОВ «КОМКОН-ТРАФІК» та ТОВ «Інститут Харківпроект» м. Харків.

Ключові слова: моделі прийняття рішень, дорожній рух, критичні ситуації, системний аналіз, імітаційні моделі, транспортне моделювання, дерево рішень.

## АННОТАЦИЯ

Капинус С. В. Разработка моделей принятия решений в системах управления дорожным движением. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 - транспортные системы. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет МОН Украины, Харьков, 2018.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи повышения эффективности функционирования систем управления дорожным движением за счет разработки моделей принятия решений.

В работе проведен анализ функционирования систем управления дорожным движением разных поколений, существующих систем поддержки принятия решений и критериев оценки эффективности дорожного движения. По результатам исследования выявлено, что в автоматизированных системах управления дорожным движением в процессе управления участвует коллектив специалистов (ЛПР) или диспетчер-оператор центра управления. Этот факт не устраняет принятия нерациональных или ошибочных решений, а может усиливать транспортную проблему города. Определено, что в практике оптимизации дорожного движения используются критерии, которые имеют разностороннюю оценку. Но использование только одного, не позволяет получить определенный результат. Поэтому для обеспечения пропускной способности УДС необходимо выбрать такие показатели эффективности ДД, которые в определенной степени позволят оценить движение транспорта на основании его основных параметров.

На основании проведенного системного анализа системы управления дорожным движением с полным описанием ее подсистем, элементов и связей между ними, определено место ЛПР в структуре АСУДД. Выделены технические и не технические элементы системы управления и их функции, что позволило определить влияние ЛПР на эффективность функционирования системы управления и функции управления в системе.

Научно обосновано и доказана целесообразность контроля ЛПР текущей интенсивности ТП, изменение которой способствует образованию заторов с уменьшением пропускной способности УДС и, соответственно, эффективности дорожного движения. На основании закономерностей параметров фундаментальной диаграммы ТП разработаны аналитические зависимости параметров ТП в сложных условиях движения, что является основой для определения допустимого диапазона изменения интенсивности ТП для участков УДС города различной категории. Предложенный подход по определению диапазона изменения интенсивности ТП позволяет ЛПР в процессе текущего контроля параметров ТП выбирать время и тип управляющих воздействий на объект управления для обеспечения пропускной способности УДС.

Разработанные модели принятия решений на основании положений теории полезности описывают действия ЛПР с событиями, к которым приводят эти действия. Весовые оценки ветвей дерева решений предложено определять с учетом вероятности снижения количества ДТП от мероприятий ОДД и общих затрат на их

реализацию. С учетом этого, разработаны модели принятия решений для критических ситуаций на УДС города с определением оценки эффективности выбранного решения по критериям теории игр. Выбор мероприятия ОДД по разработанным моделям повышает показатели эффективности ДД, а именно: уменьшаются задержки ТС на 65% и время простоя ТС на 62%. Также проведено имитационное моделирование выбора мероприятия ОДД на УДС г. Харьков при возникновении критической ситуации «Возникновение ДТП», подтверждающее возможность использования разработанных моделей, что позволит снизить влияние ЛПР при оперативном управлении дорожным движением.

Ключевые слова: модели принятия решений, дорожное движение, критические ситуации, системный анализ, имитационные модели, транспортное моделирование, дерево решений.

## ABSTRACT

Kapinus S. Development of decision-making models in road traffic control systems. – Manuscript copyright.

Thesis for obtaining the degree of candidate of engineering sciences in specialty 05.22.01 - transport systems (275 - transport technologies). - Kharkiv National Automobile and Highway university of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The thesis is devoted to solving the scientific and applied problem of increasing the traffic control systems efficiency by developing models of decision making.

The analysis of traffic control systems functioning, the existing decision-making support systems and the evaluation criteria of traffic efficiency were carried out. Assessment of ATCS compliance structure to the goals of it's functioning on the basis of carried-out system analysis was carried out. An approach was proposed for determining the permissible range of the TF intensity changing, which allows DM to choose correct impact type for ensuring effective functioning of SRN. The decision-making models were developed in the form of decisions trees on the basis of the utility theory provisions, and weight estimates of the decisions tree branches were offered to reduce accidents from OT actions and costs for their implementation. The choice of the OT measures on the developed models changes the traffic efficiency: the vehicle delays decrease by 65% and the idle time of the vehicle decreases by 62%.

The practical significance of the results is confirmed by the acts of implementation of the developed decision-making models for the operational traffic management and the methodology for determining the intensity changes range in "KOMKON-TRAFIK Ltd." and "Institut "Harkivproekt Ltd.", Kharkiv, Ukraine.

Key words: models of decision-making, road traffic, critical situations, system analysis, simulation models, transport modeling, decisions tree.