

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Дехтяр Марина Михайлівна**

УДК 004.942:621.31-049.34:625.76(043.3)

**ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОД УПРАВЛІННЯ  
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ**

05.13.06 – Інформаційні технології

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

Київ 2021

## **Дисертацією є рукопис.**

Робота виконана на кафедрі інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного транспортного університету Міністерства освіти і науки України, м. Київ.

### **Науковий керівник:**

доктор технічних наук, професор  
**Аль-Амморі Алі Нурддинович**  
Національний транспортний університет  
Міністерства освіти і науки України, м. Київ,  
завідувач кафедри інформаційно-аналітичної  
діяльності та інформаційної безпеки

### **Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Машков Олег Альбертович**  
Державна екологічна академія післядипломної  
освіти та управління Міністерства екології та  
природних ресурсів України, м. Київ,  
проректор з наукової роботи

доктор технічних наук, професор  
**Сторчак Каміла Павлівна**  
Державний університет телекомунікацій  
Міністерства освіти і науки України, м. Київ,  
завідувач кафедри інформаційних систем та  
технологій.

Захист відбудеться «06» травня 2021 року о 10.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01 при Національному транспортному університеті, за адресою: 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка., 1, зал засідань ауд. 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету, за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розіслано «05» квітня 2021.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01

Кандидат технічних наук, професор

О. І. Мельниченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми дисертації.** Потреба в розвитку дорожньо-транспортного комплексу обумовлена багатьма чинниками: вдосконаленням технічних характеристик автомобільного транспорту, зростанням швидкостей руху, збільшенням вантажопідйомності, впровадженням інтелектуальних транспортних систем, розвитком та розширенням мережі автомобільних доріг та іншими чинниками. При цьому, обмеженість фінансових, людських, технічних та інших видів ресурсів, застосування експериментального методу проведення досліджень та інші чинники обмежують темп розвитку дорожньо-транспортного комплексу. Саме тому для підвищення ефективності функціонування та темпів розвитку дорожньо-транспортного комплексу як України, так і світу застосовуються 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 84%) 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.

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.

Одним із напрямків впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортний комплекс є 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 підтверджується також 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.

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). 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., 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., Машкова О. А., Сторчак К. П., Цуканова О. І., С. McKay Bowen, J. Peters, та інших.

В процесі вивчення питання організації виробничих процесів в зоні ремонту було виявлено, що впровадження інформаційних технологій в дорожньо-транспортну галузь з метою максимізації енергоефективності через взаємозв'язок між продуктивністю дорожньої техніки (асфальтоукладальників, котків) та транспортом, що постачає дорожньо-будівельні матеріали в зону ремонту, а також транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту було проведено не в достатній мірі. 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.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні науково-дослідної теми Національного транспортного університету за темою «Інформаційне і алгоритмічне забезпечення в процесах управління системами організаційного типу» (номер держреєстрації №0117U002069): етапу 4 «Розробка інформаційно-логічних моделей предметної області в процесах управління систем організаційного типу» та етапу 5 «Розробка алгоритмів інформаційного забезпечення в процесах управління систем організаційного типу та їх реалізації». У зазначених науково-дослідних роботах автор працювала як співвиконавець, а внесок автора полягає у постановці і вирішенні задач щодо підвищення енергоефективності дорожніх машин і транспортних засобів в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт. Дисертаційна робота виконана у відповідності до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р.), Державної цільової економічної програми розвитку автодоріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки (Постанова Кабінету Міністрів України від 21 березня 2018 р., № 382), Закону України «Про енергозбереження» (Постанова Верховної Ради від 01.07.94 № 75/94-ВР, остання редакція - від 20.09.2019 № 124-ІХ).

**Мета дисертаційної роботи** полягає в 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.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні завдання:

1. Аналіз існуючих інформаційних систем, моделей та методів визначення енергоефективності виробничих процесів дорожньо-ремонтних робіт.
2. Створити інформаційну та математичні моделі енерговитрат обслуговуючого транспорту в зоні ремонту автошляхів та отримати результати комп'ютерного моделювання енерговитрат автомобілів-самоскидів.
3. Розробити 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.
4. Створити інформаційні та математичні моделі визначення пропускної здатності дороги в зоні ремонту та витрат палива транспортними потоками в залежності від довжини змінної захватки.
5. Розробити метод управління енергоефективністю в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт.
6. Розробити програмний комплекс для впровадження управлінських рішень на основі методу управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт.

**Об'єкт дослідження** – процес управління енергоефективністю проведення дорожньо-ремонтних робіт за рахунок оптимізації енерговитрат

дорожніми машинами, автомобілями-самоскидами та транспортними потоками в зоні ремонту автошляхів.

**Предметом** дослідження є моделі та метод управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт.

**Гіпотеза:** при оптимальному підборі організаційно-технологічних параметрів, можна знизити витрати палива в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт, як для дорожніх машин та автомобілів-самоскидів так і для транспортних засобів транспортних потоків, що рухаються повз зону ремонту автошляхів.

**Методи дослідження:** ґрунтуються на апараті теорії множин, математичної статистики, факторного аналізу, систем масового обслуговування. Реалізація цих підходів в роботі проведена через математичне моделювання процесів впливу організаційно-технічних параметрів дорожньо-будівельної техніки та транспортних засобів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт. Для опису і дослідження організаційно-технічних параметрів в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт використовувалось інформаційне та математичне моделювання. Аналіз показників, отриманих при опрацюванні вихідної інформації, виконувався методами двох-факторного дисперсійного аналізу та первинного статистичного аналізу з використанням інформаційних технологій.

**Наукова новизна роботи полягає в наступному:**

***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.

**Практична цінність** дисертаційної роботи полягає в тому, що запропоновані моделі та методи управління енергоефективністю 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. 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).

### **Найбільш вагомі результати для практики**

1. Проведений аналіз існуючих інформаційних систем, моделей та методів визначення енергоефективності виробничих процесів дорожньо-ремонтних робіт з метою формування рекомендацій проектувальним та виробничим організаціям дорожньо-транспортного комплексу.

2. 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.

3. 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.

4. Створено математичну модель визначення пропускну 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.

5. 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 проектувальних та виробничих організаціях.

6. 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.

**Особистий внесок здобувача:** Всі основні результати, що виносяться на захист, отримані особисто здобувачем і ґрунтуються на опублікованих наукових результатах. За темою дисертації опубліковано 12 наукових праць, з яких 4 – написано автором одноосібно [2, 3, 7, 8]. При підготовці публікацій зі

співавторами внесок здобувача був визначальним: у [1] розроблено модель розрахунку руху транспортних засобів між точками туристичного маршруту з урахуванням енергоефективності з використанням інформаційних технологій; [4] – виконано комп'ютерне моделювання витрат палива дорожніми машинами в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт. [5] - проаналізовано фактори, що впливають на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт на рівні дорожньо-транспортної галузі [6] – проаналізовано фактори, що впливають на енергозбереження в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт; [9] – зроблено коригування в інформаційне резервування систем сигналізації небезпечних польотних ситуацій; [10] – виконано комп'ютерне моделювання витрат палива транспортними потоками в зоні проведення ремонтних робіт; [11] – визначені сучасні напрямки наукових досліджень в сфері енергозбереження та оптимізації виробництва в дорожньо-транспортній галузі з застосуванням інформаційних технологій; [12] – виконано інформаційне моделювання дорожньо-ремонтних робіт за критерієм енергозбереження.

**Апробація результатів дисертації:** основні результати дослідження доповідались і обговорювались на наступних вітчизняних та міжнародних наукових та науково-практичних конференціях: «Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия» (м. Харків, ХГАДТУ, 2000 р.); «Actual Problem of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD)» (м. Київ, Національний авіаційний університет, 22-24 жовтня 2019 р.); «WORLD SCIENCE: PROBLEMS, PROSPETS AND INNOVATIONS» (23-25 лютого 2021 року, Торонто, Канада); «Theoretical and scientific bases of development of scientific thought» (Рим, Італія, 16 – 19 лютого 2021 г.); «Modern systems of science and education in the USA, EU and post-Soviet countries» (Seattle, Washington, USA 15-16 лютого 2021р.).

**Публікації.** По темі дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць, із 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.

**Структура і 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 208 сторінок, робота ілюструється 42 рисунками, містить 44 таблиці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет дослідження, розкрито зв'язок роботи з науковими планами та програмами, показано новизну та практичну цінність отриманих результатів, відзначено особистий внесок автора, наведено дані про апробацію та практичне впровадження, публікації та структуру роботи.



**У першому розділі** проведено аналіз інформаційних технологій, які застосовуються в дорожньо-транспортному комплексі як в Україні – Системи управління станом покриття - СУСП та Аналітичної експертної системи управління мостами - АЕСУМ так і за кордоном - Highway Development & Management (HDM-4). Описано їх структурні компоненти та задачі, які вони вирішують.

Існуюча протяжність мережі автомобільних доріг загального користування складає 169,5 тис. кілометрів (з них 49,2 тис. кілометрів автомобільних доріг державного значення) та щільністю 281 кілометр на 1 тис. кв. кілометрів. В основному вона відповідає темпам розвитку національної економіки. Однак 97% усіх автомобільних доріг мають високу зношеність та потребують капітального або поточного ремонту – їх транспортно-експлуатаційний стан є незадовільним.

В свою чергу, стан покриття автомобільних доріг є однією з найважливіших умов, які впливають на витрати паливно-мастильних матеріалів транспортними засобами. А він є незадовільним: транспортно-експлуатаційний стан автошляхів на 51,1 % не відповідає вимогам за рівністю, 39,2 % — за міцністю. Середня швидкість руху на автошляхах України у 2—3 рази нижча, ніж у західноєвропейських країнах. Однак, не зважаючи на поганий стан покриття мережі автомобільних доріг, саме на автомобільний транспорт припадає максимальний обсяг перевезень пасажирів і вантажів порівняно з іншими видами транспорту. Автомобільний транспорт лідирує серед інших видів транспорту по використанню продуктів нафтопереробки – бензину та дизельного палива. Україна є енергозалежною державою та імпортує понад 84% обсягів палива. Тому питання енергоефективності є нагальним. Для зниження витрат палива необхідно покращувати стан автошляхів шляхом проведення ремонтних робіт існуючої мережі. В цьому аспекті інформаційні технології використовуються для збору інформації щодо конструктивних елементів, рівня їх пошкодження, обробки і прийняття рішень щодо технологій, термінів та організації робіт по ремонту дорожнього полотна та мостів. І одним з критеріїв, які використовуються в процесі прийняття рішень є енергоефективність.

**В другому розділі** описується інформаційна модель розрахунку енерговитрат в зоні ремонту (Рис. 1). В подальшому вона реалізовується в програмному комплексі, розробленому в VBA для MS Excel 2019 на основі математичних моделей визначення витрат палива дорожніми машинами, автомобілями-самоскидами та транспортним потоком.

В інформаційній моделі відображені чотири типи передачі інформації: переходи між формами VBA; імпорт даних з форм VBA до таблиць MS Excel; експорт даних між таблицями MS Excel; експорт даних з таблиць MS Excel в форми VBA. Таблиці MS Excel виступають як у вигляді динамічних баз даних, так і програмних компонентів, в яких виконуються розрахунки та аналіз

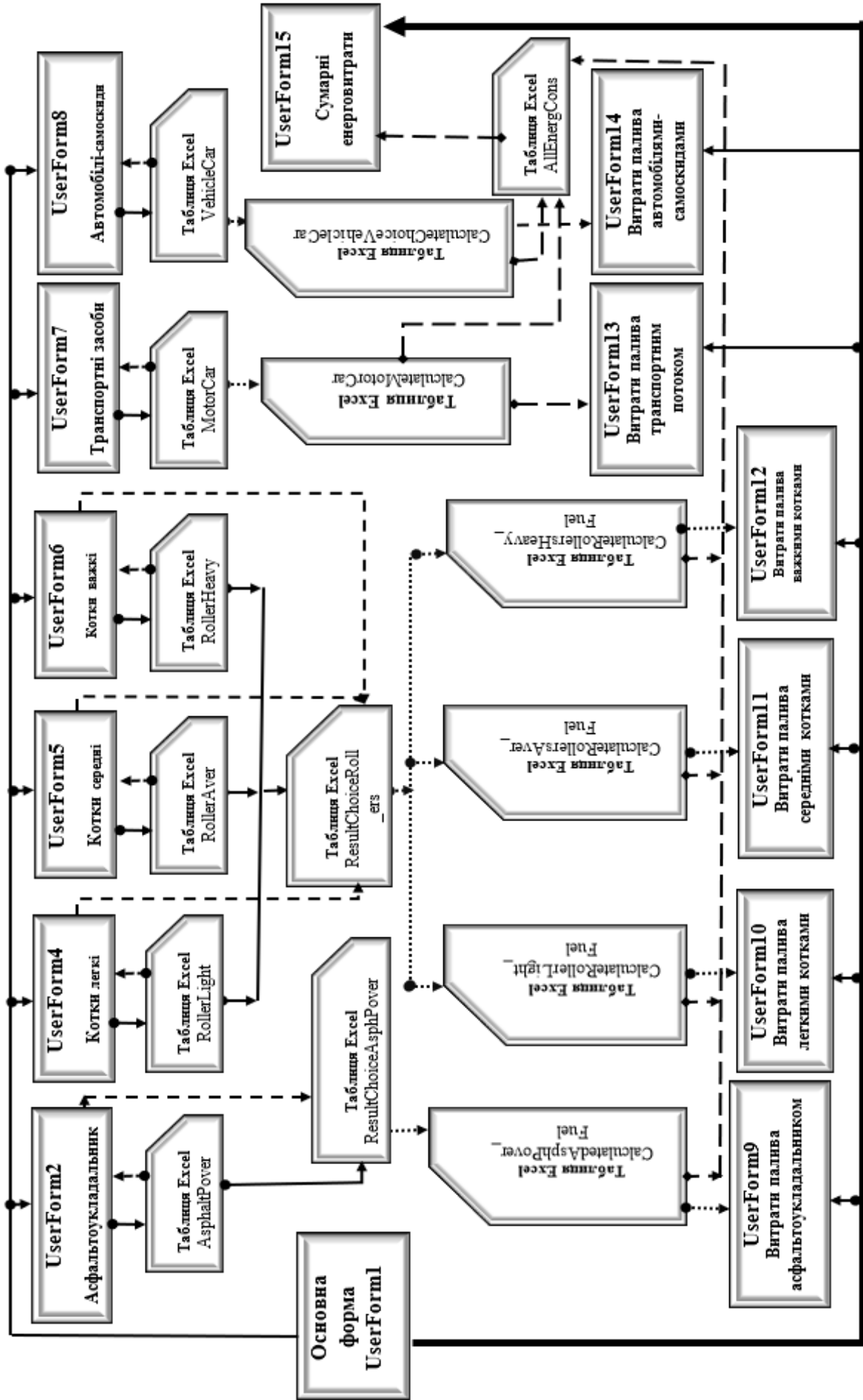


Рисунок 1 – Інформаційна модель розрахунку енерговитрат в зоні ремонту

числових експериментів. Програмні модулі VBA та формули і вбудовані функції MS Excel, які використовуються для введення, виведення, обробки інформації, аналізу і прийняття рішень більш детально описані в 3 розділі.

Створені в процесі виконання дисертаційного дослідження математичні моделі енерговитрат включають визначення довжини змінної захватки в залежності від швидкості руху транспортних засобів та дорожніх машин. Математична модель енерговитрат дорожніх машин в зоні ремонту дозволяє не лише розрахувати продуктивність ведучої машини – асфальтоукладальника, але і робить обмеження – тривалість роботи кожної машини протягом зміни. Адже не всі машини одночасно вступають в технологічний процес, а по чергово. Тому виникає потреба в розрахунку часу роботи дорожніх машин, щоб остання машина закінчила роботу до кінця зміни. При цьому програма побудована таким чином, що користувач може сам підбирати склад механізованої бригади і технологічні дії в залежності від обраної технології.

Важливим фактором при розрахунку часу, який витрачає дорожня машина на технологічні роботи є те, що перші 2 проходи коток виконує на понижений швидкості, швидкість холостого ходу також враховується при числовому експерименті. Крім того, враховується, що кожна машина має приступати до роботи через певний проміжок часу після закінчення роботи попередньою машиною, а це зменшує час на роботу попередніх машин та впливає на довжину змінної захватки, час роботи машин протягом зміни і в результаті – витрати палива дорожніми машинами, які визначаються за наступною формулою:

$$Q_{DM_i} = \sum_{i=1}^n \left( Q_{ay_i} + \sum_{j=1}^{m1} \sum_{r=1}^{m2} Q_{DMj,r} \right), \quad (1)$$

де  $Q_{ay}$  – витрати палива асфальтоукладальником, л/зміну;

$Q_{DM}$  – витрати палива всіма котками (заданих моделей і кількості кожного типорозміру);

$n$  – довжин змінних захваток, що розглядаються;

$m1$  – кількість типорозмірів котків;

$m2$  – кількість одиниць котків відповідного типорозміру.

При визначенні сумарної витрати палива транспортними засобами, що рухаються через зону ремонту використовувалось адаптоване до задачі рівняння (2), розрахунку індивідуальної витрати палива, що більш точно відображає основні теоретичні залежності теорії двигунів та експериментальні характеристики навантажень по кожному двигуну в залежності від швидкості руху транспортного:

$$Q_{III_{i,j}} = \frac{1}{\eta_{i,j}} \left( A i_{k_{i,j}} + B_j i_{k_{i,j}}^2 v_{a_{i,j}} + C_j \left( G_{a_{i,j}} \psi + 0,77 k_{i,j} F_j v_{a_{i,j}}^2 \right) \right) \pm 0,1 \beta_{i,j} G_{a_{i,j}} v_{a_{i,j}}, \quad (2)$$

де:  $A, B, C$  – постійні коефіцієнти для автомобілів різних типів;

$v_a$  – швидкість автомобіля (приймається 60% максимальної паспортної швидкості), км/год;

$G_a$  – розрахункова маса автомобіля, Н;

$\psi$  – коефіцієнт опору дороги (приймається 0,26);

$k$  – коефіцієнт опору повітря,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^{-4}$ ;

$F$  – лобова площа автомобіля,  $\text{м}^2$ ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії (приймається 0,875 для автомобілів з одним і 0,825 з двома ведучими мостами);

$\beta$  – враховує вплив мас, що обертаються (маховик, колеса і т.д),  
Визначається за формулою

$$\beta = 1 + a_k i_k^2, \quad (3)$$

де  $a_k$  – для легкових автомобілів 0,03...0,05; для вантажних і автобусів – 0,05...0,07;

$i_k$  – передаточне число в коробці передач;

$0,1\beta G_{av}$  – коефіцієнт, що корелює витрати палива транспортного засобу при розгоні та гальмуванні автомобілів. При сталому режимі руху він дорівнює 0.

Після розрахунку індивідуальної витрати палива, визначаються сумарні витрати палива транспортним потоком:

$$Q_{S_r} = L_{зax_r} \left( \sum_{i=1}^m Q_{\text{III},1} \alpha + \sum_{i=1}^m Q_{\text{III},2} \beta_s + \sum_{i=1}^m Q_{\text{III},3} \gamma \right), \quad (4)$$

де  $m$  – кількість зон;

$Q_{\text{III}}$  – витрати палива одиночним автомобілем, л/100 км;

$\alpha$ ,  $\beta_s$ ,  $\gamma$  – доля транспортних засобів  $i$ -го типу в складі транспортного потоку при розрахунковій інтенсивності в кожній зоні;

В подальшому, розраховуються індивідуальні витрати палива автомобілями-самоскидами, л/зм. Для автомобілів-самоскидів нормативні витрати палива визначаються за формулою:

$$Q_{n_i} = 0,01 H_{\text{sanc}_i} S (1 + 0,001 KE) + H_{z_i} Z, \quad (5)$$

де:  $i=1 \dots k$  – кількість моделей автомобілів-самоскидів різної вантажопідйомності, що розглядаються;

$KE$  – сумарний коригуючий коефіцієнт, %.

$H_{\text{sanc}}$  – лінійна норма витрати палива самоскида, л/100 км ( $\text{м}^3/100$  км), обраних моделей

$$H_{\text{sanc}_i} = H_{S_i} + H_{W_i} (G_{np_i} + 0,5g_i), \quad (6)$$

де  $H_s$  – базова лінійна норма витрати палива на пробіг автомобіля-самоскида з урахуванням транспортної роботи, л/100 км;

$H_w$  – норма витрати палива на транспорту роботу і споряджену масу причепа або напівпричепа;

$G_{np}$  – споряджена маса причепа або напівпричепа, т;

$g$  – вантажність причепа, т;

$H_z$  – норма витрати палива на їздку з вантажем автомобіля-самоскида, л;

$Z$  – кількість їздок з вантажем;

$S$  – пробіг автомобіля, км.

Після розрахунку індивідуальної витрати палива автомобіля-самоскида за зміну, визначається сумарна витрата палива в залежності від кількості одиниць залученої для перевезення матеріалів техніки.

Вищенаведені моделі дозволяють варіювати значення і робити аналіз по технічним та організаційно-технічним параметрам зони ремонту

**В третьому розділі** представлені результати роботи програмного комплексу, який ґрунтується на реалізації трьох математичних моделей: визначення витрат палива дорожніми машинами, витрат палива автомобілями-самоскидами, що обслуговують зону ремонту та транспортними засобами, що рухаються через зону ремонту автошляху. В числовому експерименті визначення енергоефективності організації ремонтних робіт розглядається дорога I категорії з 4 смугами руху, без роздільної смуги з шириною дорожнього полотна 15 м.

Користуючись типовою схемою організації дорожнього руху при проведенні робіт, визначають декілька зон, в яких змінюються характеристики транспортного потоку (Рис. 2). В колах позначені обмеження швидкості руху.

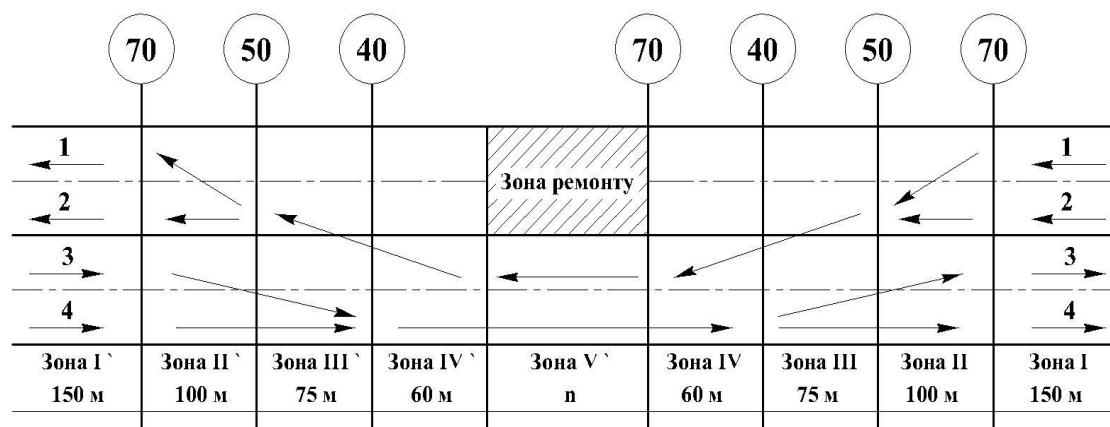


Рисунок 2 - Траєкторія руху транспортних потоків на підходах до зони ремонту та в її межах

Зона ремонту виступає в якості перешкоди для вільного руху транспортних засобів. Тому важливо дослідити і визначити, яким чином впливає довжина змінної захватки, від якої залежить зона перекриття смуг руху і перелаштовування транспортного потоку на суміжні смуги, на енерговитрати для того, щоб надати рекомендації для підвищення енергоефективності виконання дорожньо-ремонтних робіт. Було визначено і опрацьовано числовим експериментуванням вплив основних факторів на енерговитрати. Основоположним фактором, який розглядався виступає довжина змінної захватки. В свою чергу, вона розбита на смуги укладання, довжина яких залежить від погодних умов.

Обмеження по часу для обраного варіанту складу механізованої бригади показало, що максимальну довжину захватки, яку може укласти асфальтоукладальник неможливо застосовувати, так як при її ущільненні середніми котками перевищується ліміт часу зміни. Програмно задано умову,

що при перевищенні часу виконання робіт протягом зміни матриця значень залежності змінної захватки від довжини смуги укладання заповнюється значеннями «0», якщо часовий ліміт перевищується і виводяться значення, якщо умова виконується. Приклад результатів роботи програмного комплексу наведений в таблиці 1.

В результаті роботи програмного комплексу також було визначено час, який витрачають дорожні машини на роботу в залежності від довжини змінної захватки.

Таблиця 1 - Сумарні витрати палива механізованою бригадою, якщо кількість котків дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки

|                                 |     | <i>Довжина змінної захватки</i> |        |        |        |        |        |        |         |
|---------------------------------|-----|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| <i>Довжина смуги ущільнення</i> |     | 216,00                          | 518,40 | 604,80 | 691,20 | 777,60 | 864,00 | 950,40 | 1036,80 |
|                                 | 25  | 123,08                          | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 45  | 73,29                           | 274,77 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 65  | 54,14                           | 193,63 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 85  | 44,01                           | 150,67 | 244,57 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 105 | 37,73                           | 124,08 | 200,09 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 125 | 33,46                           | 106,00 | 169,85 | 247,42 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 145 | 30,37                           | 92,90  | 147,94 | 214,82 | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 165 | 28,03                           | 82,98  | 131,35 | 190,12 | 259,28 | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 185 | 26,20                           | 75,21  | 118,35 | 170,76 | 232,45 | 0,00   | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 205 | 24,72                           | 68,95  | 107,88 | 155,18 | 210,85 | 274,88 | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 225 | 23,51                           | 63,80  | 99,27  | 142,37 | 193,09 | 251,43 | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 245 | 22,49                           | 59,50  | 92,07  | 131,65 | 178,23 | 231,81 | 0,00   | 0,00    |
|                                 | 265 | 0,00                            | 55,84  | 85,96  | 122,55 | 165,61 | 215,15 | 271,16 | 0,00    |

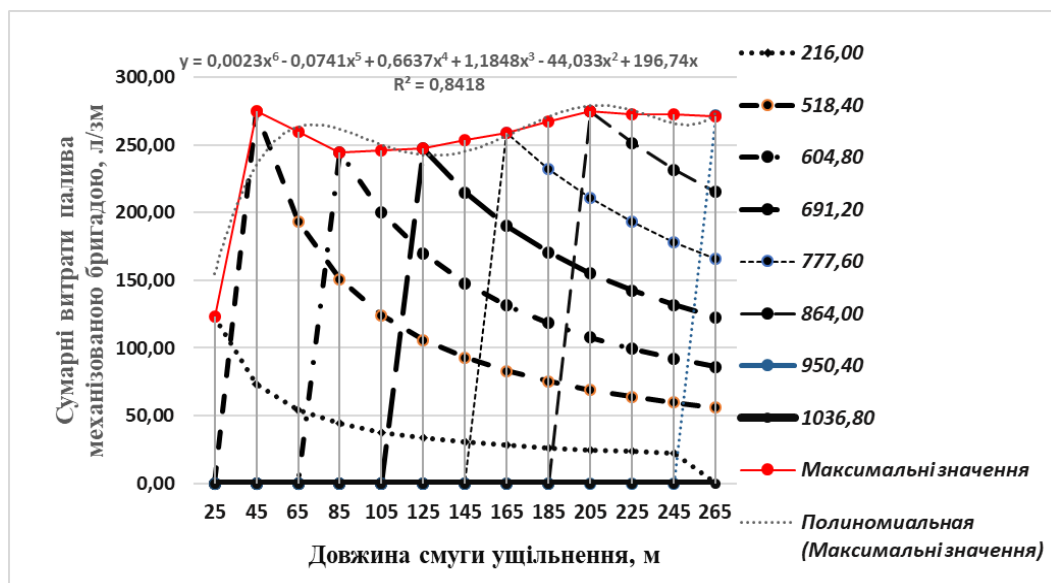


Рисунок 3 – Витрати палива дорожніми машинами в зоні ремонту

В математичній моделі, реалізованій в програмному комплексі, закладено можливість зміни розрахунків часових і лінійних показників роботи котків в залежності від того, дорівнює їх кількість кількості смуг укладання по ширині змінної захватки чи ні. Адже при необхідності переходів збільшується час роботи котків і витрати палива дорожніми машинами. Залежність витрати палива дорожніми машинами від довжини змінної захватки наведені на рисунку 3.

В четвертому розділі наведена методика оцінки впливу заходів, направлених на підвищення рівня енергоефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт. Зроблено аналіз результатів числових експериментів, що визначають витрати палива дорожніх машин, транспортних потоків та автомобілів-самоскидів, які постачають зону ремонту асфальтобетонною сумішшю.

За результатами обробки вхідних даних отримано результати, наведені в Таблиці 2.

Таблиця 2 – Витрати палива в зоні ремонту

|                                                 | Довжина змінної захватки |          |          |          |          |          |          |
|-------------------------------------------------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                 | 216,00                   | 518,40   | 604,80   | 691,20   | 777,60   | 864,00   | 950,40   |
| Сумарні витрати палива транспортним потоком     | 21435,80                 | 19862,92 | 19688,77 | 19556,35 | 19452,26 | 19368,29 | 19299,12 |
| Сумарні витрати палива автомобілями-самоскидами | 10,14                    | 91,24    | 155,75   | 178,79   | 253,44   | 304,13   | 376,93   |
| Сумарні витрати палива дорожніми машинами       | 43,42                    | 112,36   | 139,73   | 171,86   | 206,58   | 243,32   | 271,16   |

Слід зазначити, що залежність сумарних витрати палива транспортним потоком, що наведена на рисунку 4 надана в пропорції 1:100, так як її кількісний показник значно перебільшує витрати дорожніх машин та автомобілів-самоскидів.

За допомогою програмного комплексу виведено наступні формули (7, 8, 9), які відображають залежність витрат палива від довжини змінної захватки транспортним потоком, автомобілями-самоскидами та дорожніми машинами. Сумарні витрати палива транспортним потоком описуються поліномом п'ятого ступеня:

$$y = -0,0559x^5 + 1,2713x^4 - 11,141x^3 + 46,882x^2 - 95,625x + 272,71, \quad (7)$$

величина достовірності апроксимації:  $R^2 = 0,9994$ .

Сумарні витрати палива автомобілями-самоскидами, що постачають зону ремонту асфальтобетонною сумішшю:

$$y = 0,0154x^5 - 0,7785x^4 + 11,38x^3 - 67,238x^2 + 218,72x - 152,59, \quad (8)$$

величина достовірності апроксимації:  $R^2 = 0,9992$ .

Сумарні витрати палива дорожніми машинами:

$$y = 0,159x^5 - 3,8185x^4 + 34,632x^3 - 146,48x^2 + 317,85x - 158,85, \quad (9)$$

величина достовірності апроксимації:  $R^2 = 0,9999$ .

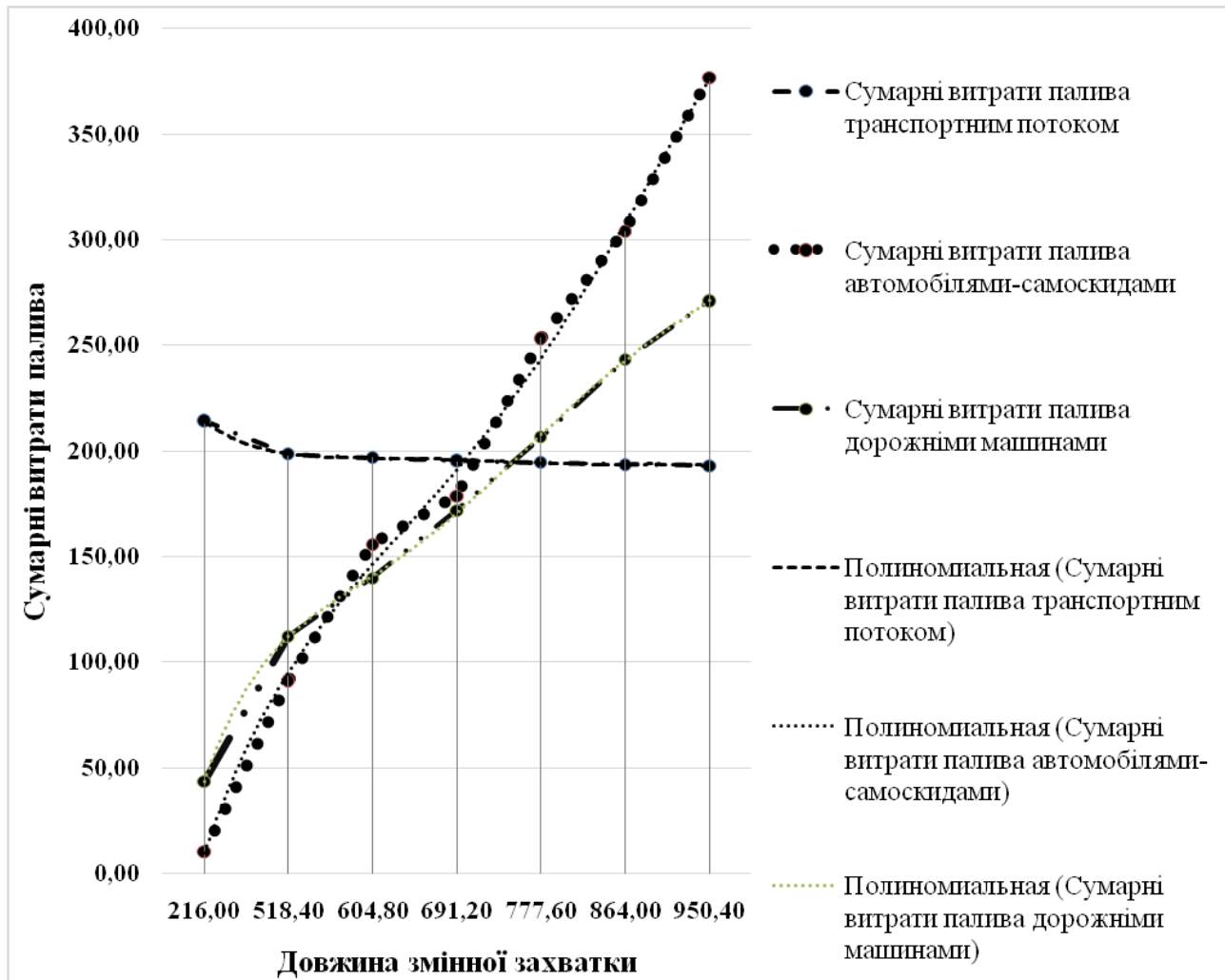


Рисунок 4 – Графік сумарних витрат палива дорожніми машинами, автомобілями-самоскидами та транспортним потоком, що рухається через зону ремонту

Графічним методом визначено для розглянутого складу бригади межі, в яких використання енергії буде найефективнішим. Це – точки перетину графіків сумарних витрати палива транспортним потоком, сумарних витрати палива автомобілями-самоскидами, що постачають зону ремонту асфальтобетонною сумішшю та сумарних витрат палива дорожніми машинами.

Оцінку впливу організаційно-технічних параметрів на витрати палива в зоні ремонту автомобільної дороги проведено методом двофакторного дискретного аналізу для дорожніх машин і автомобілів-самоскидів та первинного статистичного аналізу вибірки – для транспортного потоку.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз 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). 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, з'ясовано, що автомобільний транспорт є найбільш енергоємним 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.

2. Створена інформаційна модель розрахунку енерговитрат в зоні ремонту. В подальшому вона реалізовується в програмному комплексі, розробленому в VBA 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 VBA з таблиць MS Excel, а після програмної обробки виконується експорт результатів в форми програмного комплексу. Визначено витрати палива автомобілями-самоскидами, в залежності від довжини змінної захватки, вантажопідйомності транспортного засобу 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 автомобілями-самоскидами.

3. Розроблена інформаційна модель дозволяє користувачу програмного продукту як обирати з бази даних моделі дорожніх машин – асфальтоукладальника, котків різних типорозмірів, так і додавати в базу такі, що є в наявності у організації – виконавця робіт. Розрахунки виконуються в модулях і макросах VBA, 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 змінної захватки сумарні витрати палива зростають.

4. Розроблені інформаційна модель і програмний комплекс дозволяє варіювати склад транспортного потоку, від якого залежать енерговитрати, а також виконувати числові експерименти з дослідженням різних довжин змінної захватки. При визначенні пропускної здатності ділянки дороги було з'ясовано, що мінімальна пропускна здатність припадає на зону, в якій транспортні засоби перелаштовуються для проїзду безпосередньо повз зону ремонту, де середня швидкість не є найменшою. Крім того, енерговитрати транспортних засобів при наявності перешкоди у вигляді зони ремонту на сумарній довжини 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.

5. 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.

6. 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 транспортних потоків, дорожніх машин та транспорту-постачальника асфальтобетонної суміші.

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

**Статті у виданнях іноземних держав або у виданнях України, які включені  
до міжнародних наукометричних баз:**

1. Kompanets Katerina. Algorytm generowania turystycznego trasy /K. Kompanets, M. Dekhtyar// Systemy i srodki transportu samochodowego, Transport 2015. P. 383 -389.
2. Dekhtiar M. Informative design of processes that take place in the zone of co-operation of transport streams and zone of repair for translation /M. Dekhtiar // Slovak international scientific journal – Bratislava, 2020. – № 45.Vol. 2. – P. 15 - 19.
3. Dekhtiar M. Simulation of system work "repair zone - transport flow" according to energy saving criteria /M. Dekhtiar // The scientific heritage – 2020. – Hungary, № 49 Vol.1. – P. 9 - 13.
4. Al-Ammouri Ali. Models for determination of fuel consumption by road machines depending on the speed of movement and asphalt concrete laying strip/ Ali Al-Ammouri, M. Dekhtiar// The scientific heritage – 2021. – Hungary, № 60. Vol. 1. P. 23-29.

## **Статті у наукових фахових виданнях України:**

5. Ліпський Г. Є. До питання ресурсозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт/ Г.Є. Ліпський, М.М. Піскун// Збірник наукових праць Національного транспортного університету та транспортної академії України. – К.: РВВ НТУ, 2000. – Випуск 4 – С. 63 – 65.

6. Тюпаков С. В. Фактори впливу на енерговитрати при ремонті автомобільних доріг/ С.В. Тюпаков, М.М. Піскун // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Міжвідомчий науково-технічний збірник – К.: НТУ – 2001. – Випуск 62.

7. Піскун М. М. Визначення факторів, що впливають на енерговитрати транспортних потоків в зоні ремонту/ М.М. Піскун// Збірник наукових праць Національного транспортного університету та транспортної академії України. – К., РВВ НТУ, 2001.- Випуск 5 – С. 45 - 47.

### **Опубліковані праці апробаційного характеру:**

8. Піскун М. М. Аналіз застосування моделі Леонтьєва для оптимізації виробничих процесів/ М.М. Піскун // Автомобильный транспорт и дорожное хозяйство на рубеже 3-го тысячелетия: материалы международной научной конференции. – Харьков, ХГАДТУ, 2000. – С. 94 – 95.

9. Klochan A.E. Fundamentals of the Polarimetric UAV Landing System / A. E. Klochan, Ali Al-Ammouri, M.M. Dekhtyar, N.M. Poleva // Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments (APUAVD): Proceedings of 2019 IEEE 5th International Conference, October, 22-24, 2019, Kyiv, Ukraine / National Aviation University. – Kyiv, 2019. – P. 153-156.

10. Аль-Амморі А. Н. Моделювання витрат палива транспортними потоками в зоні проведення ремонтних робіт/ А.Н. Аль-Амморі, М.М. Дехтяр// VI Международная научно-практическая конференция «WORLD SCIENCE: PROBLEMS, PROSPECTS AND INNOVATIONS», 23-25 февраля 2021 г., Торонто, Канада: тез. док. / VI International Scientific and Practical Conference.– Toronto, Canada, 2021. – P. 190-196.- URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-world-science-problems-prospects-and-innovations-23-25-fevralya-2021-goda-toronto-kanada-arhiv/>

11. Аль-Амморі А. Н. Сучасні напрямки наукових досліджень в сфері енергозбереження та оптимізації виробництва в дорожньо-транспортній галузі /А.Н. Аль-Амморі, М.М. Дехтяр // «V Международная научная конференция по новым тенденциям в науке и образовании «Theoretical and scientific bases of development of scientific thought», 16 – 19 февраля 2021 г., Рим, Италия: тез. док. / Рим, 2021. – С. 629 – 632. - Режим доступа: URL: <https://isg-konf.com/>

12. Al-Ammouri Ali. Substantiation the optimality criterion of the organization of road works/ Ali Al-Ammouri, M.M. Dekhtiar // Proceedings of Modern systems of science and education in the USA, EU and post-Soviet countries, 15-16 February 2021. Seattle, Washington / Seattle, Washington, 2021. – P. 33 - 36. - Режим доступа: URL: <https://www.sworld.com.ua/konferus05/sbor-us5.pdf>

### **Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір**

13. К.А. Компанець, М.М. Дехтяр. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір №59659. Науковий твір «Програмне забезпечення моделі формування оптимального туристичного маршруту». Київ: Державна служба інтелектуальної власності України, 2015.

## АНОТАЦІЯ

**Дехтяр М. М. Інформаційні моделі та метод управління енергоефективністю дорожньо-ремонтних робіт.** - кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології» - Національний транспортний університет МОН України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена актуальній науково-технічній задачі інформаційного моделювання вибору оптимальних організаційно-технічних параметрів при проведенні дорожньо-ремонтних робіт за критерієм енергозбереження. Вирішення поставлених задач пропонується виконувати за допомогою інформаційних технологій - програмного комплексу, реалізованого засобами VBA в MS Excel 2019. Аналіз показників, що з'явилися при опрацюванні вхідної інформації виконувався за допомогою методів математичної статистики, теорії множин та системи масового обслуговування.

Проведено аналіз актуальності проблеми енергозбереження як в Україні в цілому, так і в дорожньо-транспортній галузі. Визначено, що енергоемність валового продукту країни в майже в 2 рази вища за європейську. І це – в той час, коли Україна відноситься до енергодефіцитних країн і задовольняє потреби в паливно-енергетичних ресурсах за рахунок їх власного видобутку менше ніж на 20%. Важливим фактором, необхідним для розвитку економіки, ефективної роботи всіх галузей виробництва продукції необхідно використання транспортних артерій. На першому місці по перевезенню пасажирів і транспортуванню вантажів стоїть автомобільний транспорт. Собівартість перевезень у 1,5 рази, а витрати палива на 30 відсотків перевищують аналогічні показники у розвинених зарубіжних країнах. На вартість перевезень значним чином впливає якість автомобільних доріг, яка є незадовільною: 51,1% не відповідає вимогам за рівністю, 39,2% - за міцністю. Витрати на паливо в залежності від рівності покриття складають близько 16-18%. Саме тому в 2020 році стартував проект «Велике будівництво», пріоритетним напрямком якого стало відновлення мережі автомобільних доріг і за 5 років планується відремонтувати близько 24 тисяч кілометрів автодоріг. Максимальна увага приділятиметься поточному ремонту, а на другому місці – капітальний ремонт доріг. Саме тому важливо впроваджувати заходи та технології, направлені на підвищення енергоефективності при проведенні дорожньо-ремонтних робіт. Адже витрати та тонну умовного палива, отриманого за рахунок енергозбереження, в декілька разів менша за витрати на її видобуток чи купівлю.

Побудовані інформаційні моделі визначення витрат палива в зоні ремонту дорожніми машинами, що виконують ремонтні роботи, транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту та транспорту, що постачає матеріали в зону ремонту. Для моделювання процесів, що відбуваються в зоні ремонту за критерієм енергоефективності, доцільно використовувати математичне моделювання, реалізоване в програмному забезпеченні.

Розроблені інформаційно-математичні моделі, за допомогою яких розраховуються зміни витрат палива котками, асфальтоукладацьником, транспортними потоками та автосамоскидами - постачальниками асфальтобетонної суміші, пропускна здатність дороги в зоні ремонту в залежності від довжини змінної захватки. Розроблено алгоритми та програми визначення кількості автомобілів-самоскидів, необхідних для безперебійного постачання асфальтобетонною сумішшю механізованої бригади в залежності від погодних умов і продуктивності ведучої машини - асфальтоукладацьника.

Розроблена методика визначення оптимальної довжини змінної захватки з точки зору економії витрат палива дорожніми машинами, автомобілями-самоскидами та транспортним потоком, що рухається через зону ремонту.

Оцінку енергоефективності отримано методом визначення енерговитрат в зоні ремонту. Цей метод дозволяє враховувати часові, лінійні характеристики, а також технічні параметри дорожніх машин і результатом його використання є зростання енергоефективності дорожньо-ремонтних робіт.

**Ключові слова:** інформаційні технології, інформаційна модель, енергоефективність, ремонт автошляхів, дорожні машини, транспортні потоки.

## ABSTRACT

**Dekhtyar M. M. Information models and method of energy efficiency management of road repair works.** - The manuscript.

Thesis for a Candidate of Sciences Degree in Specialty 05.13.06 "Information technologies" - National Transport University, of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation work is devoted to the actual scientific and technical problem of information modeling of the choice of optimal organizational and technical parameters during road repairs according to the criterion of energy saving. The solution of the set tasks is offered to be carried out by means of information technologies - the software complex realized by means of VBA in MS Excel2019. The analysis of indicators that appeared during the processing of input information was performed using the methods of mathematical statistics, probability theory and queuing system.

An analysis of the urgency of the problem of energy saving in Ukraine as a whole and in the road transport sector. It is determined that the energy intensity of the country's gross domestic product is almost 2 times higher than in Europe. And this is at a time when Ukraine is an energy-deficient country and meets the needs for fuel and energy resources through their own production by less than 20%. An important factor necessary for the development of the economy, the efficient operation of all branches of production is the use of transport arteries. In the first place for the carriage of passengers and transportation of goods is road transport. The cost of transportation is 1.5 times, and fuel consumption is 30 percent higher than in developed foreign countries. The cost of transportation is significantly affected by the quality of roads, which is unsatisfactory: 51.1% do not meet the requirements for equality, 39.2% - for strength. Fuel costs, depending on the equality of coverage are

about 16-18%. That is why in 2020 the project "Large construction" was launched, the priority of which was the restoration of the road network and in 5 years it is planned to repair about 24 thousand kilometers of roads. Maximum attention will be paid to current repairs, and in second place - overhaul of roads. That is why it is important to implement measures and technologies aimed at improving energy efficiency during road repairs. After all, the cost and ton of conventional fuel obtained through energy savings is several times less than the cost of its extraction or purchase.

Information models for determining fuel consumption in the repair area by road vehicles performing repair work, traffic flow moving past the repair area and vehicles delivering materials to the repair area are built. To model the processes occurring in the repair area on the basis of energy efficiency, it is advisable to use mathematical modeling implemented in the software.

Information and mathematical models have been developed, which are used to calculate changes in fuel consumption by rollers, asphalt paver, transport flows and dump trucks - suppliers of asphalt concrete mixture, road capacity in the repair area depending on the length of the variable grip. Algorithms and programs for determining the number of dump trucks required for uninterrupted supply of asphalt-concrete mixture to a mechanized crew depending on weather conditions and productivity of the leading machine - asphalt paver have been developed.

A method for determining the optimal length of the variable gripper in terms of saving fuel consumption by road vehicles, dump trucks and traffic flowing through the repair area.

Evaluation of energy efficiency was obtained by determining the energy consumption in the repair area. This method allows you to take into account the time, linear characteristics, as well as technical parameters of road machines and the result of its use is to increase the energy efficiency of road repairs.

**Key words:** information technologies, information model, energy efficiency, repair of highways, road cars, traffic flows.