



**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ
ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА
АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ
ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

03035, м. Київ-35, вул. Митрополита Василя
Липківського, 35, т./ф. (044) 206-31-87,
e-mail: dei2005@ukr.net

**MINISTRY OF ENVIRONMENTAL
PROTECTION AND NATURAL RESOURCES
OF UKRAINE
STATE ECOLOGICAL ACADEMY OF
POST-GRADUATE EDUCATION AND
MANAGEMENT**

35, Metropolitan Vasil Lypkivskyi str., Kyiv, 03035,
Ukraine, tel./fax (044) 206-31-87,
e-mail: dei2005@ukr.net

Голові спеціалізованої вченої ради
Д 26.059.01 при Національному
транспортному університеті МОН
України

01010, м. Київ, вул. Омеляновича-
Павленка, 1

ВІДГУК

офіційного опонента,
проректора з наукової роботи

Державної академії післядипломної освіти та управління,
Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України,
доктора технічних наук, професора *МАШКОВА Олега Альбертовича*
на дисертацію *Дехтяр Марини Михайлівни*
за темою: "ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОД
УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ
ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ",

подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.06 - Інформаційні технології

Актуальність теми дисертації.

Відомо, що у теперішній час потреба в розвитку дорожньо-транспортного комплексу обумовлена багатьма чинниками. Це обумовлено вдосконаленням технічних характеристик автомобільного транспорту, зростанням швидкостей руху, збільшенням вантажопідйомності, впровадженням інтелектуальних роботизованих транспортних систем, розвитком та розширенням мережі автомобільних доріг тощо.



Проведений аналіз свідчить, що, обмеженість фінансових, людських, технічних та інших видів ресурсів, застосування експериментального методу проведення досліджень та інші чинники обмежують темп розвитку дорожньо-транспортного комплексу.

Тому для підвищення ефективності функціонування та темпів розвитку дорожньо-транспортного комплексу як України, так і світу застосовуються інтелектуальні системи та інформаційні технології. Їх використання оптимізує процеси проведення дорожніх робіт, і дозволяє, в свою чергу, скоротити енерговитрати та витрати інших ресурсів. Підвищення енергоефективності при виконанні дорожніх робіт є особливо важливим для України. Це пов'язано з високою вартістю паливно-мастильних матеріалів для транспортних засобів та дорожніх машин, а також зі значною долею (близько 80%) їх імпорту.

В зв'язку з тим, що натурний збір даних несе за собою значні витрати людських та фінансових ресурсів - основним перспективним завданням є підвищення ефективності використання інформаційно-аналітичних та програмних комплексів моделювання і визначення витрат паливно-енергетичних ресурсів та оптимізація організації виконання усіх видів дорожніх робіт.

Таким чином, сучасні тенденції впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортному комплексі та перехід до цифрових методів створення, збору, накопичення, обробки, зберігання та передачі інформації пов'язаний з широким впровадженням статичних і динамічних баз даних, організацією телекомунікаційного зв'язку для доступу до інформації через наземні та супутникові інформаційні канали, розробкою та впровадженням вузькоспеціалізованих прикладних програмних продуктів.

При цьому, застосування імітаційних, інформаційних, математичних моделей і методів дозволяє значно скоротити потребу в натурних експериментах, зменшити вартість та підвищити ефективність проведення дорожніх робіт.

Впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортний комплекс передбачає створення та використання геоінформаційної системи автомобільних доріг, яка призначена для обліку, паспортизації, управління експлуатацією та супроводу життєвого циклу автомобільних доріг як в межах населених пунктів, так і поза їх межами.

Актуальність теми дисертаційних досліджень підтверджується тим, що з 2021 року Державним агентством автомобільних доріг України ("Укравтодор") в рамках реформи управління якістю в дорожній галузі впроваджується система HDM-4 - програмне забезпечення визначення пріоритетів для ремонту та будівництва елементів дорожньо-транспортної мережі.

Ця система застосовується в світовій практиці вже більше 20 років (починаючи з HDM-3). Їй присвячені роботи U. S.Yogesha, S.S.Jainb, T. Deveshc, N. Badasyan, H. W. Alfen, F. Perrotta, T. Parry, T. Buckland, E. Benbow, M. Mesgarpour, Шпиг А. Ю. та інших. Область діяльності системи охоплює функції сучасної системи управління дорогами.

Принцип роботи даної системи полягає в тому, що інформація про дорожні умови та дорожній рух систематично збирається і зберігається на серверах системи, де періодично відбувається аналіз інформації та формування звітів з метою складання програм управління якістю доріг і планування дій в напрямку вдосконалення дорожньо-транспортної мережі. Функціональні шари системи включають збір, збереження, аналіз даних та формування звітів, а також підсистему підтримки управління.

На сучасному етапі розвитку суспільства інформаційні та телекомунікаційні технології стають основними чинниками розвитку транспортної галузі. Поява нових технологій – це крок до удосконалення процесу управління енергоефективністю проведення дорожньо-ремонтних робіт за рахунок оптимізації енерговитрат дорожніми машинами, автомобілями-самоскидами та транспортними потоками в зоні ремонту автошляхів.

Ще одним перспективним прикладом впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортну галузь є розроблені вітчизняними науковцями програмні комплекси: Система управління станом покриття (СУСП) та Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ).

Аналіз літератури показав, що на сьогоднішній день напрацьовано різні методи, механізми, принципи і методики, що застосовуються на практиці для аналізу транспортних задач, технологічних процесів ремонту автошляхів з наведенням комп'ютерних алгоритмів та їх чисельної реалізації. Ці дослідження викладені в роботах Глушкова В. М., Скурихіна В. І., Дмитриченко М. Ф., Дмитрієва М. М., Воркут Т. А., Данчука В. Д., Прокудіна Г. С., Павлюка Д. О., Баранова Г. Л., Гамеляка І. П., Аль-Амморі А. Н., Сторчак К. П., Цуканова О. І., С. McKay Bowen, J. Peters, та інших.

В процесі вивчення питання організації виробничих процесів в зоні ремонту, як свідчить практика, виявлено, що впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортну галузь має за мету максимізацію енергоефективності через взаємозв'язок між продуктивністю дорожньої техніки (асфальтоукладачів, котків) та транспортом, що постачає дорожньо-будівельні матеріали в зону ремонту, а також транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту.

При цьому встановлено, що ці питання вирішені не в достатній мірі. Це пов'язано з тим, що в цьому випадку стикаються інтереси трьох сторін – дорожньої техніки, яка виконує ремонтні роботи, транспортних засобів-постачальників асфальтобетонної суміші та транспортного потоку. Кожна з цих сторін є системою транспортних засобів, стан та склад якої постійно змінюється через вплив внутрішніх та зовнішніх факторів. В зв'язку з цим, критерій оптимальності процесу організації виробничих процесів в зоні ремонту має бути загальним для всіх трьох складових. В якості такого критерію, який би оцінював оптимальність організації роботи комплектів дорожньо-ремонтної техніки, автомобілів-постачальників та автомобілів в складі транспортного потоку може бути обрана енергоефективність.

Таким чином, впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортну галузь для підвищення енергоефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт залишається актуальним.

Незважаючи на істотні досягнення в теорії інформаційних технологій, існує клас динамічних систем, для яких моделі та методи управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт розроблені не повною мірою.

Дисертація присвячена розробці інформаційних моделей та методу управління енергоефективністю для мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій

Тому тема дисертаційної роботи Дехтяр Марини Михайлівни, яка присвячена рішення цього науково-практичного завдання є актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Автор добре розуміє специфіку задачі, що розглядається у дисертації та коректно формулює її постанову. Аналіз існуючих практичних та науково-методологічних підходів щодо інформаційних технологій в дорожньо-транспортному комплексі, аналіз світових та вітчизняних інформаційних технологій, що застосовуються в дорожньо-транспортному комплексі, аналіз стану дорожньо-транспортного комплексу України, аналіз напрямків наукових досліджень енергоефективності виробничих процесів, які виконано досить кваліфіковано, склали основу інформаційного моделювання енерговитрат в зоні ремонту.

Під час проведення досліджень автор спирається на відомі факти та наукові досягнення в обраній сфері, які отримані з використанням апробованого математичного апарату, який є адекватним інформаційним моделям та методам управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт. Розроблені автором практичні рекомендації ґрунтуються на

розробленому ним науково-методичному апарату, який є достатньо чутливим для відповідних змін вихідних даних.

Відмічаю, що наукові положення та рекомендації, які сформульовані у висновках зроблено науково обґрунтовано і логічно по результатам числового експерименту з технічними та організаційно-технічними параметрами об'єктів в зоні ремонту, використовуючи розроблений метод прийняття управлінських рішень за критерієм енергоефективності організації дорожньо-ремонтних робіт.

Вони також підтверджуються математичним моделюванням процесів впливу організаційно-технічних параметрів дорожньо-будівельної техніки та транспортних засобів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт. Додатковим підтвердженням є наявність свідоцтва про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

Достовірність одержаних результатів.

Достовірність наукових положень, які захищаються здобувачем, висновків і рекомендацій підтверджується їх відповідністю методології дослідження поставленого наукового завдання; повнотою розгляду на теоретичному і експериментальному рівнях об'єкту дослідження, що охоплюють його змістовні і процесуальні характеристики; застосуванням комплексу методів, адекватних предмету дослідження і можливістю відтворення результатів дослідження.

Достовірність і обґрунтованість результатів дисертації ґрунтуються на:

- використанні результатів аналізу сучасних інформаційних технологій в дорожньо-транспортному комплексі;
- коректності застосування апарату теорії множин, методів математичної статистики, факторного аналізу, систем масового обслуговування – при дослідженні моделей та методів управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт;

- узгодженістю із наявними результатами інших авторів, які надруковано у вітчизняній та зарубіжній літературі;
- даних про їх успішне практичне застосування при інформаційному моделюванні енерговитрат в зоні ремонту, та порівняння отриманих результатів з відомими даними незалежних дослідників та результатами моделювання.

Наукова новизна та важливість результатів, які одержані автором в дисертації, полягають в наступному:

У дисертаційній роботі розв'язано науково-технічне завдання, щодо розроблення інформаційної моделі та методу управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт.

Метою роботи визначено розробку інформаційних моделей та методу управління енергоефективністю для мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети в роботі було вирішено наступні завдання.

Здійснено аналіз існуючих інформаційних систем, моделей і методів визначення енергоефективності виробничих процесів дорожньо-ремонтних робіт.

Створено інформаційну та математичні моделі енерговитрат обслуговуючого транспорту в зоні ремонту автошляхів та отримані результати комп'ютерного моделювання енерговитрат автомобілів-самоскидів.

Розроблено інформаційні моделі для підвищення енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт за рахунок комп'ютерного моделювання енерговитрат дорожніх машин в зоні ремонту автошляхів в залежності від довжини змінної захватки.

Розроблено інформаційні та математичні моделі визначення пропускну здатності дороги в зоні ремонту та витрат палива транспортними потоками в залежності від довжини змінної захватки.

Розроблено метод управління енергоефективністю в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт.

Розроблено програмний комплекс для впровадження управлінських рішень на основі методу управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт.

Проведений в роботі аналіз існуючих інформаційних технологій показав, що їх застосування в дорожньо-транспортному комплексі потребує подальшого розвитку і актуалізації. Необхідне застосування динамічних баз даних стану автошляхів і штучних споруд і актуалізації їх наповнення.

Автором встановлено, що існуючі вітчизняні програмні комплекси в основному призначені для складання консолідованої фінансової звітності підприємств, відображення їх взаємовідносин з партнерами та клієнтами. Інтерактивні мапи стану дорожнього покриття орієнтовані на взаємозв'язок з користувачами.

Проведений аналіз дозволив визначити, що у теперішній час відсутні програмні комплекси, які дозволили б засобами інформаційних технологій організовувати та корегувати хід виробничих процесів в он-лайн режимі під час проведення дорожніх робіт.

В роботі визначено, що в існуючих програмних комплексах недостатньо розвинені модулі обліку і аналізу енерговитрат механізованих бригад та транспортних потоків, що рухаються через зону проведення дорожньо-ремонтних робіт.

Необхідне впровадження інформаційних технологій в збір, аналіз та внесення рекомендацій щодо підвищення енергоефективності дорожньо-транспортного комплексу. Нагальною задачею при проектуванні організаційно-технічних заходів є максимальна економія паливно-мастильних матеріалів як дорожніх машин, так і транспортних потоків. Це відповідає інтересам як дорожньої, так і транспортної галузі.

Витрати паливно-мастильних матеріалів автомобілями, які обслуговують ремонтні (або будівельні) роботи слід включати в систему Езр-Етб. Це суттєво впливає на собівартість кінцевої продукції. Критерій енергоефективності може виступати в якості універсального як для зон ремонту так і транспортних потоків.

В роботі обґрунтовано інформаційну модель розрахунку енерговитрат в зоні ремонту в подальшому реалізовується в програмному комплексі на базі VBA для MS Excel. Такий спосіб реалізації обраний через зручність використання програми, оскільки не потребує додаткової інсталяції, а використовується звичний для користувача офісний продукт від компанії Microsoft.

При розробці інформаційних та математичних моделей автором частково використовувались формули, апробовані науковцями практично та емпірично. Для розробки моделей застосовувались засади теорії двигунів, системи масового обслуговування, та аналітико-синтетичної обробки інформації.

Математичні моделі можуть бути застосовані для різних типів дорожніх машин, транспортних засобів, технологічних процесів в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт. Вони враховують широкий спектр технічних і конструктивних властивостей об'єктів, до яких застосовуються, які необхідні для визначення шляхів збільшення енергоефективності.

Програмний комплекс інформаційної моделі включає в себе наступні компоненти: динамічна база даних у вигляді таблиць в аркушах MS Excel, з технічними, конструктивними та технологічними властивостей об'єктів; програмні діапазони комірок аркушів, в яких виконуються числовий експеримент для визначення витрат палива автомобілів самоскидів, дорожніх машин, транспортних засобів та організаційно-технічних, лінійних, часових показників; форми Visual Basic for Applications, які слугують для введення і виведення числових та графічних даних; модулі з макросами процедур, які слугують для управління взаємодією між формами, таблицями аркушів і зовнішніми програмними донорами та реципієнтами.

Автором при моделюванні процесів і перевірці комп'ютерної програми на технічних характеристиках встановлено, що:

- максимальна витрата паливно-мастильних матеріалів легковими автомобілями з бензиновим двигуном – в зоні IV;
- максимальна витрата паливно-мастильних матеріалів вантажними автомобілями і автобусами з дизельним двигуном – в зоні IV.

В роботі встановлено, що не зважаючи на значну різницю в витратах паливно-мастильних матеріалів в зонах, де зливаються транспортні потоки, коефіцієнт співвідношення між витратами та довжиною зони впливу незначний, хоча і зростає за лінійною прогресією.

Виконавши моделювання процесів витрат палива в зоні ремонту, отримавши кількісні показники та відобразивши їх графічно, стали зрозумілими тенденції, які відбуваються в зоні проведення ремонтних робіт.

Встановлено, що при довжині змінної захватки $L_{\text{зах}} \rightarrow \max$, витрати палива дорожніми машинами та автомобілями-самоскидами максимальні, однак фінансові витрати на одиницю продукції – мінімальні. При довжині змінної захватки $L_{\text{зах}} \rightarrow \max$, організаційно-технічний параметр – продуктивність асфальтоукладальника через довжину змінної захватки має значний вплив на енергозбереження для автомобілів-самоскидів.

Визначено, що при зменшенні швидкості руху транспортного потоку перед зоною ремонту і злиттям транспортних потоків $V_p \rightarrow \min$, витрати паливно-мастильних матеріалів збільшуються $Q \rightarrow \max$. Витрати палива легковими автомобілями перед злиттям потоків зменшуються, а автобусів та вантажних машин – збільшуються. І навпаки, при розгоні для розділу потоків і переході на вільний рух, витрати автомобілів на дизельних двигунах зменшуються, а на бензинових – збільшуються. Це пов'язано з особливостями конструкції двигунів.

Встановлено, що організаційно-технічний параметр – продуктивність асфальтоукладальника значно впливає на збільшення зони ремонту.

В результаті проведеного моделювання встановлено, що оптимальна довжина змінної захватки варіюється в межах 691-864 м для заданого складу механізованої бригади.

Отримані наукові результати ґрунтуються на проведеному аналізі інформаційних технологій, які застосовуються в дорожньо-транспортному комплексі України – Система управління станом покриття - СУСП та Аналітична експертна система управління мостами - АЕСУМ та за кордоном – Highway Development & Management (HDM-4). В роботі описано їх структурні компоненти та задачі, які вирішуються. З'ясовано, що в них відсутні модулі для визначення енерговитрат та максимізації енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт.

Аналізуючи стан дорожньо-транспортного комплексу, автором з'ясовано, що автомобільний транспорт є найбільш енергосмним серед інших видів транспорту. Це пов'язано з тим, що на нього припадає найбільша кількість перевезень пасажирів і вантажів. В свою чергу, на витрати палива, а отже - зміну собівартості перевезень, значно впливає якість покриття автошляхів (16-18%). На капітальний ремонт доріг припадає найбільший об'єм фінансування. У зв'язку з цим критерій енергоефективності є одним з найважливіших при проектуванні робіт по ремонту автошляхів.

Автором запропонована інформаційна модель розрахунку енерговитрат в зоні ремонту. В подальшому вона реалізовується в програмному комплексі, розробленому в Visual Basic for Applications для MS Excel 2019 на основі розроблених і застосованих автором математичних моделей. Створена база даних з технічними і технологічними параметрами ділянки дороги, яка ремонтується; технічними параметрами автомобілів самоскидів, дорожніх машин та транспортних потоків, які імпортуються в форми і модулі Visual Basic for Applications з таблиць MS Excel, а після програмної обробки виконується експорт результатів в форми програмного комплексу. Визначено витрати палива автомобілів самоскидів, в залежності від довжини змінної захватки, вантажопідйомності транспортних засобів та щільності асфальтобетонної

суміші. Програмний комплекс розроблений з можливістю введення користувачем нових транспортних засобів. Завдяки створеній інформаційній моделі було з'ясовано, що при збільшенні довжини змінної захватки зростають витрати палива автомобілів самоскидів.

Розроблена інформаційна модель дозволяє користувачу програмного продукту як обирати з бази даних моделі «дорожня машина–асфальтоукладальник», котків різних типорозмірів, так і додавати в базу такі, що є в наявності у організації – виконавця робіт. Розрахунки виконуються в модулях і макросах Visual Basic for Applications, так і вбудованими функціями MS Excel. В процесі розрахунків визначаються часові і лінійні характеристики, які впливають на кінцеві енерговитрати дорожніх машин і варіюючи які можна досягти високого рівня енергоефективності. При аналізі графічного представлення функції енерговитрат визначено, що при збільшенні довжини ЗЗ сумарні витрати палива зростають.

Розроблені інформаційна модель і програмний комплекс дозволяє варіювати склад транспортного потоку, від якого залежать енерговитрати, а також виконувати числові експерименти з дослідженням різних довжин змінних захваток. При визначенні пропускної здатності ділянки дороги було з'ясовано, що мінімальна пропускна здатність припадає на зону, в якій транспортний засіб перелантовується для проїзду безпосередньо повз зону ремонту, де середня швидкість не є найменшою. Крім того, енерговитрати транспортного засобу при наявності перешкоди у вигляді зони ремонту на сумарній довжині ділянки зменшуються при збільшенні довжини змінної захватки. Це пов'язано з тим, що пропускна здатність, яка розглядається, приймається найменшою і транспортні засоби, які вийшли в зону збільшення швидкісного режиму, отримують більшу відстань між транспортними засобами на одиницю довжини, ніж у випадку відсутності перешкоди.

В роботі розроблено метод управління енергоефективністю через визначення оптимальних довжин змінних захваток і складу механізованої бригади. Вибір оптимальних довжин виконується через пошук координат точок

перетину графіків сумарних енерговитрат дорожніх машин, автомобілів самоскидів та транспортного потоку, що рухається через зону ремонту. Також визначено, які організаційно-технічні параметри найбільше впливають на енерговитрати в зоні ремонту.

Встановлено, що розроблений програмний комплекс дозволяє управляти енергоефективністю в зоні ремонту через визначення часових, лінійних показників роботи дорожніх машин, та моделювання витрат палива в залежності від зовнішніх умов. Визначення економічної ефективності від впровадження запропонованих організаційних заходів полягає в тому, що за допомогою математичних моделей і проведених числових експериментів було визначено довжину змінної захватки в залежності від погодних умов, яка є оптимальною для транспортного потоку, дорожніх машин та транспорту-постачальника асфальтобетонної суміші.

Отже, мета роботи, спрямована на розробку інформаційних моделей та методу управління енергоефективністю для мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій.

На основі виконаних розрахунків та проведених досліджень отримано такі нові результати.

Вперше:

- запропоновано модель визначення енерговитрат в трьох взаємопов'язаних системах в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт: дорожніх машин, транспортних засобів постачальників будівельних матеріалів та транспортних потоків за критерієм енергоефективності. На відміну від існуючих цей підхід пропонує саме інтегрований критерій енергоефективності;

Удосконалено:

- моделі визначення витрат палива дорожніми машинами, автомобілями-самоскидами та транспортними потоками в залежності від довжини змінної захватки та швидкості робочого руху;

Набуло подальшого розвитку:

- інформаційне та математичне моделювання енергоефективності в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт.

Таким чином, запропоновані моделі, методи, методики і алгоритми забезпечують підвищення ефективності функціонування гетерогенної телекомунікаційної мережі шляхом розробки та реалізації моделей, методів та інформаційної технології забезпечення її функціональної стійкості до дестабілізуючих чинників.

Аргументування та критичне оцінювання порівняно з відомими рішеннями запропонованих автором нових рішень.

Окрім запропонованих в державних документах заходів, автором дисертаційного дослідження пропонуються наступні:

- використання імітаційного моделювання технологічних процесів, що проводяться під час виконання дорожніх робіт;
- більш широке застосування інформаційних технологій та баз даних для збору актуальних відомостей та аналітико-синтетичної обробки даних про стан автомобільних доріг;
- впровадження комп'ютерного моделювання енергетичних процесів, що проходять в зоні ремонту;
- впровадження новітніх та вдосконалених технологій ремонту та будівництва автомобільних доріг;
- використання новітніх розробок дорожньо-будівельних та ремонтних технологій при проведенні дорожньо-будівельних та ремонтних робіт;
- розвиток вітчизняної машинобудівної промисловості.

Важливу роль в пошуку шляхів економії матеріальних, енергетичних та трудових ресурсів в дорожній і транспортній галузях відіграють науковці. Протягом багатьох років ведуться дослідження напрямків енергозбереження.

Міхно М. В. розробила методику визначення кількості шкідливих викидів та витрат палива потоками автомобілів з урахуванням рівня організації дорожнього руху на перехресті.

В роботі Линник І.Е. визначені заходи щодо зниження витрат палива та зменшення забруднюючих навколишнє середовище викидів автомобілями при русі по міських магістралях.

Питанням проектування реконструкції доріг з врахуванням аспекту енергозбереження присвячені роботи Клименко І.С. Вона розраховувала економію палива при використанні кадїоїди у порівнянні з використанням клотоїди при проектуванні реконструкції дорожніх заокруглень.

З робіт вищенаведених авторів можна визначити основні фактори, які обґрунтовують критерії оптимальності. Вони розподіляються на дві групи:

- показники, які визначають витрати на виробництво, що залежать від технічного рівня обладнання, технології та організації виробничих процесів.

- показники, що характеризують стан дорожньої мережі, що обслуговується і, як наслідок – ті, що визначають обсяги використання ресурсів.

При дослідженні праць науковців з питань організації будівництва та ремонту доріг було визначено, що питанням організації дорожньо-ремонтних робіт з урахуванням елементів ресурсо- та енергозбереження приділяється недостатня увага. В основному досліджуються можливості оптимізації технологічних параметрів (такі, як витрати кремнійорганічних рідин та бітумів при активації та підґрунтоваці вологої поверхні, що ремонтується в залежності від шорсткості та текстури), застосування новітніх технологій та матеріалів при проведенні дорожньо-ремонтних та дорожньо-будівельних робіт. Цим питанням присвячені роботи Прусенка Є.Д.

Питанням організації виробництва та економії матеріальних, виробничих та енергетичних ресурсів присвячені роботи Ліпського Г.Є., Дехтяр М.М., Міротіна Л.Б., Лихоступа М.М. та ін. В роботі білоруських вчених Вавілова А.В., Котлобай А.Я. та інженера Марова Д.В. визначаються

основні показники, що впливають на продуктивність комплексу машин для проведення поверхневої обробки і надаються рекомендації щодо оптимізації складу механізованої бригади.

Аналізуючи вищезгадані роботи з питань організації дорожнього виробництва можна виокремити такі напрямки ведення наукових та дослідницьких робіт з метою організації виробничих процесів:

- оптимізація параметрів організації дорожньо-ремонтних робіт;
- оптимізація календарних планів будівництва та ремонту автомобільних доріг;
- оптимізація міжремонтних строків;
- оптимізація розміщення виробничих баз;
- оптимізація транспортних перевезень;
- оптимізація парку дорожньо-будівельних машин.

В зазначених роботах багато уваги приділяється питанням механізації виробничих процесів та максимального використання дорожніх машин та обладнання.

Леонтьєв Ю.М. досліджував вплив параметрів зони дорожньо-ремонтних робіт на витрати, пов'язані з проведенням робіт. Ним було розглянуто систему, що включає в себе транспортні засоби, що рухаються через зону ремонту та дорожні машини, що виконують ремонтні роботи. Крім того, запропонована ним імітаційна модель процесу проведення дорожньо-ремонтних робіт дозволяє враховувати значну кількість технологічних операцій, характеристик ресурсів та організаційних параметрів (довжина ділянки, мінімальна та максимальна довжина захватки, крок змінення захватки и т. ін).

Результатом наукових досліджень Міротіна Л.Б. було створення теоретичних основ та практичних методів оптимізації транспортного процесу при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг на стадіях перспективного, поточного та оперативного планування. Економічним критерієм оптимізації виступає мінімізація приведених витрат на

виробництво, транспортування та використання дорожньо-будівельних матеріалів.

Питанням, пов'язаним з технічними характеристиками дорожньо-будівельної техніки присвячені роботи Балдінського В. Л., Зіня В. С., Кравця С. В., Бузіна Ю.М., Крившина А. П., Шварца А. З., Карана Є. Д., Макаrchука О. І., Александрова А. Я., Бабіка Л. М. та ін.

В роботі Содикова Ж. І. визначаються транспортно-експлуатаційні витрати в залежності від рівності покриття. І одним з показників, що досліджуються, є витрати палива різними типами транспортних засобів. Адже, за дослідженнями Barnes, G. та Langworthy, P. витрати на паливо в залежності від рівності покриття, складають 16-18%, що є значною часткою. При цьому, витрати на ремонт та утримання транспортних засобів припадає близько 8-10%, а витрати на автошини складають приблизно 2-3% загальних транспортно-експлуатаційних витрат.

Принципова схема проектування організації будівництва за критерієм продуктивності праці була запропонована Гусаковим А.А.

В напрямку використання в якості критерія оптимальності сумарних енерговитрат працювали Лукашин В. Н. та Трофименко Ю. В.. За цим критерієм було розроблено математичні та імітаційні моделі, за допомогою яких оцінювалось використання палива одиночних транспортних засобів, транспортних потоків на ділянках автомагістралі, а також використовувались дані про енерговитрати при проведенні дорожньо-ремонтних робіт.

Сухиничевим В.Т. та Локшиним Є.С. була розроблена модель функціонування комплексу машин "асфальтоукладчик-коток" для будівництва доріг із гарячих асфальтобетонних сумішей на основі існуючих положень теорії ущільнення та з врахуванням основних організаційно-технічних, технологічних, нормативних та техніко-економічних умов проведення робіт.

З 2021 року Державним агентством автомобільних доріг України ("Укравтодор") в рамках реформи управління якістю в дорожній галузі

впроваджується система HDM-4 - програмне забезпечення для пріоритизації ремонтів і будівництва доріг. Вперше система HDM-4 почала використовуватися в Україні ще сім років тому - для проектів Європейського інвестиційного банку, Європейського банку реконструкції та розвитку, а також Світового банку. Але тільки зараз успішна практика буде впроваджена для всіх проектів, в тому числі, тих, що виконуватимуться за бюджетні кошти.

Область системи охоплює функції, міжнародно визнані в якості частин сучасної системи управління дорогами. Основна ідея полягає в тому, що інформація про дорожні умови та дорожній рух збирається і зберігається систематично, а згодом піддається аналізу і формується з метою складання програм управління якістю доріг і планування дій в цьому напрямку.

Функціональні шари системи включають збір, збереження, аналіз даних та формування звітів, підтримку управління.

Ця система застосовується в світовій практиці вже більше 20 років (починаючи з HDM-3). Їй присвячені роботи Christopher R. Bennett, S.S.Jainb, F. Perrotta, T. Parry, T. Buckland, E. Benbow, M. Mesgarpour, Шпиг А. Ю. та інших.

Ще одним прикладом впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортну галузь є розроблені вітчизняними науковцями програмні комплекси: Система управління станом покриття (СУСП) та Аналітична експертна система управління мостами (АЕСУМ), Проект організації дорожнього руху (ПОДР), Галузева база даних обліку ДТП та інші. У 2007 році була розроблена система "Єдина база оперативного стану автомобільних доріг державного значення та інженерних споруд на них" (БОС). Опису їх функціонування, аналізу недоліків та перспективи розвитку присвячені роботи Каніна О.П., Харченко А.М., Соколової Н.М., Кизими С.С., Лихоступа М.М.

Основні поняття математичної статистики, методів і моделей, що застосовуються на практиці для аналізу транспортних задач, технологічних

процесів ремонту автошляхів з наведенням комп'ютерних алгоритмів та їх чисельної реалізації викладені в роботах Глушкова В.М., Скурихіна В.І., Дмитриченка М. Ф., Дмитрієва М.М., Воркут Т.А., Данчука В. Д., Прокудіна Г.С., Павлюка Д.О., Баранова Г.Л., Гамеляка І.П., Аль-Амморі А.Н., Машкова О.А, Сторчак К.П., Цуканова О.І., С. McKay Bowen, J. Peters, та інших.

Сучасний стан сфери автомобільних перевезень в Україні характеризується постійним зростанням обсягів національних, транзитних та міжнародних перевезень, а також зростанням частки автомобільних перевезень серед всіх видів перевезень. При цьому, існуюча протяжність, мережа автомобільних доріг та їх щільність, в основному, задовольняють темпам розвитку національної економіки, але стан дорожньо-транспортної мережі є незадовільним, у зв'язку з високою зношеністю автомобільних доріг, які потребують капітального та поточного ремонту. На якість та ефективність проведення дорожньо-ремонтних робіт, в значній мірі, впливає обмеженість людських, фінансових, часових, технічних та інших видів ресурсів, застосування натурного методу збору даних про стан дорожнього покриття та інші фактори. Підвищення якості та ефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт, що є актуальним науковим завданням, можливе за рахунок застосування наукоємних технологій, особливо інформаційних технологій. Застосування інформаційних технологій в сфері дорожньо-ремонтних робіт дозволяє спростити процеси збору, накопичення, обробки, зберігання та передачі інформації про стан дорожнього покриття, скоротити потребу в натурних експериментах завдяки застосуванню імітаційних, інформаційних та математичних моделей і методів, зменшити вартість та підвищити ефективність проведення дорожніх робіт за рахунок застосування інформаційних моделей енергоефективності та енерговитрат дорожньо-ремонтних робіт.

При розгляді питання енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт особливо важливим є врахування енергозатрат всіх учасників дорожнього руху в зоні ремонту: дорожньої техніки, яка виконує дорожньо-ремонтні

роботи, транспортних засобів – постачальників дорожньо-будівельних матеріалів в зону ремонту, а також транспортних засобів зі складу транспортного потоку, що рухається повз зону ремонту.

Питання моделювання витрат ресурсів на отримання та поточний ремонт доріг розглядав Абу Альджадаил Мохамед (1996р.).

В працях Аджиева М.І. розглянуто енергозберігаючі технології (1990рр.)

Аль-Амморі А.Н. розглядав питання моделювання витрат палива транспортними потоками в зоні проведення ремонтних робіт (

<https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-world-science-problems-prospects-and-innovations-23-25-fevralya-2021-goda-toronto-kanada-arhiv/>).

В працях Баранова Г.Л., Косенко В.Р., Прохоренко О.М. розглянуто питання моніторингу довкілля та якості логістичного обслуговування для попередження ризиків зіткнення та безпеки руху ВТЗ.

Питання використання сучасних засобів інформаційних технологій при оптимізації схем доставки вантажів розглядали Воркут Т.А., Данчук В.Д., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г.

Гамеляк І.П., Коваль Т.І. вивчали питання моделювання технологічного процесу влаштування асфальтобетонного покриття методами теорії масового обслуговування.

Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних природних та екологічних умов розглянуто в працях Ф.П. Гончаренко, Є.Д. Прусенко, В.Ф. Скорченко.

Аналіз комп'ютерних технологій статистичного аналізу на транспорті запропонували В.Д. Данчук, Г.С. Прокудін, О.І. Цуканов, Н.М. Цимбал.

Комп'ютерні та інформаційні технології розглянуто в працях В.Д. Данчука, А.Н. Аль-Амморі, Е.В. Тимченка, А.Е. Клочана.

Надійність конструкцій дорожнього одягу розглядали І.П. Гамеляк, В.Ф. Райковський, Я.М. Якименко.

Питання ресурсозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт розглядали Г.Є. Ліпський, М.М. Піскун.

Широкий спектр питань енергозбереження в промисловості розглядається в монографії Ковалка М. П. та Денисюка С. П.

Питання інтелектуального аналізу даних із використанням нейронних мереж розглядали К.П. Сторчак, А.М. Тушич, К.С. Козелкова, М.М. Степанов.

Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством на основі ІТ-технології запропонована О. П. Каніним, Н.М. Соколов, А.М. Харченко.

Наукові принципи та практичні напрямки управління станом автомобільних доріг запропоновано в працях С.С. Кизими, О.П. Каніна, М.М. Лихоступа.

Удосконалення методики проектування реконструкції горизонтальних кривих автомобільних доріг з урахуванням економії пального зроблено в працях Кліменко І.С.

Теоретичні основи прогнозування еволюції ергономічної системи "водій – ТЗ – транспортна мережа – середовище" розроблені І.Е. Линником.

Питання дослідження ефективного використання автомобільного транспорту при будівництві, ремонті та утриманні автомобільних доріг, транспортної логістики розглядав Л.Б. Миротин.

Міхно М.В. досліджувала питання зниження витрат палива та шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту раціональним вибором експлуатаційних факторів.

Дослідження існуючих науково-обґрунтованих підходів щодо управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт дозволили зробити висновок про формування за останні роки нового пріоритетного підходу, пов'язаного із управління енергоефективністю для мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови

неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій.

Усі вище визначені чинники визначають аргументування та критичне оцінювання запропонованих автором нових рішень порівняно з відомими рішеннями.

Практична значимість та важливість для галузі полягає в створенні теоретико-прикладних основ управління енергоефективністю, які дозволяють розширити можливості вибору і оптимізації довжини змінних захваток в залежності від погодних умов і продуктивності ведучої машини-асфальтоукладальника, що призводить до зменшення собівартості кінцевої продукції.

Практичне значення одержаних результатів визначається наступним.

Сформовано рекомендації проектувальним та виробничим організаціям дорожньо-транспортного комплексу (на основі проведеного аналізу існуючих інформаційних систем, моделей та методів визначення енергоефективності виробничих процесів дорожньо-ремонтних робіт).

Створено інформаційну та математичні моделі енерговитрат обслуговуючого транспорту в зоні ремонту автошляхів та отримано результати комп'ютерного моделювання енерговитрат автомобілів-самоскидів. Реалізовано методом програмування засобами Visual Basic for Applications (VBA) для MS Excel. Цей модуль програмного комплексу дозволяє в короткий строк визначити обсяги асфальтобетонної суміші, необхідної для улаштування покриття, марку автомобілів-постачальників, витрати палива автомобілів-самоскидів різної вантажопідйомності в залежності від довжини змінної захватки і щільності асфальтобетонної суміші.

Розроблено інформаційну модель підвищення енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт за рахунок комп'ютерного моделювання енерговитрат дорожніх машин в зоні ремонту автошляхів в залежності від

довжини змінної захватки, погодних умов та складу механізованої бригади. Завдяки отриманим результатам є можливість підібрати оптимальний склад механізованої бригади з максимальною енергоефективністю для заданих умов та оптимальну довжину змінної захватки, визначити час роботи кожного типорозміру машин для побудови календарних графіків організації робіт.

Створено математичну модель визначення пропускної здатності дороги в зоні ремонту та витрат палива транспортними потоками в залежності від довжини змінної захватки, що дозволяє розрахувати енерговитрати транспортних засобів в залежності від довжини зони проведення дорожньо-ремонтних робіт.

Розроблено метод та методику управління енергоефективністю в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт в залежності від параметрів автошляху, що ремонтується, складу транспортного потоку, механізованої бригади і погодних умов. Результати роботи можна впроваджувати в проєктувальних та виробничих організаціях.

Розроблено програмний комплекс для формування управлінських рішень на основі методу управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт, який є користувацько-орієнтованим та дозволяє не лише обирати склад дорожніх машин механізованої бригади, але і вносити власні дорожні машини, які є в наявності в парку організації, що виконує дорожньо-ремонтні роботи.

Отримані результати впроваджено в Державному підприємстві «ДерждорНДІ» (акт впровадження № 12/11 від 04.11.2020 р.) та Товаристві з обмеженою відповідальністю науково-впроваджувальному підприємстві «ДОРБУДМАТЕРІАЛИ» (акт впровадження від 09 грудня 2020 року). Основні теоретико-методичні положення дисертаційної роботи були також впроваджені в навчальний процес на кафедрі інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного транспортного університету МОН України при розробці програм і викладанні навчального

курсу «Інформаційні технології на транспорті» (акт впровадження від 11 січня 2021 року).

Оцінка змісту дисертації, її завершеність у цілому, відповідність оформлення дисертації вимогам, затвердженим МОН України.

У *вступі* обґрунтовано актуальність дослідження, сформульовано мету та наукове завдання, показано зв'язок роботи з науковими темами та програмами, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію щодо кількості публікацій, апробацію та впровадження основних результатів дослідження, виділено особистий внесок здобувачки в опублікованих працях зі співавторами.

У *першому розділі* «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОМУ КОМПЛЕКСІ» проведено аналіз світових та вітчизняних інформаційних технологій, що застосовуються в дорожньо-транспортному комплексі. Розглядається стан дорожньо-транспортного комплексу України. Визначено напрямки наукових досліджень енергоефективності виробничих процесів. Обґрунтовано критерій оптимальності. Окрім того, в першому розділі, проводиться аналіз напрямків наукових досліджень енергоефективності виробничих процесів, а також проведене обґрунтування критерію оптимальності процесу проведення дорожньо-ремонтних робіт. В якості критерію оптимальності запропонована енергоефективність проведення дорожньо-ремонтних робіт з врахуванням енергоефективності дорожньо-ремонтної техніки, автомобілів-постачальників дорожньо-будівельних матеріалів та автомобілів в складі транспортного потоку, який рухається повз зону ремонту.

У *другому розділі* «ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ В ЗОНІ РЕМОНТУ» запропоновано структуру інформаційної моделі розрахунку енергоефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт. Розроблено математичні моделі визначення витрат палива в зоні ремонту: математична модель визначення витрат палива дорожніми

машинами, що облаштовують дорожнє покриття в зоні ремонту; математична модель визначення витрат палива автомобілями-самоскидами, які постачають асфальтобетонну суміш в зону ремонту; математична модель визначення витрат палива транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту. Запропоновані в дисертаційній роботі математичні моделі енерговитрат включають розрахунок часу роботи дорожніх машин, розрахунок індивідуальних та сумарних витрат палива та інших параметрів, визначення довжини змінної захватки в залежності від швидкості руху транспортних засобів та дорожніх машин. Запропоновані математичні моделі дозволяють варіювати значення вхідних параметрів та проводити аналіз впливу технічних та організаційно-технічних параметрів зони ремонту на енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт.

У *розділі 3* «РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ТЕХНІЧНИМИ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОБ'ЄКТІВ В ЗОНІ РЕМОНТУ» визначено кількісні показники витрат палива дорожніми машинами в зоні ремонту. Здійснено розрахунок витрат палива автомобілями-самоскидами в залежності від вантажопідйомності та щільності асфальтобетонної суміші. Визначено витрати палива транспортним потоком в залежності від його складу та довжини змінної захватки. Запропонований програмний комплекс забезпечує визначення кількісних показників витрат палива автомобілями транспортного потоку в залежності від його складу та довжини змінної захватки, витрат палива автомобілями-самоскидами в залежності від вантажопідйомності та щільності асфальтобетонної суміші, витрат палива дорожніми машинами в зоні ремонту в залежності від складу ремонтної бригади. Окрім того, в третьому розділі представлені результати визначення енергоефективності організації ремонтних робіт на прикладі дороги I категорії з 4 смугами руху, без роздільної смуги з шириною дорожнього полотна 15 м.

Четвертий розділ «МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЗА КРИТЕРІСМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ

ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ» присвячено визначенню сумарних енерговитрат в зоні проведення ремонтних робіт. Розроблена методика визначення оптимальної довжини змінної захватки для максимальної енергоефективності. Розроблена програма статистичного аналізу впливу організаційно-технічних параметрів на витрати палива в зоні впливу. Також, в четвертому розділі, приведений аналіз результатів числових експериментів, що визначають витрати палива дорожніх машин, які проводять дорожньо-ремонтні роботи, транспортних засобів в складі транспортного потоку, що рухається повз зону ремонту та автомобілів-самоскидів, які постачають зону ремонту асфальтобетонною сумішшю. В результаті аналізу було визначено організаційно-технічні параметри, які впливають на енерговитрати в зоні ремонту та визначено залежність оптимальної довжини змінної захватки від погодних умов та технічних характеристик механізованої бригади.

У *висновках* відтворено основні результати дисертаційного дослідження, що відображають управління енергоефективністю для мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій.

У *додатках* наведено: Інтерфейс Форми (Форма UserForm9; UserForm10); Програми з процедурами (Програма з процедурами UserForm1; Програма з процедурами UserForm2; Програма з процедурами UserForm3; Процедури програми UserForm5; Процедури програми UserForm6; Процедури програми UserForm7; Процедури програми UserForm8; Процедури програми UserForm9; Процедури програми UserForm10; Процедури програми UserForm11; Процедури програми UserForm12; Процедури програми UserForm13; Процедури програми UserForm14; Процедури програми UserForm15); Макроси (Макроси, розташовані в модулі Module1; Макрос модуля Module2; Макрос модуля Module3; Макрос модуля Module5; Макрос модуля Module6); Таблиці вхідних даних дорожніх машин (Таблиця вихідних даних для АУ, аркуш AsphaltPaver; Таблиця вихідних

даних для легких котків аркуш RollerLight; Таблиця вхідних даних для середнього котка, аркуш RollerAver; Таблиця вхідних даних для середніх котків, аркуш RollerHeavy; Таблиця даних обраного асфальтоукладальника, аркуш ResultChoiseAsphPaver; Таблиця даних обраних котків, аркуш ResultChoiceRollers); Формули в MS Excel (Аркуш CalculatedAsphPaverFuel); Аркуш CalculatedRollersLightFuel (Вихідні дані для числового експеримента з легким котком, Кількість смуг ущільнення по довжині змінної захватки в залежності від довжини смуги ущільнення; Формули для розрахунку сумарної кількості часу, необхідного на ущільнення змінної захватки); Аркуш CalculatedRollersAverFuel (Визначення часу на проходження 1 Смуги ущільнення за визначену кількість проходів; Кількість смуг ущільнення по довжині змінної захватки в залежності від довжини смуги ущільнення; Аркуш CalculatedRollersHeavyFuel; Аркуш WorkZone; Аркуш DumpTracks; Аркуш MotorCar; Аркуш SummaryFuel; Метод первинного статистичного аналізу вибірки – для транспортного потоку; Акти впровадження та свідоцтво про реєстрацію авторського права.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який містить 128 найменувань, додатків на 36 сторінках, разом з якими її обсяг складає 212 сторінок, робота ілюструється 67 рисунками, містить 55 таблиць.

Оцінка мови та стилю викладення дисертації і автореферату. Мова та стиль дисертації та автореферату свідчать про вміння автора аргументовано викладати свої думки та, у цілому, відповідають вимогам МОН України. Сформульовані у дисертаційній роботі основні положення, висновки та рекомендації викладені у логічній послідовності та доказовій формі, що значно сприяє усвідомленню думок автора. Всі розділи дисертації мають внутрішню єдність і завершеність. Змістовне наповнення підрозділів роботи відповідає змісту визначених розділів. Дисертація і автореферат

написані грамотно, хоча в тексті автореферату та дисертації і присутні незначні граматичні та стилістичні помилки. Матеріал дисертаційної роботи викладено послідовно, стиль викладання доказовий, чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації в цілому тісно пов'язані з їх змістом і відображають суть виконаних досліджень. Публікації автора висвітлюють наукові положення і результати дисертаційної роботи. Стиль викладення наукових положень, висновків і рекомендацій відповідає вимогам ДСТУ 3008-2015 "Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення" й вимогам до оформлення дисертації, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 та у цілому забезпечує доступність їх сприйняття.

Отримані підсумкові результати дисертації співпадають із загальною метою і конкретними науковими завданнями, сформульованими у вступі. В цілому, дисертаційна робота сприймається як кваліфікаційна закінчена наукова праця, що містить нові наукові результати.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях. Наукова новизна безсумнівна та достатня для кандидатської дисертації. Основні наукові і практичні результати, що отримані в ході дисертаційного дослідження, опубліковано у 12 наукових працях, з них: 4 статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, 3 статті у наукових фахових виданнях, 5 опублікованих праць апробаційного характеру, 1 свідоцтво про реєстрацію авторського права.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації і дає повне уявлення про отримані результати дослідження та їх наукову новизну та практичну значимість.

Відмічаю в цілому науково-коректний стиль викладення матеріалів дисертації. Назва роботи відповідає самій роботі, яка відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 - інформаційні технології.

Недоліки

У якості недоліків у роботі потрібно відмітити наступне.

1. У якості мети досліджень автором визначено «розробка інформаційних моделей та методу управління енергоефективністю для мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій».

При цьому предметом досліджень визначено «моделі та метод управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт».

Вважаю, що бажано було більш детально надати обґрунтування зробленому висновку щодо мінімізації витрат палива в зоні ремонту автошляхів при дорожньо-ремонтних роботах за умови неперервного руху транспортних засобів з застосуванням інформаційних технологій.

2. В розділі 1. «Інформаційні технології в дорожньо-транспортному комплексі» не формалізовано множину (кортеж) факторів, за рахунок яких здійснюється управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт, а саме - формалізація об'єкта управління, вхідних та вихідних фазових координат, критерій управління, зовнішні збурюючі фактори (температура зовнішнього середовища, швидкість вітру, вчасне постачання асфальтобетону в зону ремонту) тощо. При цьому також бажано було більш детально розглянути міжнародні програмні засоби для вирішення питання оцінки енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт.

3. В підрозділі 1.4 «Обґрунтування критерія оптимальності» бажано було більш детально розглянути існуючі критерії та показники управління енергоефективністю проведення дорожніх робіт та формалізувати підхід щодо оптимізації як багатовимірної, нелінійної, стохастичної або детермінованої, стаціонарної або нестаціонарної задачі оптимізації.

4. При розробці (підрозділ 2.2.1) математичної моделі визначення витрат палива дорожніми машинами, що облаштовують дорожнє покриття в зоні ремонту, автор визначає, що існує така оптимальна довжина ділянки дороги, що перекривається, для кожного методу організації робіт, за якої сумарні енерговитрати будуть мінімальними. При цьому встановлено (стор. 91), що після визначення індивідуальної норми витрат палива дорожніх машин, розраховуються витрати палива в залежності від часу знаходження кожної машини в зоні ремонту протягом зміни. Однак бажано було більше уваги надати питанню визначенню процедури оптимізації (мінімізації енерговитрат), за рахунок чого, з якими припущеннями, та яким методом. Це також стосується математичної моделі визначення витрат палива автомобілів самоскидів, які постачають асфальтобетонну суміш в зону ремонту, математичної моделі визначення витрат палива транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту. Також, слід було більш детально розглянути переваги та недоліки вибору VBA для MS Excel 2019 в якості програмного середовища для розробки програмного комплексу.

5. В третьому розділі «Результати числових експериментів з технічними та організаційно-технічними параметрами об'єктів в зоні ремонту» слід було більш детально розглянути перспективні напрямки вдосконалення запропонованого програмного комплексу. Крім того, при визначенні кількісних показників витрат палива дорожніми машинами в зоні ремонту на основі завдання вхідних даних для розрахунку витрат палива, слід було визначити чутливість отриманих показників до точності завдання вихідних даних, а також вихідних даних для числового експерименту. Також в цьому розділі при дослідженні СМО вхідний потік вважають пуассоновським і він характеризується заданою інтенсивністю. Це припущення бажано було обґрунтувати.

6. В четвертому розділі «Метод прийняття управлінських рішень за критерієм енергоефективності організації дорожньо-ремонтних робіт» питання вибору критерію прийняття рішення в процесі управління

енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт розглянуте не в повній мірі. Крім того, запропонована Методика визначення оптимальної довжини змінної захватки для максимальної енергоефективності (підрозділ 4.2) сформульована стисло, бажано її представити у вигляді блок-схеми та відповідного алгоритму.

7. В дисертаційній роботі слід було більш детально розглянути питання щодо переліку організаційно-технічних параметрів зони ремонту, діапазону їх зміни та їх гранично-допустимі значення.

8. В роботі мають місце посилання на не досить сучасні наукові джерела, наприклад:

18. Безбородова Г. Б. Экономия топлива при вождении автомобиля / Г. Б. Безбородова, Н. М. Маяк, А. А. Чалый. 2-е изд. Перераб. и доп. – К.: Техніка, **1989**. – 129 с.

24. Виноградов Л. И. Автоматизированные системы управления строительством и эксплуатацией автомобильных дорог / А. И. Виноградов, И. Е. Евгеньев, Н. Е. Коновалов // М.: Транспорт, **1980**. – 246 с.

29. Гольстрем В. А. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов – К.: Техніка, **1985**. – 383 с.

32. Гусаков А. А. Системотехника строительства / А. А. Гусаков М.: Стройиздат, **1983**. – 440 с.

37. Двигатели внутреннего сгорания, применяемые на строительных и дорожных машинах. – М., **1993**. – 50 с.

54. Задорожный В. И. Автомобили (основные технико-эксплуатационные свойства): учеб. пособие / В. И. Задорожный, К., **1989**. – 88 с.

76. Лихоступ Н. Н. Оперативное управление в дорожно-строительных организациях / Н. Н. Лихоступ, А. Д. Чернявский, Р. Е. Флейтух. – К.: Будівельник, **1988**. – 128 с.

81. Механизация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог/ И. И. Макаручук, А. Я. Александров, Л. М. Бабик и др. – К.: Будівельник, **1985**. – 88 с.
86. Нгуен Ван Тим. Выбор оптимальных конструкций автодорожных и городских мостов в условиях Вьетнама /автореферат канд. техн. наук: 05.48.20 / Нгуен Ван Тим.– К., **1970**. – 20 с.
93. Повышение эффективности использования дорожных машин / [А.П. Крившин, А. З. Шварц, Е. Д. Каран и др]; под ред. А. П. Крившина. – М.: Транспорт, **1980**. – 263 с.
113. Страхов Л. М. Совершенствование организации и технологии дорожного строительства / Л. М. Страхов, И. М. Кравченко, В. В. Комаров. – К.: Будівельник, **1988**. – 88 с.
115. Сухиничев В. П. Модель функционирования комплектов машин для строительства дорог из горячих асфальтобетонных смесей / Повышение эффективности использования трудовых, энергетических и материальных ресурсов при эксплуатации дорожных машин / В. П. Сухиничев, Е. С. Локшин. Сб. науч. тр.//МАДИ; Редкол А. М. Шейнин (отв. ред.) и др. – М, **1987**.– С. 96-102.

Вказані недоліки не знижують науковий рівень дисертації “Інформаційні моделі та метод управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт” та не впливають на позитивне враження від дисертації, як кваліфікаційної роботи, в цілому, завершеність якої не викликає сумніву. Робота містить висунуті автором науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, наукові положення, особистий внесок здобувача в науку.

Висновок.

Вивчення дисертаційної роботи, автореферату та опублікованих здобувачем наукових праць дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота виконана на актуальну тему, представляє собою логічно завершене наукове

дослідження, що містить нові обґрунтовані наукові результати, які в сукупності є вирішенням сформульованого вище науково-технічного завдання, та відповідає вимогам п. 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Кабінетом Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами), щодо кандидатських дисертацій, а здобувач *Дехтяр Марина Михайлівна* заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 - інформаційні технології.

Офіційний опонент -

проректор з наукової роботи

доктор технічних наук, професор,

Заслужений діяч науки і техніки України,

Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки



О.А. Машков