

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця на
правах рукопису

Дехтяр Марина Михайлівна

УДК 004.942:621.31-049.34:625.76(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОД УПРАВЛІННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ

05.13.06 – Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Дехтяр М. М.

Науковий керівник Аль-Амморі Алі
Нурддинович
доктор технічних наук, професор

Ідентичність усіх примірників дисертації

Засвідчую

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01

_____ О. І. Мельниченко

Київ
2021

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 енергоємність 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 є 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 проєкт «Велике будівництво», пріоритетним напрямком якого стало відновлення мережі автомобільних доріг і за 5

років планується відремонтувати близько 24 тисяч кілометрів автошляхів. 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, транспортного потоку, 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, асфальтоукладальником, 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 - асфальтоукладальника.

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.

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 доступу: 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.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ.....	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	11
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ I	21
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОМУ КОМПЛЕКСІ	21
1.1. Аналіз світових та вітчизняних інформаційних технологій, що застосовуються в дорожньо-транспортному комплексі	21
1.2. Стан дорожньо-транспортного комплексу України	24
1.3. Напрямки наукових досліджень енергоефективності виробничих процесів	31
1.4. Обґрунтування критерія оптимальності.....	40
Висновки по розділу 1	44
РОЗДІЛ 2.....	46
ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ В ЗОНІ РЕМОНТУ	46
2.1. Структура інформаційної моделі розрахунку енергоефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт.	46
2.2. Математичні моделі визначення витрат палива в зоні ремонту	65
2.2.1. Математична модель визначення витрат палива дорожніми машинами, що облаштовують дорожнє покриття в зоні ремонту	65
2.2.2. Математична модель визначення витрат палива автомобілями-самоскидами, які постачають асфальтобетонну суміш в зону ремонту	91
2.2.3. Математична модель визначення витрат палива транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту	95
Висновки по розділу 2.	110
РОЗДІЛ 3.....	112
РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ТЕХНІЧНИМИ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОБ'ЄКТІВ В ЗОНІ РЕМОНТУ	112
3.1. Визначення кількісних показників витрат палива дорожніми машинами в зоні ремонту	112

3. 2. Розрахунок витрат палива автомобілями-самоскидами в залежності від вантажопідйомності та щільності асфальтобетонної суміші	128
3.3. Визначення витрат палива транспортним потоком в залежності від його складу та довжини змінної захватки.	132
Висновки до розділу 3.	140
РОЗДІЛ 4.....	141
МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ	141
4.1. Визначення сумарних енерговитрат в зоні проведення ремонтних робіт	141
4.2. Методика визначення оптимальної довжини змінної захватки для максимальної енергоефективності.....	145
4.3. Програми статистичного аналізу впливу організаційно-технічних параметрів на витрати палива в зоні впливу	146
Висновки по розділу 4.	153
ВИСНОВКИ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ	155
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	158
ДОДАТКИ	172

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

VBA	Visual Basic for Applications
АЕСУМ	Аналітична експертна система управління мостами
АС	Автомобілі-самоскиди
АСУ	Автоматизована система управління
АУ	Асфальтоукладальник
БД	База даних
ВК	Важкий каток
ГШ	Гальмівний шлях
ДМ	Дорожні машини
ДТП	Дорожньо-транспортна пригода
ЕПАД	Електронний паспорт автомобільної дороги
ЕР	Енергоресурси
ЗВ	Зона впливу
ЗЗ	Змінна захватка
ЗР	Зона ремонту
ККД	Коефіцієнт корисної дії
ЛК	Легкий каток
ОТЗ	Одиночні транспортні засоби
ПЕР	Паливно-енергетичні ресурси
ПЗ	Пропускна здатність
ПММ	Паливно-мастильні матеріали
ПОДР	Проект організації дорожнього руху
СК	Середній каток
СМО	Система масового обслуговування
СР	Смуга руху
СУСП	Системи управління станом покриття
СУкл	Смуга укладання
СУщ	Смуга ущільнення
ТЗ	Транспортний засіб
ТМ	Типорозмір дорожньої машини
ТП	Транспортний потік
ЧЕ	Числовий експеримент

ВСТУП

Актуальність теми. 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 [4, 6, 7, 8, 9, 10, 128]. 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 [8, 9, 17, 25, 26, 33, 34, 35, 39, 61, 79].

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 (асфальтоукладачів, 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, 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-IX).

Мета дослідження: 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. Проаналізувати існуючі інформаційні систем, моделі та методи 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.

Предмет дослідження – 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 в складі 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 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.

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] – здійснено 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 67 рисунками, містить 55 таблиць.

РОЗДІЛ І

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОМУ КОМПЛЕКСІ

1.1. Аналіз світових та вітчизняних інформаційних технологій, що застосовуються в дорожньо-транспортному комплексі

Сучасна тенденція переходу до цифрових методів створення, передачі, обробки та зберігання інформації призводить до широкого впровадження, статичних і динамічних баз даних, організації телекомунікаційного зв'язку для доступу до інформації через наземні та супутникові інформаційні канали. Все це стає можливим завдяки застосуванню імітаційних, інформаційних, математичних моделей і методів, запропонованих науковцями всього світу.

Широкого застосування в різних сферах, в тому числі і дорожньо-транспортному комплексі, зазнала геоінформаційна система. Існуюча геоінформаційна система автомобільних доріг призначена для обліку та паспортизації, управління експлуатацією та супроводу всього життєвого циклу автомобільних доріг. Система застосовується в геодезії та картографії, навігаційних системах та системах моніторингу транспорту, моніторингу навколишнього природного середовища, в органах управління дорожнім господарством всіх рівнів (державному, обласному, муніципальному), а також в підрядних організаціях. Використовуються сучасні інформаційні технології для управління автомобільними дорогами поза населеними пунктами й міською вулично-дорожньою мережею – через геоінформаційну систему та синхронізований з нею мобільний додаток.

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 [4, 6, 7, 8, 9, 10, 128].

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. [62, 63, 64, 65, 66, 68, 77]

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 [8, 9, 17, 25, 26, 33, 34, 35, 39, 61, 79].

В лютому 2020 року Укравтодор презентував комплексне веб-рішення «Інтерактивна мапа Укравтодору» [60]. Її основним завданням є надання актуальної та достовірної інформації про ключові логістичні артерії України — дороги державного значення. Мапа має три публічні модулі: звернення (Рис. 1.1); ремонти; утримання доріг.

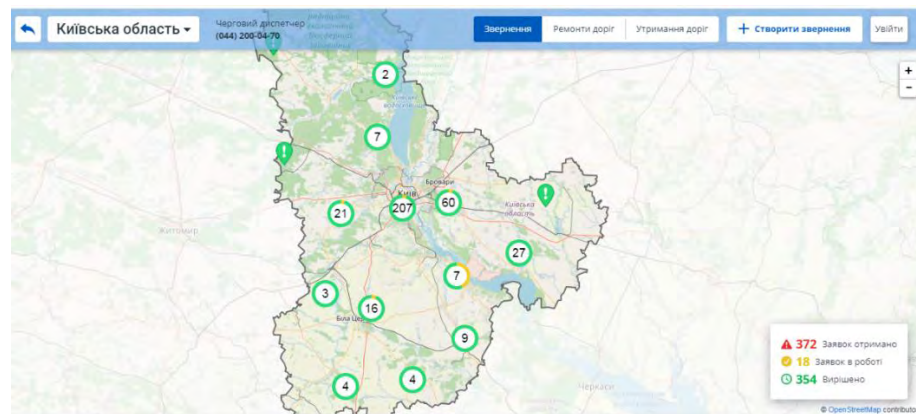


Рисунок 1.1 - Інтерактивна мапа Укравтодору. Модуль «Звернення»

Завдяки мапі можна оперативно сповіщати Укравтодор про наявні проблеми, відслідковувати рух техніки та роботу підрядників з утримання доріг, місця об'їзду дорожнього покриття, відслідковувати ДТП на ділянках доріг, обираючи дату дослідження і отримувати іншу додаткову інформацію.

У зв'язку з великою інтенсивністю та обсягами запланованих ремонтних робіт, на чільні місця виходить цифровізація та збільшення інтелектуальних інформаційних систем. В організаціях, причетних до планування, проектування і виконання робіт, створені підрозділи, які відповідають за стратегічний розвиток доріг та інтелектуальних транспортних систем. В Міністерстві інфраструктури це Директорат цифрової інфраструктури на транспорті, заступник міністра з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації. В Державному

дорожньому науково-дослідному інституті (ДП ДерждорНДІ) - відділ стратегічного розвитку доріг та інтелектуальних транспортних систем. В них вивчаються раціональні та ефективні технології, розробляються та впроваджуються актуальні алгоритми та програмне забезпечення з багатоваріантного моделювання розподілу бюджету на ремонти та утримання доріг і штучних споруд, забезпечення безпеки руху. Основна мета - оптимізація та об'єктивність прийняття ефективних рішень, покликаних на мінімізацію витрат фінансових, матеріальних та людських ресурсів з урахуванням необхідності виконання робіт на високому технічному та технологічному рівні.

1.2. Стан дорожньо-транспортного комплексу України

Сучасний розвиток економіки України потребує великих інвестицій у будівництво та ремонт автомобільних доріг як національними будівельними організаціями, так і іноземними. Враховуючи те, що національний капітал повинен приростати для подальшого розширення виробництва та здійснення ремонту доріг, а іноземний капітал приходить в Україну для отримання як економічного зростання, так і політичного впливу, вирішення проблем оптимізації виробництва та управління цим процесом у кожному конкретному випадку в умовах жорсткої конкуренції, є актуальним.

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.

За оцінками експертів Світового економічного форуму, Україна займає 132 місце в світі за рівнем розвитку автомобільних доріг. Крім того, понад 9,6 тис. мостів за технічними параметрами не відповідають вимогам сучасних норм і

фактичному навантаженню, 1923 мости потребують термінового ремонту, а 86 мостів перебувають в аварійному стані [100].

Щільність автомобільних доріг в Україні у 6,6 рази менша, ніж у Франції (відповідно 0,28 та 1,84 кілометра доріг на 1 кв. кілометр площі країни). Протяжність швидкісних доріг в Україні становить 0,28 тис. кілометрів, у Німеччині — 12,5 тис. кілометрів, у Франції — 7,1 тис. кілометрів. рівень фінансування одного кілометра автодоріг в Україні відповідно у 5,5—6 разів менший, ніж у зазначених країнах. Дороги I та II категорії становлять 8,7 відсотка, з них лише 2,2 тис. кілометрів відповідають параметрам I категорії.

Однак, не зважаючи на поганий стан покриття мережі автомобільних доріг, вони відіграють значну роль в перевезенні пасажирів (Табл. 1.1) [91] та вантажів (Табл. 1.2) порівняно з іншими видами транспорту. Слід зазначити, що значне падіння кількості перевезених пасажирів в період 2015-2018 р.р. обумовлюються в т.ч. і тим, що не відображені обсяги перевезень на окупованих територіях в Донецькій і Луганській областях та республіці Крим.

Як видно з Таблиць 1.1 та 1.2, на першому місці як по обсягам перевезень пасажирів, так і транспортування вантажів, стоїть автомобільний транспорт. Отже, умови, в яких проводиться транспортування, напряду пливають на вартість проїзду пасажирів та перевезення вантажів.

Таблиця 1.1 - Кількість перевезених пасажирів за видами транспорту (тис. чол.)

	Залізничний	Морський	Річковий	Автомобільний (автобуси)	Авіаційний
2011	429784,9	7064,1	962,8	3611829,9	7504,8
2012	429115,3	5921,0	722,7	3450173,1	8106,3
2013	425216,9	6642,0	631,1	3343659,5	8107,2
2014	389305,5	29,4	565,1	2913318,1	6473,3
2015	389794,1	25,5	550,8	2250345,3	6302,7
2016	389057,6	30,3	448,5	2024892,9	8277,9
2017	164941,6	28,6	562,9	2019324,9	10555,6
2018	157962,4	71,9	596,2	1906852,1	12529,0

Таблиця 1. 2. Обсяг перевезених вантажів за видами транспорту в період (тис.т)

	Залізничний (перевезення)	Морський	Річковий	Автомобільний	Авіаційний	Трубопровідний
1	2	3	4	5	6	7
2010	432897,0	4067,8	6989,5	1168218,8	87,9	153436,6
2011	469308,1	4145,6	5720,9	1252390,3	92,1	154971,2
2012	457454,5	3457,5	4294,7	1259697,7	122,6	128439,8
2013	443601,5	3428,1	2840,5	1260767,5	99,2	125941,1
2014	386276,5	2805,3	3144,8	1131312,7	78,6	99679,5
2015	349994,8	3291,6	3155,5	1020604,0	69,1	97231,5
2016	343433,5	3032,5	3641,8	1085663,4	74,3	106729,2
2017	339550,5	2253,1	3640,2	1121673,6	82,8	114810,4
2018	322342,1	1892,0	3698,0	1205530,8	99,1	109418,2
2019	312938,9	2120,3	3990,2	1147049,6	92,6	112656,4

Зрозуміло, що автомобільний транспорт лідирує серед інших видів транспорту по використанню продуктів нафтопереробки – бензину та дизельного пального. Користуючись даними енергетичного балансу України, наданого Державною службою статистики, автором дисертаційного дослідження було побудовано таблицю 1.3 з відображенням споживання продуктів нафтопереробки за транспортними галузями протягом 2010-2019 років.

Таблиця 1.3. Споживання продуктів нафтопереробки за транспортними галузями протягом 2010-2019 років

Вид транспорту	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Внутрішні авіаперевезення	2	14	12	1	1	-	-	-	6	182
Автомобільний	8256	8175	8394	7980	7128	6364	6975	7186	7207	7522
Залізничний	178	173	124	143	134	138	109	132	136	27
Трубопровідний	9	7	6	5	5	3	6	5	5	0
Внутрішнє судноплавство	80	52	50	45	43	48	48	33	39	135

В свою чергу, стан покриття автомобільних доріг є однією з найважливіших умов, які впливають на витрати паливно-мастильних матеріалів транспортними засобами та на якість транспортування. 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.

Це пояснюється зокрема тим, що тягар на утримання транспортної мережі на душу населення в Україні є більшим порівняно з європейськими країнами через відносно невелику густоту населення (76 осіб на 1 кв. кілометр), низьку купівельну спроможність громадян (1/5 купівельної спроможності Єврозони), порівняно невеликий парк автомобілів та значну територію країни.

Однак в Україні і в цілому стан існуючих автомобільних доріг характеризується низькими транспортно-експлуатаційними показниками порівняно з європейськими країнами. Прогнозна інтенсивність руху ТЗ платними дорогами недостатня для залучення приватних інвестицій без гарантій держави, що створює ризики перевитрат бюджетних коштів на компенсацію інвесторам.

Головною умовою є підтримання відповідного транспортно-експлуатаційного стану доріг, які у зв'язку з дією багатьох факторів і навантажень, потребують своєчасного ремонту.

Основною причиною незадовільного стану автомобільних доріг, згідно [96] «є низький рівень фінансування дорожньої галузі, який за останні роки становить 10-14 % необхідної потреби у ремонті та утриманні мережі автомобільних доріг».

У 2013 році розроблено та затверджено Державну цільову економічну програму розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013-2018 роки [38], виконання якої протягом 2013-2015 років припинено через суттєве недофінансування. У ці роки фактично припинено роботи з будівництва автомобільних доріг, обсяги робіт з поточного середнього ремонту в десятки разів зменшено, ямковість ліквідовано несвоєчасно та не на всіх дорогах. Як наслідок,

стан доріг погіршився до катастрофічного. Навіть активізація в 2016 році ремонтно-будівельних робіт на автомобільних дорогах не дала змоги здійснити заходи, передбачені зазначеною Програмою.

Проблема недостатнього фінансування посилюється ще і тим, що з 2015 року не було передбачено видатки на розвиток дорожньої галузі, а заплановані в загальному фонді державного бюджету витрати на розвиток автомобільних доріг, як правило, недофінансовувалися Казначейством. Однак, починаючи з 2018 року фінансування починає зростати.

01 березня 2020 року стартував загальнодержавний проект «Велике будівництво». Він розрахований на 5 років і передбачає капітальний ремонт або спорудження доріг та інфраструктурних об'єктів – шкіл, амбулаторій, тощо (Табл. 1.4.) [1]. В 2020 році планувалось ввести в експлуатацію понад 4 тисяч кілометрів, а в наступні 4 роки - близько 24 тисяч кілометрів доріг.

Таблиця 1. 4. Очікувані результати виконання Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки

Найменування завдання	Значення показника, км					
	усього	у тому числі за роками				
		2018	2019	2020	2021	2022
1. Нове будівництво автомобільних доріг загального користування державного значення	327,9	6,45	12,6	50,64	95,2	163
2. Реконструкція автомобільних доріг загального користування державного значення	288,96	1,05	22,43	71,56	55,25	138,67
4. Поточний середній ремонт автомобільних доріг загального користування державного значення	5 388,28	953,5	739,76	3 035	660,02	
Усього	8 925,05	994,94	854,17	3 462,64	1 226,23	2 387,08

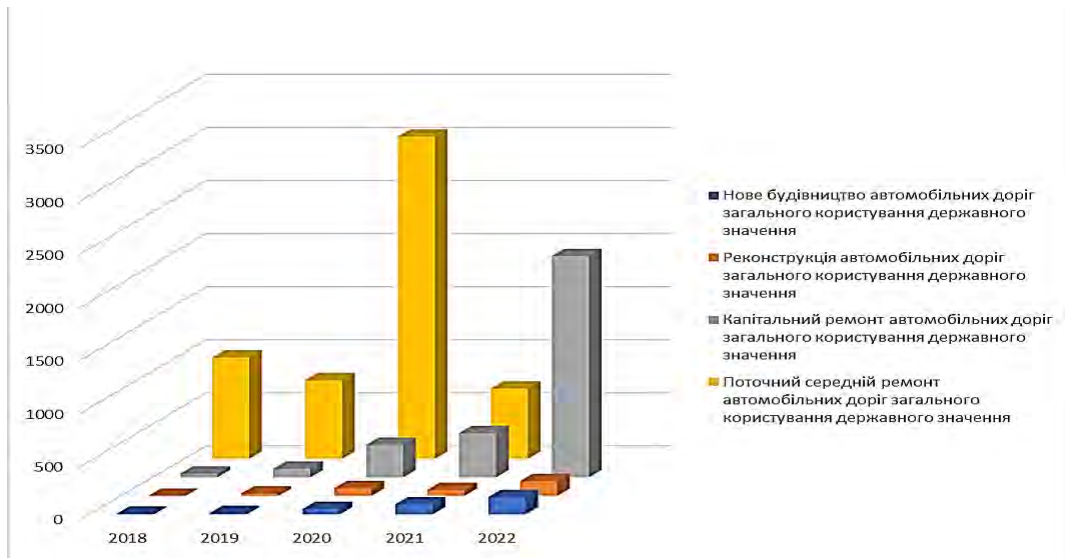


Рисунок 1.2 - Розподіл видів дорожніх робіт за роками

У державному бюджеті на фінансування програми заклали 38 млрд. грн на розвиток мережі й утримання доріг державного значення (Табл. 1. 5). [1].

Таблиця 1. 5. Прогнозні обсяги та джерела фінансування

Джерела фінансування	Обсяг фінансування, млн. гривень	У тому числі за роками				
		2018	2019	2020	2021	2022
Державний бюджет	252 131,96	26 327,77	35 983,81	96 034,98	46 132,37	47 653,04
у тому числі:						
кошти спеціального фонду	217 423,62	20 025,46	35 217,33	68 395,43	46 132,37	47 653,04
кошти загального фонду	34 708,34	6 302,31	766,48	27 639,55		
кошти міжнародних фінансових організацій	20 255,47	3 722,27	4 463,64	4 440	3 910,3	3 719,25
Інші джерела, у тому числі кошти інвесторів	100 781,31		514,1	18 043,47	36 051,17	46 172,58
Усього	373 168,74	30 050,04	40 961,55	118 518,45	86 093,83	97 544,87

Аналізуючи таблицю 1.5, можна зробити висновок, що максимальна увага приділятиметься поточному ремонту існуючої дорожньої мережі. На другому місці - капітальний ремонт. При цьому в планах на 2021-2022 роки кількість доріг, на яких буде проводитись капітальний ремонт значно зросте порівняно з попередніми роками.

Останнім часом, через значні фінансові ускладнення в державі, велику увагу приділяють ресурсо- та енергозбереженню в різних галузях державного та приватного господарства, в т. ч. і дорожньо-транспортній. Україна відноситься до енергодефіцитних країн, і задовольняє свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) за рахунок їх власного видобутку менш, ніж на 50% (Рис. 1.12) [38].

Низький рівень самозабезпечення країни продуктами нафтопереробки зумовлений моральною застарілістю технологій більшості нафтопереробних заводів (НПЗ). Відсутність модернізації потужностей спричиняє також неможливість виробляти паливо потрібних сучасних стандартів.

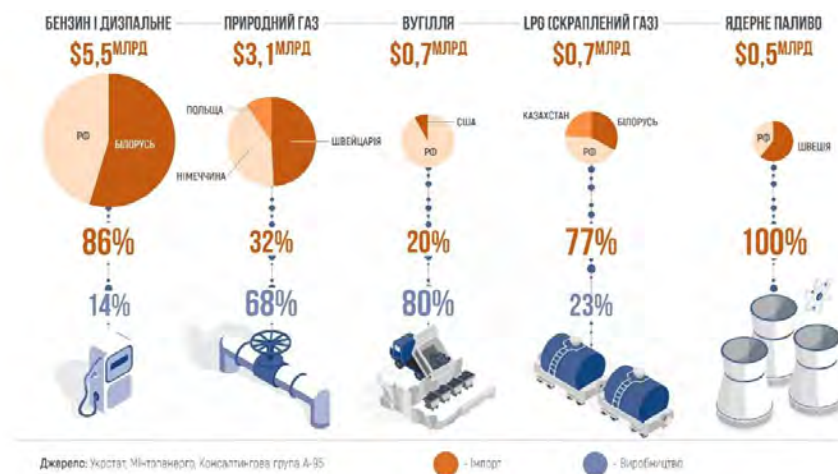


Рисунок 1.3 - Залежність України від імпорту палива (станом на 2018 р.)

Безсумнівно, що у кожній країні на різних історичних відрізках часу, підходи до оптимізації енерговитрат значно різняться. Проте за більш тривалий час формуються теоретичні обґрунтування — методології, методичні підходи,

механізми практичного втілення теоретичних і планових розробок щодо вирішення проблем певної галузі економіки.

Недостатні транспортно-експлуатаційні показники доріг зумовлюють невисоку експлуатаційну швидкість пересування ТЗ, високі витрати пально-мастильних матеріалів та високу частку транспортної складової у собівартості продукції. Собівартість перевезень у 1,5 рази, а витрати пального на 30 % перевищують аналогічні показники у розвинених зарубіжних країнах.

1.3. Напрямки наукових досліджень енергоефективності виробничих процесів

У нижченаведених підрозділах першого розділу викладено результати опрацювання автором наукового дослідження значного масиву інформації. Виконано групування та узагальнення основних теоретичних, конкретних методологічних засад та методичних підходів до вирішення проблем оптимізації виробничих процесів, розроблених науковцями у попередні роки. Основна увага приділяється енерговитратам в різних галузях економіки та шляхам їх скорочення.

Поряд з цим ефективність використання ПЕР в економіці України та соціальній сфері дуже низька. Енергоємність валового внутрішнього продукту в Україні сьогодні більше ніж вдвічі вища за енергоємність промислово розвинутих країн Західної Європи і продовжує зростати.

Закон України «Про енергозбереження» свідчить про те, що енергозбереження є пріоритетним напрямком не тільки в одній або декількох окремих галузях, але виходить на рівень державної політики України. Програма “Енергозбереження” розробляється на рівні провідних науково-дослідних інститутів, Верховної Ради України та підтримується Указами Президента України.

Широкий спектр питань енергозбереження в промисловості розглядається в монографії Ковалка М. П. та Денисюка С. П. [71].

Для енергозбереження характерна висока економічна ефективність. Витрати на тонну умовного палива, отриманого за рахунок енергозбереження, в декілька

разів менші за витрати на його видобуток чи купівлю. Тому в умовах України підвищення енергоефективності та енергозбереження стає стратегічною лінією розвитку економіки та соціальної сфери на найближчу та подальшу перспективи.

Досліджуючи стан питання, слід зазначити, що дорожнє господарство вимагає значного скорочення використання ПЕР. З метою виконання поставлених перед галуззю задач по енергозбереженню та розв'язку конфліктної ситуації, що склалась (необхідність зниження енерговживання – зростання обсягів дорожніх робіт), розробляються проекти Програм енергозбереження в дорожньому господарстві країни. В процесі розробки проектів проводиться детальний аналіз рівня і динаміки застосування ПЕР в галузі і встановлюються причини підвищеного енерговикористання в дорожньому господарстві, що дозволяє оцінити ймовірний і економічно обґрунтований потенціал енергозбереження, розробити напрямки діяльності по енергозбереженню в галузі, оцінити обсяг необхідних інвестицій, енерго-економічний та екологічний ефект від реалізації програм, розробляються системи управління програмою енергозбереження галузі.

Необхідно робити акцент на ергозбереженні, як енергоефективності - з точки зору вибору найкращих методів використання ресурсів - споживачів енергії для проведення робіт, в тому числі з будівництва та ремонту доріг. В процесі розглядаються питання сучасного стану автомобільно-дорожньої мережі України, визначаються напрямки реалізації програм енергозбереження в галузях транспорту, дорожнього будівництва і ремонту, доведено необхідність використання новітніх інформаційних та обчислювальних технологій в сфері дорожнього господарства та обґрунтований вибір критеріїв оптимальності, які використано під час проведення дисертаційного дослідження.

Енергозбереженню приділяється багато уваги в економічно розвинених країнах світу. Найбільших досягнень в енергозбереженні досягла Японія - країна, з одним з найвищих рівнів енергоефективності. Міністерство економіки, торгівлі та

промисловості - основний орган, який встановлює та оголошує основні принципи політики в даній сфері. Крім того, в Японії діє центр з енергозбереження.

Три закони: «Про раціональне використання енергії», «Про енергетичну політику» та «Про сприяння ефективному споживанню енергії» встановлюють регулювання енергоефективності та ресурсозбереження в Японії.

Франція діє на основі “Збірки законів про економію енергії” (1980 р.), Германія у побудові технологічної політики керується “Законом про економію енергії” (1979 р.).

Закон України “Про енергозбереження” визначає правові, економічні, соціальні та екологічні основи енергозбереження для всіх підприємств, об'єднань та організацій, розташованих на території України, а також для громадян.

Згідно Постанови Верховної Ради України “Про національну енергетичну програму України до 2010 року” від 15 травня 1996 року N 191/96-ВР. В 1995 р. була розроблена Комплексна державна програма енергозбереження України. Потенціал енергозбереження в Україні становив в докризовий період 40 – 45 % від енергоспоживання, а за час кризи він ще зріс.

Початком здійснення Урядом країни цілеспрямованої політики по вирішенню проблеми енергозабезпечення економіки можна вважати 1992 рік, в якому було визначено основні напрями державної енергетичної політики:

- збільшення власного виробництва енергоресурсів;
- ресурсо- та енергозбереження.

Відповідно глобальної стратегії енергозбереження політика Уряду України в сфері енергетики транспорту та дорожнього будівництва повинна розвиватись в наступних напрямках:

- розвиток виробничих потужностей для всіх типів дорожньо-транспортного обладнання;

- розвиток транспортного парку в напрямку підвищення його комфортабельності та зменшення споживання енергії на 30-50%, порівняно з існуючим на сьогодні;

- розвиток використання альтернативних джерел палива;
- удосконалення існуючої дорожньо-транспортної мережі.

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. [86] розробила методику визначення кількості шкідливих викидів та витрат палива потоками автомобілів з урахуванням рівня організації дорожнього руху на перехресті. Були виведені залежності для визначення витрат палива автомобілями k -го типу в процесі зупинки біля світлофора при роботі їх двигунів в режимі холостого ходу, витрати палива в процесі розгону автомобіля k -го типу, які зупинились біля перехрестя, сумарну витрату палива автомобілями,

які виїжджають на головну дорогу та сумарні витрати палива автомобілями k -го типу на ділянці міської вулиці, до якої підходять другорядні дороги.

В роботі Линник І. Е. [76] визначені заходи щодо зниження витрат палива та зменшення забруднюючих навколишнє середовище викидів автомобілями при русі по міським магістралям.

Питанням проектування реконструкції доріг з врахуванням аспекту енергозбереження присвячені роботи Клименко І. С. [70]. Вона розрахувала економію палива при використанні кадюїди 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 підґрунтовці 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. [102].

Питанням організації виробництва та економії матеріальних, виробничих та енергетичних ресурсів присвячені роботи Ліпського Г. Є., Дехтяр М. М. [40], Міротіна Л. Б. [84, 85], Лихоступа М. М. [77] та ін. В роботі білоруських вчених Вавілова А. В., Котлобай А. Я. та інженера Марова Д. В. [23] 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:

1. Оптимізація параметрів організації дорожньо-ремонтних робіт.
2. Оптимізація календарних планів будівництва та ремонту автомобільних доріг.
3. Оптимізація міжремонтних строків.
4. Оптимізація розміщення виробничих баз.
5. Оптимізація транспортних перевезень.
6. Оптимізація парку дорожньо-будівельних машин.

В зазначених роботах багато уваги приділяється питанням механізації виробничих процесів та максимального використання дорожніх машин та обладнання. В п.п. 4-6 вирішують основні задачі – оптимальне використання засобів транспортування дорожньо-будівельних матеріалів та формування парку машин. Основний показник оптимальності – мінімум собівартості кінцевої продукції. Незважаючи на широкий спектр проблем, що розглядаються, існує сектор організації дорожнього виробництва, на який звертається недостатньо уваги. Це – витрати ПММ механізованими бригадами та транспортом-постачальником при проведенні дорожніх робіт і шляхи їх скорочення. Задля зниження витрат фінансових, людських та часових ресурсів необхідно максимально використовувати можливості імітаційного комп'ютерного моделювання цих процесів

Важливе місце в створенні раціональної програми робіт по ремонту та утриманню автомобільних доріг відіграє удосконалення методів проектування організації дорожньо-ремонтних робіт. В умовах роботи сучасних дорожньо-

будівельних організацій, при наявності багатоміжклатурного виробництва спостерігається значне зростання об'єму вхідної інформації та залучення обчислювальної техніки та сучасних методів обробки даних для прийняття рішень. Весь процес організації виробничих процесів дорожньої галузі підпорядкований нормативним документам, а також економічному аналізу (планування робіт, управління, матеріальне та технічне забезпечення). Вивчення цього процесу доцільно вести з позиції системного аналізу. Розв'язання багатоміжкаторних та багатоміжваріантних задач стало можливим завдяки використанню математичних моделей.

Основним засобом вивчення складної системи є її математичне моделювання. Це пов'язано з тим, що експериментування в реальних умовах неможливе у зв'язку з великими фінансовими та матеріальними витратами. При моделюванні складних систем та підсистем вводять спрощення, але зберігають при цьому найбільш суттєві характеристики.

Дослідження математичних моделей оптимізації планів розподілу обмежених ресурсів виступає як використання методів пошуку максимумів та мінімумів функцій, що використовуються (вони можуть бути лінійними, нелінійними, поліноміальними, динамічними, стохастичними та ін.). Ці функції можуть описувати різні методи виконання робіт, різні схеми організації виробничих процесів, різні траєкторії руху в межах робочої зміни дорожньо-будівельної техніки та допомагати при виборі оптимальних серед них.

Основною задачею даної роботи є знаходження оптимальних організаційно-технічних схем виконання робіт, тобто визначення оптимальних параметрів при проведенні дорожньо-ремонтних робіт з точки зору енергозбереження. Розглядалась взаємодія системи «дорожньо-будівельні машини – транспорт постачальник - ТП».

Рішенням задач мінімізації витрат енергетичних ресурсів приділяється багато уваги не тільки в дорожньо-будівній галузі.

В цьому напрямку, є цілий ряд досліджень. Так, в роботі [37] описується рішення задачі оптимізації завантаження парку машин та механізмів мостобудівельної організації. Результатом розв'язання такої задачі є забезпечення максимального використання виробничої потужності мостобудівельної організації, а також виявлення потреби в оренді засобів виробництва. Ця задача розв'язується за допомогою методів лінійного програмування. Мета розв'язання цієї задачі полягає в тому, щоб забезпечити таке сполучення ресурсів, в використанні кожної одиниці з них в такому напрямку, який забезпечує найбільшу ефективність функціонування системи, яка включає в себе всі ланки виробничого процесу. Це призводить до здешевлення кінцевої продукції за рахунок економії енергетичних, матеріальних, та фінансових ресурсів.

Леонтьєв Ю. М. [75] досліджував вплив параметрів зони дорожньо-ремонтних робіт на витрати, пов'язані з проведенням робіт. Ним було розглянуто систему, що включає в себе ТЗ, що рухаються через зону ремонту та ДМ, 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. [84]. 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.

Виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок, що питанням транспортного постачання будівництва надано багато уваги в різних галузях державного будівництва. Але також спостерігається тенденція, що не береться до

уваги сам процес виконання робіт в межах робочої зони, вплив на кінцевий результат різних схем організації робіт, не враховуються більш детальні параметри організації будівництва. До них в першу чергу слід віднести довжину захватки, трудомісткість та енергомісткість робіт, стан автомобільного парку та його якість.

Економія матеріальних та фінансових ресурсів залежить від рівня механізації дорожньо-ремонтних робіт. Тому дослідниками багато уваги приділяється питанням експлуатації та обслуговування дорожньо-будівельної техніки. Основними показниками використання ДМ та механізмів є внутрішньо-змінний час та час, витрачений на передислокацію техніки з об'єкта на об'єкт. Питанням, пов'язаним з технічними характеристиками дорожньо-будівельної техніки присвячені роботи Балдінського В. Л., Зіня В. С., Кравця С. В. [21], Бузіна Ю.М.[22], Крившина А. П., Шварца А. З., Карана Є. Д. [94], Макаrchука О. І., Александрова А. Я., Бабіка Л. М. [82] та ін.

Питанням економії енергоносіїв та паливно-мастильних матеріалів присвячені роботи Гольстрема В. А. [29]. В статті Гончаренка Ф. П. [30] проведено аналіз впливу витрат ПММ на загальні державні витрати на дорожньо-транспортний комплекс.

Виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок, що питанням економії ПММ приділено недостатньо уваги. Користуючись інформацією наукових джерел, можна зробити висновки щодо основних напрямків економії паливно-мастильних матеріалів:

- використання альтернативних, більш економних видів пального (скраплений газ);
- заміна застарілого обладнання;
- розробка і впровадження нових, більш економічних видів обладнання (в тому числі багатофункціональних та комплексних), а також нових та удосконалених технологічних процесів та технологій ведення дорожньо-ремонтних робіт;

- розробка нових ресурсозберігаючих концепцій (експлуатація доріг з передбаченням пошкоджень дорожнього покриття на основі прогнозування їх появи, розвитку та накопичення);
- модернізація існуючого енергетичного та технічного обладнання;
- зниження втрат тепла;
- контроль та облік витрат палива.

Для зменшення витрат енергетичних ресурсів при проведенні дорожньо-ремонтних робіт необхідно брати до уваги технічні, технологічні та організаційні фактори. Враховуючи різноманітність номенклатури виконуваних робіт, слід виділити основний організаційний параметр, який впливає на реалізацію завдання (тобто ремонт або будівництво дороги). Крім того, цей параметр повинен бути результатом розрахунків, що залежать від технічних, технологічних, організаційних та економічних умов. Основним показником, який узагальнює всі етапи проведення робіт є довжина ЗЗ. Адже саме від неї залежить як кількість техніки, що використовується в зоні ведення робіт, так і тієї, що постачає матеріали. Заходи, пов'язані з організацією технологічних процесів мають бути спрямованими на оптимізацію довжини та кількості внутрішньозмінних захваток та прискорення темпів робіт. Це в свою чергу впливає на зменшення енерговитрат в виробничому процесі і в результаті призводить до здешевлення кінцевої продукції – ділянки дороги.

1.4. Обґрунтування критерія оптимальності

При розв'язанні задачі раціонального планування організації дорожніх робіт важливе місце займає вибір критерія оптимальності. В будівництві в якості цього критерія виступали різні показники. Наприклад, організація робіт (ритмічність, суміщення, інтенсивність, рівномірність, і т. ін.), мінімізація строків будівництва та ремонту, максимізація прибутку будівельної організації і т. д. Але, не зважаючи

на кількість таких критеріїв, основною метою їх використання є покращення показників діяльності самих будівельних організацій.

Недостатньо розглядати ремонт та будівництво доріг лише як відокремлену закриту систему, в яку входять ДМ, обслуговуючий їх персонал та дорожні робітники. Адже будівельний майданчик обслуговується автомобільним транспортом, що задіяний для постачання будівельних матеріалів та вивезення будівельного сміття з ЗР. Крім цього, ремонтні роботи в основному ведуться без повного перекриття проїзної частини. В цьому випадку виконанню робіт перешкоджає безперервний рух ТЗ. В таких умовах перетинаються інтереси двох галузей - транспортної та дорожньої. Тому для збільшення ефекту від впровадження організаційних заходів, розроблених науковцями, необхідно застосувати такі критерії оптимальності, які б враховували інтереси обох сторін.

В роботі Содикова Ж. І. [110] визначаються транспортно-експлуатаційні витрати в залежності від рівності покриття. І одним з показників, що досліджуються, є витрати палива різними типами ТЗ. Адже, за дослідженнями Barnes, G. та Langworthy, P. [2] витрати на паливо в залежності від рівності покриття, складають 16-18%, що є значною часткою. При цьому, витрати на ремонт та утримання ТЗ 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. [32]. При оптимізації робіт за цим критерієм в якості правил взаємодії можуть бути прийняті:

- зменшення числа переходів бригад і машин з об'єкта на об'єкт в процесі виконання робіт;
- зменшення кількості організаційних перерв при використанні робочих та машин;
- повне завантаження у відповідності з продуктивністю бригад і машин;
- забезпечення достатнім фронтом робіт;
- забезпечення однорідною за технологією роботою;

- інтенсифікація використання робочого часу в межах доби.

Ці правила можуть бути прийняті і при проектуванні організації дорожньо-ремонтних робіт за критерієм енерговитрат.

В напрямку використання в якості критерія оптимальності сумарних енерговитрат працювали Лукашин В. Н. та Трофименко Ю. В. [72]. За цим критерієм було розроблено математичні та імітаційні моделі, за допомогою яких оцінювалось використання палива одиночних ТЗ (ОТЗ), ТП на ділянках автомагістралі, а також використовувались дані про енерговитрати при проведенні дорожньо-ремонтних робіт. Використовувався енергетичний критерій, що відображав зміну в часі стану дорожнього покриття і стану ТП та інтенсивності руху на ділянці дороги, що розглядалась.

В цій роботі автори обґрунтовують залежність використання енергії ДМ при будівництві та ремонті доріг від стану верхнього шару дорожнього одягу – E_d . Функцією енерговитрат слугує:

$$E_d = f(B_r, Y_d, K, B_b, L, T), \text{ МДж} \quad (1.1)$$

- де B_r - характеристика ґрунта (основи дороги);
 Y_d - питоме енерговикористання при заміні верхнього шару дорожнього покриття, МДж/(ч*км);
 K - природно-кліматичні фактори;
 B_b - характеристика дорожнього одягу (товщина шару різних матеріалів);
 L - довжина ділянки, км;
 T - строк дії будівельного потоку.

Енерговитрати, що пов'язані з рухом ТП на ділянці дороги з врахуванням зміни якості дорожнього покриття в період експлуатації (E_p) виражаються функцією:

$$E_p = f(Y, N, Q, S), \text{ МДж} \quad (1.2)$$

- де Y - питоме енерго(паливо)-використання ТП на ділянці дороги, МДж/ч;
 $Y = f(N, Q, S)$, МДж/(ч*км);

- N - інтенсивність руху;
 Q - шляхові витрати палива, що залежать від багатьох факторів, в т. ч. від якості дорожнього покриття, що змінюється в процесі експлуатації дороги, МДж(кг)/км;
 S - склад ТП.

Проводячи аналіз процесів, що мають місце в зоні ремонту (ЗР), слід визначити, що ремонт доріг виконується, в основному, без закриття руху ТП. Для ефективного проведення ремонтних робіт необхідне безперебійне постачання будівельними матеріалами. Враховуючи це, для дослідження енерговитрат, можна виділити таку систему: енерговитрати в зоні ремонту ($E_{зр}$) – енерговитрати ТЗ, що доставляють будівельні матеріали в зону ремонту ($E_{тб}$).

Витрати ПММ вантажних автомобілів та АС, що обслуговують зону ремонту (ЗР) можна описати функцією:

$$E_{тб}=f(L_k, v_{тб}, N_e) \quad (1.3)$$

де L_k – відстань перевезення, км;
 $v_{тб}$ – середня швидкість руху, км/год;
 N_e – ефективна потужність двигуна, Вт.

Під відстанню перевезення може виступати як довжина траєкторії руху ТЗ, необхідної для доставки дорожньо-будівельних матеріалів, так і відстань, на яку вивозиться сміття з будівельного майданчика – в залежності від стадії робіт.

Розглядаючи ЗР з точки зору взаємодії ДМ всередині будівельного (або ремонтного майданчика), функцію енерговитрат можна визначити як:

$$E_{зр}=f(K, k, v_{зр}, L_z, n_{см}, N_e) \quad (1.4)$$

де K – кількість типів ДМ;
 k – кількість ДМ одного типу, шт;
 $v_{зр}$ - швидкість руху ДМ, км/год;
 L_z - довжина захватки, м;
 $n_{см}$ - кількість смуг укладання (в даній роботі термін „СУкл” пропонується використовувати для визначення ділянки дороги, яку АУ покриває шаром покриття перед переходом на іншу протягом зміни, шт;
 N_e – ефективна потужність двигуна, Вт.

ДМ є основними споживачами енергетичних ресурсів. Вони виступають не тільки в якості виробничого ресурсу, але і самі використовують ресурси (трудові та енергетичні). Від стану дорожньої техніки і оптимальності її використання залежить енергоефективність паливних енергетичних ресурсів. Тобто кількість кінцевої продукції (дорожнього полотна) напряму не залежить від кількості використаних первинних енергетичних ресурсів. Якщо брати за зразок трансформування енергії палива в економічний результат від проведення дорожніх робіт, цей процес обумовлюється продуктивністю механізму. А продуктивність може бути виражена через одиницю роботи в одиницю часу. У відповідності з встановленою продуктивністю, механізм виконує певну кількість відповідної роботи, яка характеризує економічний результат.

На основі вищевизначеного, можна сформулювати робочу гіпотезу: при будь-якому сполученні дорожньо-будівельної техніки з правильно підібраними організаційно-технічними параметрами існує можливість мінімізації витрат ПММ, що приводить до підвищення енергоефективності як дорожньої техніки в зоні ремонту так і транспортними потоками, що рухаються повз зону ремонту. У подальших розділах дисертаційного дослідження будуть висвітлені наукові підходи до визначення критеріїв оптимізації довжини та кількості внутрішньо-змінних захваток і прискорення темпів робіт, за рахунок оптимізації наявного складу механізованих бригад.

Висновки по розділу 1

1. Аналіз існуючих інформаційних технологій показав, що їх застосування в дорожньо-транспортному комплексі потребує подальшого розвитку і актуалізації. Необхідне застосування динамічних баз даних стану автохляхів і штучних споруд і актуалізації їх наповнення.

2. 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.

3. Відсутні програмні комплекси, які дозволили б засобами телематики організовувати та корегувати хід виробничих процесів в он-лайн режимі під час проведення дорожніх робіт.

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

5. 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 ПММ як ДМ, так і ТП. Це відповідає інтересам як дорожньої, так і транспортної галузі.

6. Витрати ПММ автомобілями, які обслуговують ремонтні (або будівельні) роботи слід включати в систему $E_{зр}-E_{тб}$. Це суттєво впливає на собівартість кінцевої продукції. Критерій енергоефективності може виступати в якості універсального як для ЗР так і ТП.

РОЗДІЛ 2

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ В ЗОНІ РЕМОНТУ

2.1. Структура інформаційної моделі розрахунку енергоефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт.

Побудована інформаційна модель методу управління енергоефективністю через визначення оптимальних довжин замінних захваток і складу механізованої бригади відображена на Рисунку 2.1. В подальшому вона реалізовується в програмному комплексі, розробленому в VBA для MS Excel 2019 на основі математичних моделей визначення витрат палива ДМ, АС та ТП.

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

Основна форма UserForm1 є керуючою для бази даних оцінки енергоефективності ДМ та АС, які працюють в зоні ремонту та ТП, що рухається через зону ремонту. Вона містить об'єкти: елементи керування, які дозволяють виконувати навігацію по іншим формам, які містять вихідні дані з технічними та технологічними характеристиками суб'єктів ЧЕ; форми, в які виводяться результати числових експериментів в числовому та графічному вигляді.

В розроблені базі даних DatabaseDM діапазони з вихідними даними, в які користувач може вносити дані, є незахищеними, а інші в яких знаходяться формули математичних моделей – захищені і право доступу може мати лише адміністратор.

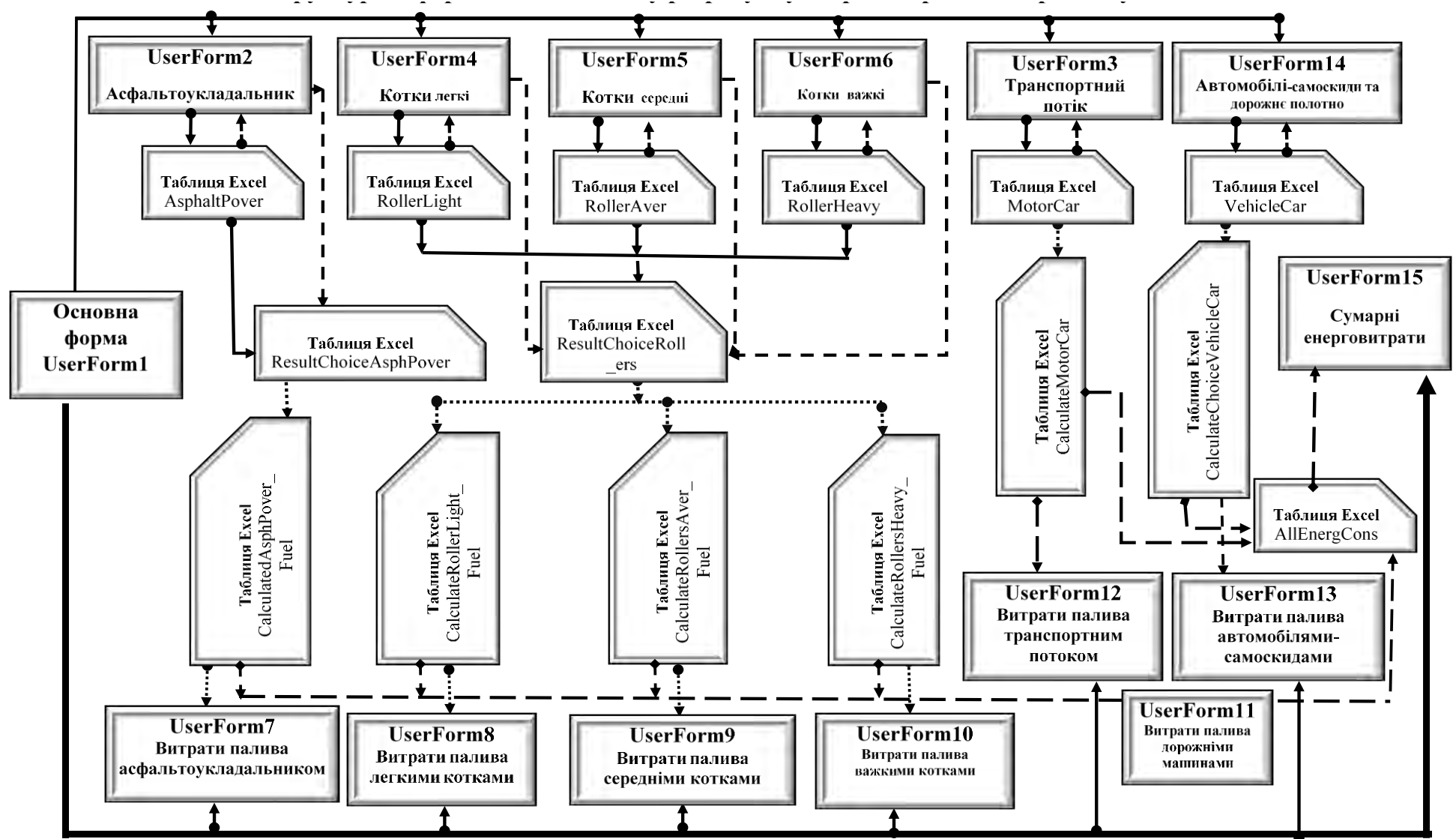


Рисунок 2.1 – Структура інформаційного потоку розрахунку енерговитрат в зоні ремонту

Перед першим запуском програми необхідно на диску “D” комп’ютера користувача створити папку “Charts”, а в ній – папки, в які будуть записуватись рисунки, створені за допомогою макросів з графіків, отриманих в результаті виконання ЧЕ розрахунку витрат палива з технічними і технологічними характеристиками АУ; легких, середніх та ВК, АС та ТП (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Назви папок для розміщення графіків з аркушів MSExcel

№ з/п	Найменування папки	Вміст рисунка
1.	Charts_asph_pover	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення індивідуальних витрат палива АУом в залежності від довжини ЗЗ
2.	Charts_aver_roller	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення витрат палива протягом зміни СК в залежності від довжини ЗЗ
3.	Charts_dump_track	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення витрат палива протягом зміни АС в залежності від довжини ЗЗ
4.	Charts_heavy_roller	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення витрат палива протягом зміни важкими котками в залежності від довжини ЗЗ
5.	Charts_light_roller	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення витрат палива протягом зміни ЛК в залежності від довжини ЗЗ
6.	Charts_summary_fuel	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення сумарних витрат палива протягом зміни ДМ, АС та ТП в залежності від довжини ЗЗ
7.	Charts_transp_flow	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення витрат палива протягом зміни ТП в залежності від довжини ЗЗ
8.	Charts_work_mash	Графічне відображення результатів числового експеримента визначення витрат палива протягом зміни ДМ в залежності від довжини ЗЗ

На рисунку 2.2 та в таблиці 2.2 відображені інтерфейс основної форми UserForm1 та наведено зв'язок через кнопки керування – об'єкти CommandButton з іншими формами програмного комплексу. Програма з процедурами надана в Додатку Б.

The screenshot displays the UserForm1 interface, which is divided into three main sections:

- Введення вихідних даних (Input of output data):** This section contains a list of input categories, each with a 'Перейти' (Go) button:
 - Асфальтоукладальники (Asphalt pavers)
 - Котки легкі (Light rollers)
 - Котки середні (Medium rollers)
 - Котки важкі (Heavy rollers)
 - Транспортні засоби (Transport vehicles)
 - Дорожнє полотно (Road surface)
 - Автомобілі-самоскиди (Self-unloading trucks)
- Результати числових експериментів (Results of numerical experiments):** This section displays the results of calculations for each input category, with a 'Перейти' (Go) button next to each result:
 - Витрати палива асфальтоукладальником (Fuel consumption of asphalt paver)
 - Витрати палива легкими котками (Fuel consumption of light rollers)
 - Витрати палива середніми котками (Fuel consumption of medium rollers)
 - Витрати палива важкими котками (Fuel consumption of heavy rollers)
 - Сумарні витрати палива дорожніми машинами (Total fuel consumption of road machines)
 - Витрати палива Транспортними засобами (Fuel consumption of transport vehicles)
 - Витрати палива автомобілями-самоскидами (Fuel consumption of self-unloading trucks)
- Підсумки (Summary):** This section shows the final result:
 - Загальні витрати палива в зоні ремонту (Total fuel consumption in the repair zone)
 - Перейти (Go)
 - Вихід (Exit)

Рисунок 2.2 - Інтерфейс форми UserForm1 для навігації програмним комплексом

В форму UserForm2 експортуються дані з аркуша «AsphaltPaver» та вводиться вручну кількість АУ, залучених згідно технологічних карт.

Аркуш «AsphaltPaver» містить вихідну інформацію про наступні технічні та технологічні характеристики наявних АУ: об'єм бункера-приймача, т; продуктивність, т/год; мінімальна швидкість робочого ходу, м/хв; максимальна швидкість робочого ходу, м/хв; мінімальна швидкість холостого ходу, м/хв; максимальна швидкість холостого ходу, м/хв; мінімальна ширина СУкл, м; максимальна ширина СУкл, м; номінальна потужність двигуна, кВт; норма витрат палива, кг/маш.год; норма витрат палива, л/маш.год. В даній роботі використовуються для ЧЕ наступні моделі АУ: VOLVO Titan-325; VOLVO Titan-326; Vogele Super 1800; Vogele Super 1900; Vogele Super2100. Таблиця даних надана в Додатку Г. Всі дані виводяться в об'єкти UserForm2 (Рисунок 2.3):

Таблиця 2.2 - Зв'язок основної форми UserForm1 з іншими формами програмного комплексу

№	Назва підпорядкованої форми	Завдання для обробки	Об'єкт та процедура переходу
1.	UserForm2	Перехід до форми з об'єктами для введення даних по асфальтоукладальникам	GoToAsphaltPover_Click()
2.	UserForm3	Перехід до форми з об'єктами для введення структури транспортного потоку	TransportFlow_Click()
3.	UserForm4	Перехід до форми з об'єктами для введення даних по Коткам легким	GoToRollerLight_Click()
4.	UserForm5	Перехід до форми з об'єктами для введення даних по Коткам середнім	AverRoller_Click()
5.	UserForm6	Перехід до форми з об'єктами для введення даних по Коткам важким	HeavyRoller_Click()
6.	UserForm7	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів по витратам палива асфальтоукладальником	CommandButton7_Click()
7.	UserForm8	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів по витратам палива котками легкими	CommandButton8_Click()
8.	UserForm9	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів по витратам палива котками середніми	CommandButton9_Click()
9.	UserForm10	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів по витратам палива котками важкими	CommandButton10_Click()
10.	UserForm11	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів по сумарним витратам палива дорожніми машинами	CommandButton11_Click()
11.	UserForm12	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів по сумарним витратам палива транспортними засобами транспортного потоку	CommandButton13_Click()
12.	UserForm13	Перехід до форми з об'єктами для виведення результатів розрахунків витрат палива автомобілями-самоскидами	CommandButton14_Click()
13.	UserForm14	Перехід до форми з об'єктами для виведення властивостей дорожнього полотна	RepairArea_Click()
14.	UserForm15	Перехід до форми з об'єктами для виведення розрахунків витрат палива в зоні ремонту	CommandButton15_Click()

Рисунок 2.3 - Зовнішній вигляд форми UserForm2 для введення і виведення технічних і технологічних параметрів АУ

Тип та модель машини обираються в випадіючому списку в об'єкті ComboBox1. Кількість АУ, що використовуються протягом зміни, вводиться користувачем вручну в об'єкт Label11. Інші параметри вводяться в об'єкти TextBox з таблиці MS Excel «AsphPaver» в залежності від обраної марки машини.

Об'єкти CommandButton дозволяють керувати базою даних – переходити між формами та виходити з програмного комплексу – в таблиці 2.3.

В таблицю «ResultChoiseAsphPaver» записуються дані про обрану машину.

Таблиця 2.3 – Елементи керування CommandButton для форми UserForm2

№ з/п	Назва об'єкта	Дії
1.	cbtExit_Click()	Вихід з програми та оновлення комірки B1 листа "ResultChoiseAsphPaver"
2.	cbtDataDownload_click()	Введення даних з таблиці «AsphaltPaver» в TextBox
3.	cmbGoToGeneral_Click()	Перехід до основної форми UserForm1
4.	cbtGoTo3_Click()	Перехід до наступної форми User Form4

Процедури, застосовані в основному модулі UserForm2 надано в Додатку Б. Аркуш MS Excel «RollerLight» містить вихідну інформацію про наступні технічні та технологічні характеристики наявних ЛК: модель машини; маса, кг; мінімальна швидкість робочого ходу, км/год; максимальна швидкість робочого ходу, км/год; мінімальна швидкість холостого ходу, км/год; максимальна швидкість холостого ходу, км/год; номінальна потужність двигуна, кВт; норма витрат палива, кг/маш.год; норма витрат палива, л/маш.год; довжина бази котка, м. Всі дані виводяться в об'єкти UserForm4 (Рисунок 2. 4).

Котки легкі

Технічні характеристики котка		Енергетичні характеристики котка		Ввести вручну!	
Марка машини	Атман AV 16-2k	Номінальна потужність двигуна	13,2	Кількість машин	3
Ширина смуги уніфікації, м	0,94	Норма витрат палива, кг/маш.год	1,55	Кількість проходів	6
Маса, т	1450	Норма витрат палива, л/маш.год	1,8		
База котка, м	2,6				
Швидкісні характеристики котка		Керування базою даних			
Мінімальна швидкість холостого руху	5	До основної форми			
Максимальна швидкість холостого руху	7	До наступної форми			
Мінімальна швидкість робочого руху	2	Розрахунки			
Максимальна швидкість робочого руху	9	Вихід			

Рисунок 2.4 – Інтерфейс форми UserForm4 для введення і виведення технічних і технологічних параметрів ЛК

При активізації форми відображається об'єкт MsgBox з поясненням дій користувача по внесенню даних в форму (Рисунок 2. 5):

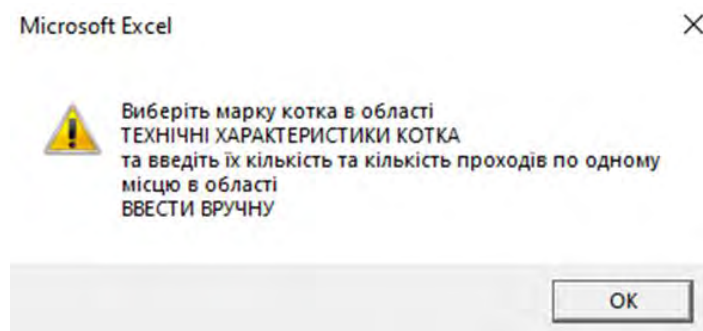


Рисунок 2. 5 - Повідомлення про введення даних користувачем вручну

Тип та модель машини обираються в випадковому списку в об'єкті ComboBox1. Кількість ЛК, що використовуються протягом зміни, вводиться користувачем вручну в об'єкт TextBox9, кількість проходів по одному сліду - в об'єкт TextBox11. Інші параметри вводяться в об'єкти TextBox з таблиці MS Excel «RollerLight» в залежності від обраної марки машини.

В даній роботі використовуються для ЧЕ наступні моделі ЛК: JCB VMT 260-120, Ammann AV 16-2k, PASCAT RC-13 DD-01.

Об'єкти CommandButton дозволяють керувати базою даних – переходити між формами та виходити з програмного комплексу (Таблиця 2.4).

В аркуш «ResultChoiseAsphPaver» записуються дані про обрану машину.

Таблиця 2. 4 - Призначення об'єктів CommandButton форми UserForm2

№ з/п	Назва об'єкта	Дії
1.	CommandButton2_Click()	Вихід з програми та оновлення комірки B1 листа "ResultChoiceRollers"
2.	CommandButton3_Click()	Введення даних з таблиці «RollerLight» в TextBox
3.	CommandButton1_Click()	Перехід до основної форми UserForm1
4.	CommandButton4_Click()	Перехід до наступної форми User Form5

Процедури, застосовані в основному модулі UserForm2 надано в Додатку Б.

При переході користувача без внесених у відповідні об'єкти числових даних, з'являється об'єкт MsgBox з повідомленням про необхідність їх внесення (Рисунок 2. 6). Процедури, застосовані в основному модулі програми UserForm2 надано в Додатку Б.

Аркуші MS Excel «RollerAver», «RollerHeavy» та форми UserForm5, UserForm6 мають структуру та містять вихідну інформацію як для ЛК і наведені в Додатку А.

В даній роботі використовуються для ЧЕ наступні моделі СК: YZC 84, ДУ-96 та ВК: HAMM HD 110, Hamm GRW 15, ДУ-100, ДУ-84.

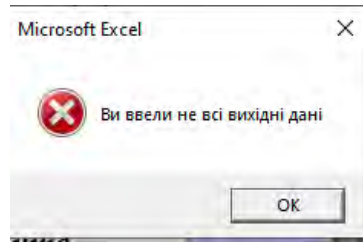


Рисунок 2. 6 - Повідомлення про те, що введені не всі вхідні данні

Користувач може ввести в базу ДМ, які є в наявності на підприємстві. Це виконується на листах: для АУів – «AsphaltPaver»; для ЛК – «RollerLight», для СК – «RollerAver», для ВК – «RollerHeavy». При запуску програми вони будуть автоматично вноситись в об'єкти ComboBox відповідних форм. В подальшому вибираються з випадаючих списків, опрацьовуються в аркушах MS Excel і виводяться в відповідні форми.

Після ручного введення даних в форми UserForm2, UserForm4, UserForm5, UserForm6 числові значення кількості ДМ та проходів по одному сліду експортуються в аркуші MS Excel «ResultChoiseAsphPaver» – для АУ та «ResultChoiceRollers» - для котків всіх типів. Якщо користувач ввів не всі значення в об'єкти, виводиться повідомлення в MsgBox (Рисунок 2.6).

В формі UserForm3 (Рисунок 2. 7) виводяться значення долі ТЗ – легкових автомобілів, вантажних автомобілів та автобусів в складі ТП в об'єкти TextBox1, TextBox2, TextBox3. Дані імпортуються з аркуша «MotorCar», діапазону Р4:Р6.

При необхідності є можливість внесення в програму коректив з метою зміни інформаційного потоку інформаційної моделі і введення вручну долі ТЗ з подальшим експортом в таблицю на листі MS Excel.

Аркуш «MotorCar» містить наступні вхідні дані (технічні характеристики ТЗ): тип ТЗ; постійні коефіцієнти А, В, С; максимальна швидкість руху ТЗ в км/год та м/с; середня швидкість руху в км/год та м/с; габарити ТЗ, м (ширина та висота); обчислюється лобова площа, м²; індикаторний ККД; передаточне число головної передачі; маса ТЗ, т, Н; доля ТЗ в транспортному потоці; постійна величина; передаточне число коробки передач при різних швидкостях руху.



Рисунок 2.7 - Інтерфейс форми UserForm3 для виведення долі різних типів ТЗ в транспортному потоці

Числові експерименти, які виконуються на аркуші «MotorCar» та їх результати описані в розділах 3 та 4, а програмний модуль наведено в Додатку Б.

В формі UserForm14 (Рисунок 2. 8) відображаються дані щодо моделі (в об'єкти TextBox1, TextBox2, TextBox3) і вантажопідйомності (TextBox4, TextBox5, TextBox6) АС, дальності транспортування (TextBox7) асфальтобетонної суміші та конструктивних характеристик дорожнього полотна: висота шару асфальтобетону (TextBox8) та ширина СУкл (TextBox9).

Інші технічні характеристики АС знаходяться в таблиці на аркуші «DumpTruks». В програмному комплексі, побудованому на підґрунті вимог математичної моделі використовуються характеристики наведені в Таблиці 2.5.

При необхідності користувач може внести в базу АС, що використовуються на підприємстві.

Технічні характеристики автомобілів-самоскидів

Модель	ЗІЛ 45021	КАМАЗ-65115	КрАЗ-С20	Дальність транспортування
Вантажопідйомність	6	14,5	20	7

Характеристики конструктивних елементів дороги

Висота шару асфальтобетону	0,05
Ширина смуги укладання	7,5

До основної форми

До форми з сумарними витратами

Рисунок 2.8 - Інтерфейс форми UserForm14

Таблиця 2. 5- Технічні характеристики АС

Характеристика	ЗІЛ 45021	КАМАЗ-65115	КрАЗ-С20
Вантажопідйомність автосамоскида, т	6	14,5	20
Дальність транспортування матеріалу за різних умов руху (по ґрунтових дорогах та дорогах із твердим покриттям), км;	7	7	7
Середня робоча швидкість руху за різних дорожніх умов, км/год (при відстані перевезення до 1 км швидкість руху знижується на 20%);	60	70	70
Час навантаження й розвантаження автомобіля, год	0,15	0,2	0,2
Базова лінійна норма витрата палива, л/100 км	18	32,2	40
тривалість робочої зміни, год;	8		
коефіцієнт використання робочого часу	0,85		
коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,9		

Для зручності візуального сприйняття користувача об'єкти, що стосуються АС, розташовані в об'єкті Frame2; конструктивних властивостей покриття - в об'єкті Frame3.

Елементи керування – CommandButton1 при натисканні дозволяє перейти до основної форми, а Command Button2 – до форми з виведенням сумарних витрат палива.

Після обміну вихідними даними між формами і листами MS Excel, формуванні нових таблиць з обраними ДМ (ResultChoiseAsphPaver – для АУ та ResultChoiceRollers – для котків) проводиться обробка даних, виконуються числові експерименти за математичними моделями, описаними в розділі 2.2.

Інформаційні потоки даних між аркушами MS Excel налаштовані наступним чином з аркуша – донора з вихідними даними до аркуша - реципієнта, на якому виконуються числові експерименти. В залежності від етапу числового експеримента аркуш донор може ставати аркушем-реципієнтом і навпаки. На Рисунку 2.9 наведені всі аркуші MS Excel програмного комплексу. Опис зв'язків між аркушами наведено в Таблиці 2.6.

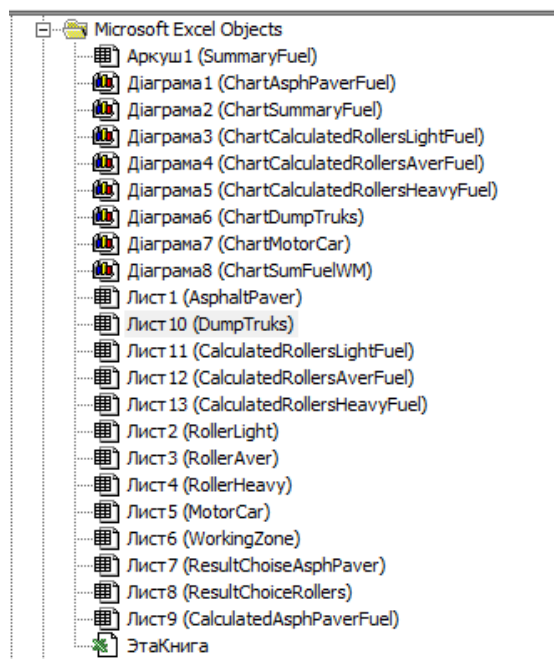


Рисунок 2.9 – Аркуші MS Excel програмного комплексу

Таблиця 2.6. Схема обміну інформацією між аркушами-донорами та аркушами-реципієнтами

№ з/п	Ім'я аркуша-донора	Ім'я аркуша-реципієнта	Дані, що передаються
1.	AsphaltPaver	ResultChoiseAsphPaver	Експорт технічних і технологічних характеристик обраної в UserForm2 моделі асфальтоукладальника
2.	ResultChoiseAsphPaver	CalculatedAsphPaverFuel	Експорт технічних і технологічних характеристик АУа для виконання ЧЕ
3.	RollerLight RollerAver RollerHeavy	ResultChoiceRollers	Експорт технічних і технологічних характеристик котків обраних типів для виконання ЧЕ
4.	ResultChoiceRollers	CalculatedRollersLightFuel CalculatedRollersAverFuel CalculatedRollersHeavyFuel	Експорт технічних і технологічних характеристик котків обраних типів для виконання ЧЕ
5.	WorkingZone	DumpTruks	Експорт конструктивних характеристик дорожнього полотна для розрахунку змінних об'ємів асфальтобетонної суміші, необхідної для безперебійної роботи механізованої бригади та кількості АС.
6.	CalculatedAsphPaverFuel CalculatedRollersLightFuel CalculatedRollersAverFuel CalculatedRollersHeavyFuel DumpTruks MotorCar	SummaryFuel	Експорт результатів обчислення витрат палива, отриманих після ЧЕ
7.	CalculatedAsphPaverFuel	ChartAsphPaverFuel	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з технічними і технологічними характеристиками АУа

8.	CalculatedRollersLightFuel	ChartCalculatedRollersLightFuel	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з технічними і технологічними характеристиками ЛК
9.	CalculatedRollersAverFuel	ChartCalculatedRollersAverFuel	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з технічними і технологічними характеристиками СК
10.	CalculatedRollersHeavyFuel	ChartCalculatedRollersHeavyFuel	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з технічними і технологічними характеристиками ВК
11.	SummaryFuel	ChartSumFuelWM	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з технічними і технологічними характеристиками ДМ в зоні ремонту
12.	DumpTruks	ChartDumpTruks	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з технічними і технологічними характеристиками АС
13.	MotorCar	ChartMotorCar	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з ТП в залежності від його складу
14.	SummaryFuel	ChartSummaryFuel	Експорт даних для побудови графіку витрат палива на основі ЧЕ з всіма учасниками роботи системи ЗР: ДМ, АС та ТП.

Результати ЧЕ виводяться з аркушів MS Excel в числовому та графічному вигляді в форми UserForm7 – UserForm13, UserForm15.

В об'єкти форми UserForm7 (Рисунок 2.10) виводяться результати ЧЕ з технічними характеристиками АУ. Числові дані експортуються з аркуша «CalculatedAsphPaverFuel» в об'єкти, а графік - з аркуша «ChartAsphPaverFuel».

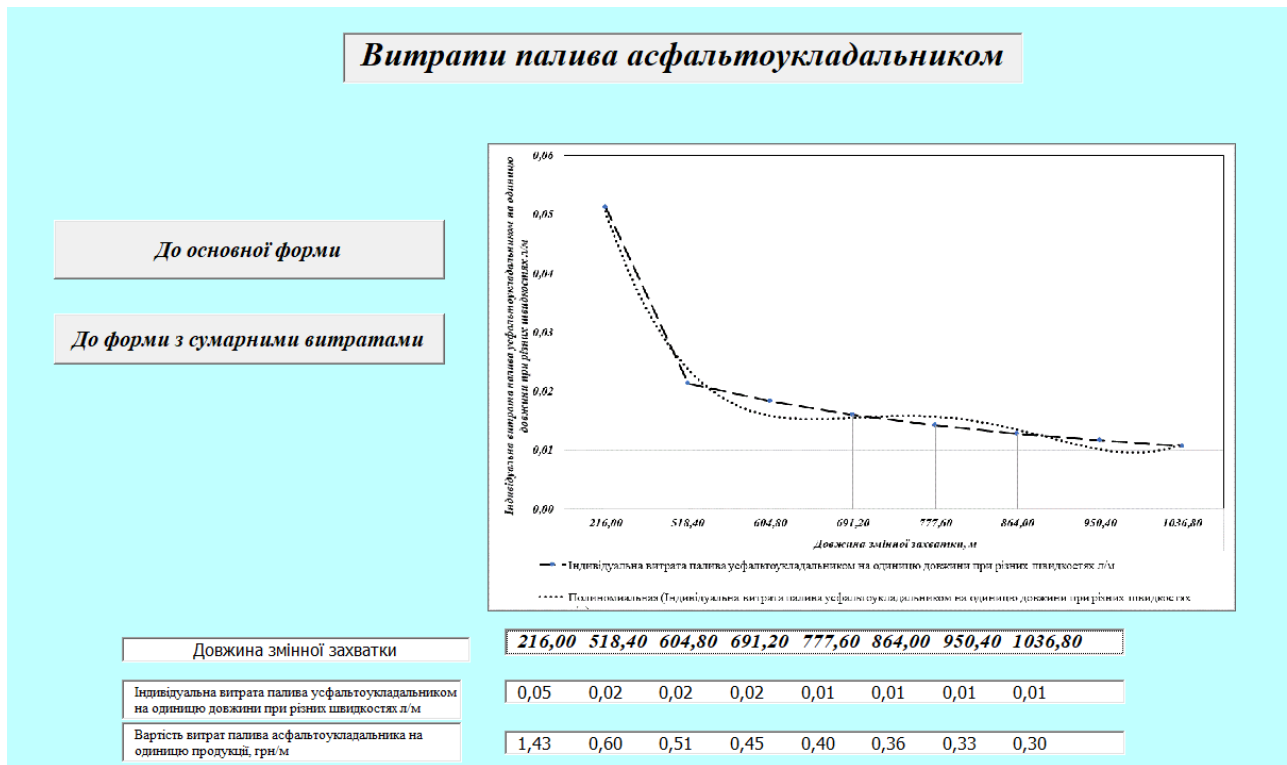


Рисунок 2.10 – Інтерфейс форми з виведенням результатів ЧЕ, UserForm7

Числові значення імовірних довжин захваток виводяться в об'єкті ListBox1, Індивідуальні витрати палива – в ListBox2, вартість витрат палива АУ на одиницю продукції (грн./м.пог) – в ListBox3 (процедура – на Рисунку 2.11), графік – в Image1. Для того, щоб вставили графік з аркуша MS Excel в об'єкт Image1, його за допомогою макросу «SaveSelectedChartAsImage1()»:

```
Sub SaveSelectedChartAsImage1()
```

```
Charts(1).Export "D:\Charts\Charts_asph_pover\Chart_asph_pover.gif"
```

```
End Sub
```

було імпортовано в папку D:\Charts_asph_pover, а потім в основній програмі форми UserForm7 прописано процедуру завантаження (Рисунок 2.11).

```

Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графік MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage1
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку для присвоєння об'єкту Image
UserForm7.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_asph_pover\Chart_asph_pover.gif")
With UserForm7.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedAsphPaverFuel!G19:n19"
End With
With UserForm7.ListBox2
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedAsphPaverFuel!G20:n20"
End With
With UserForm7.ListBox3
'задаємо кількість стовпців|
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedAsphPaverFuel!G22:n22"
End With
End Sub

```

Рисунок 2.11 - процедура імпортування числових даних та графіку результату ЧЕ в форму UserForm7

В об'єкти форми UserForm8 (Рисунок 2.12) виводяться результати ЧЕ з технічними характеристиками ЛК. Числові дані експортуються з аркуша «CalculatedRollersLightFuel» в об'єкт ListBox1, а графік з аркуша «ChartCalculatedRollersLightFuel» в об'єкт Image1. Методика заповнення об'єктів ідентична для АУ. Макрос модуля – в Додатку Б, процедура основної програми – в Додатку В.

Аналогічно до виведення результатів ЧЕ з технічними і технологічним характеристиками ЛК відбувається виведення результатів для середніх і ВК. Зовнішній вигляд форми наведено в Додатку А, макроси модулів – в Додатку В, процедури основної програми форми – в Додатку Б. Опис результатів роботи математичної моделі – в розділі 3.

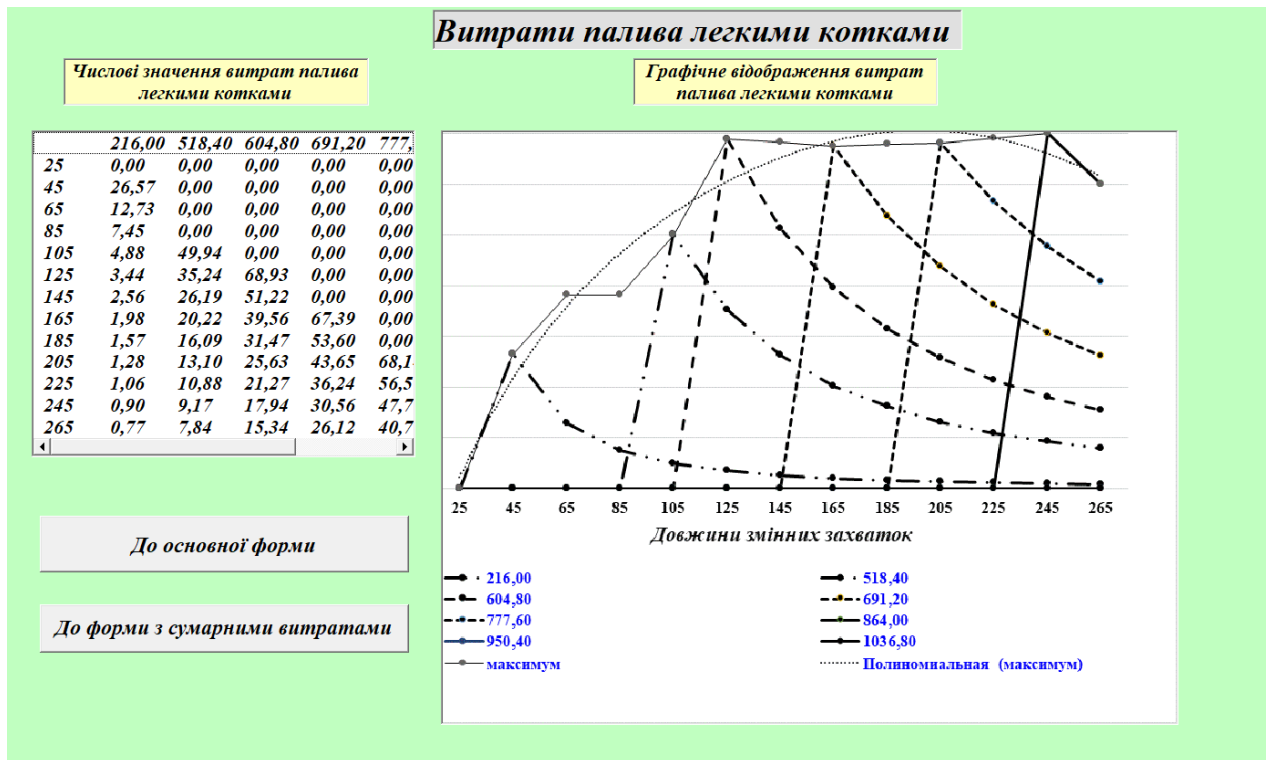


Рисунок 2.12 - Інтерфейсформи UserForm8, виведення результатів ЧЕ для ЛК

Сумарні витрати палива дорожніми машинами в числовому та графічному форматі виводяться в форму UserForm11. Результати ЧЕ експортуються з аркуша «SummaryFuel» програмним модулем, наведеним в Додатку Б. Методика виведення графіка в об'єкт Image1 аналогічна попереднім. Макрос модуля виведення графіка з аркуша «ChartSumFuelWM» - в Додатку В.

Сумарні витрати палива ТП в числовому та графічному форматі виводяться в форму UserForm12 (Рисунок 2.14). Результати ЧЕ експортуються з аркуша «SummaryFuel» програмним модулем, наведеним в Додатку Б. Методика виведення графіка в об'єкт Image1 аналогічна попереднім. Макрос модуля виведення графіка з аркуша «ChartMotorCar» - в Додатку В.

Витрати палива АС в числовому та графічному форматі виводяться в форму UserForm13 (Рисунок 2.15). Результати ЧЕ експортуються з аркуша «SummaryFuel» програмним модулем, наведеним в Додатку Б. Методика виведення графіка в об'єкт Image1 аналогічна попереднім. Макрос модуля виведення графіка з аркуша «ChartDumpTruks» - в Додатку В.

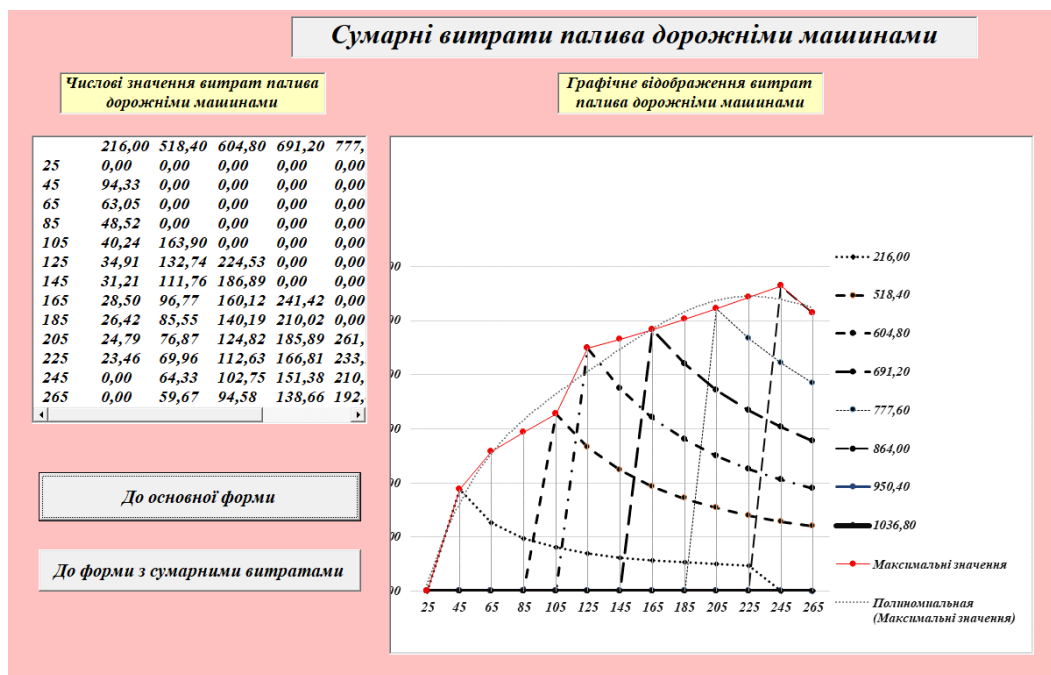


Рисунок 2.13 - Інтерфейс форми UserForm11, сумарні витрати палива ДМ



Рисунок 2.14 - Інтерфейс форми UserForm12, витрати палива транспортними засобами

Сумарні витрати палива ДМ, АС та ТП в числовому та графічному форматі виводяться в форму UserForm15 (Рисунок 2.16). Результати ЧЕ експортуються з аркуша «SummaryFuel» програмним модулем, наведеним в Додатку Б. Методика виведення графіка в об'єкт Image1 аналогічна попереднім. Макрос модуля виведення графіка з аркуша «ChartSummaryFuel» - в Додатку В.

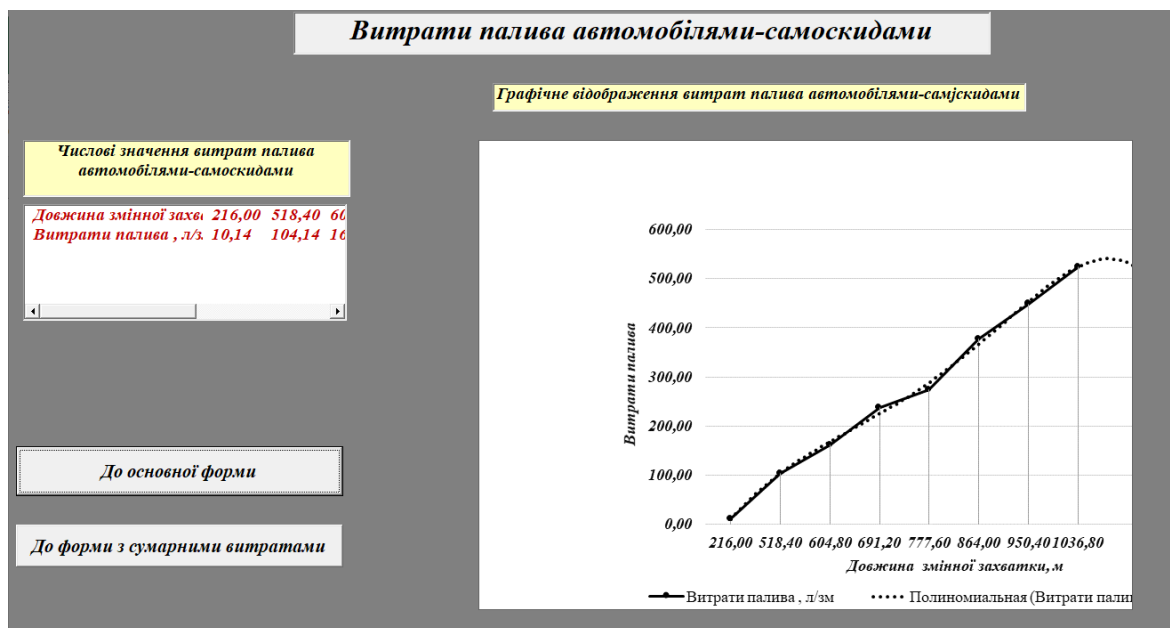


Рисунок 2.15 - Інтерфейс форми UserForm13, витрати палива АС

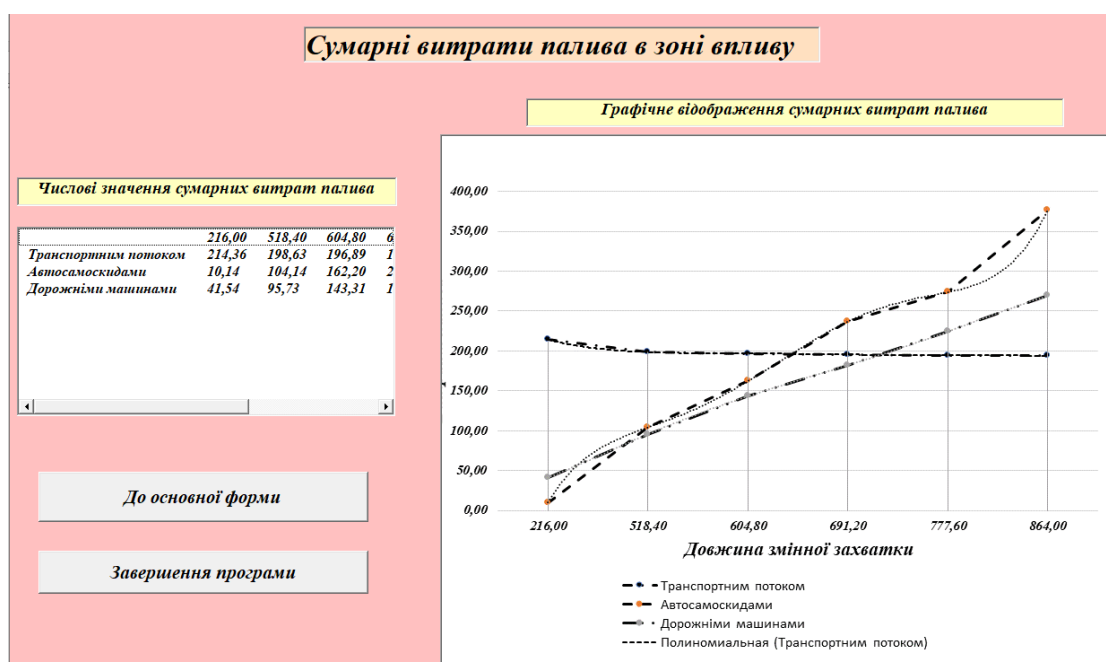


Рисунок 2.16 – Інтерфейс форми UserForm15, сумарні витрати палива - результати ЧЕ

Вищенаведена інформаційна модель програмного комплексу зручна у використанні як для фахівців на виробництві, так і для науковців, інженерів в проектувальних організаціях. Модулі програмного комплексу, зовнішній вигляд форм можна швидко підлаштувати під вимоги користувачів. В розділі 2.2 детально описані математичні моделі визначення витрат палива в зоні ремонту

2.2. Математичні моделі визначення витрат палива в зоні ремонту

2.2.1. Математична модель визначення витрат палива дорожніми машинами, що облаштовують дорожнє покриття в зоні ремонту

Побудова математичної моделі визначення витрат палива ДМ, що облаштовують дорожнє покриття в зоні ремонту, значним чином залежить від технічних, технологічних та організаційно-технічних параметрів. Серед них – метод проведення дорожньо-ремонтних робіт, з урахуванням довжини ділянки дороги, що перекривається при ремонті, темпи дорожньо-ремонтних робіт, технології їх проведення, кількість внутрішньо-змінних захваток, комплект ДМ, які використовуються в процесі ремонту і т. ін.

Відомо, що із застосуванням різних методів ведення дорожньо-ремонтних робіт, витрати палива на їх проведення будуть різні. Для кожного визначеного методу існує мінімально-припустима довжина захватки, через зменшення якої стає неможливим виконання технологічних процесів. Це пов'язано з використанням дорожньо-будівельної техніки і залежить від її габаритів та швидкості руху в процесі ведення дорожніх робіт.

Витрати також залежать від технічних та експлуатаційних характеристик ДМ, що входять до складу механізованої бригади. При правильному підборі дорожньо-будівельної техніки даний вид ремонту виконується з мінімальними витратами.

Кількість внутрішньозмінних захваток впливає на темпи роботи і довжину ділянки, що перекривається.

Довжина ділянки дороги, що перекривається для ремонту автомобільної дороги – одна із складових, варіюючи розміри якої, можна досягти мінімізації витрат енергетичних ресурсів. Для кожного методу організації робіт існує мінімальна технологічно обумовлена довжина ділянки, що перекривається. При мінімальній довжині продуктивність дорожньо-ремонтної техніки буде низькою. При збільшенні довжини ділянки дороги, що перекривається, енергетичні витрати

знижуються за рахунок підвищення продуктивності праці машин. Потрібно дослідити, як змінюються енергетичні витрати ТП при зменшенні ПЗ цієї ділянки дороги. Це пов'язано з тим, що при малих обертах двигунів ТЗ, що рухаються через зону ремонту, значно збільшується використання палива. Отже, існує така оптимальна довжина ділянки дороги, що перекривається, для кожного методу організації робіт, за якої сумарні енерговитрати будуть мінімальними.

Темп робіт за умови безперервного руху – важливий фактор, що впливає на оптимізацію дорожньо-ремонтних робіт. Темп робіт визначається видом ремонту, методом виконання робіт, кількістю використовуваних ресурсів, кількістю внутрішньо-змінних захваток і т. ін. Одним з шляхів збільшення темпів робіт є застосування додаткових одиниць дорожньої техніки. Це призводить до збільшення енерговитрат ремонтними машинами, довжини ділянки дороги, що перекривається, вартості ремонту. В результаті з'являються перевитрати матеріальних та енергетичних ресурсів, що виникають за рахунок залучення додаткової техніки та обслуговуючого її персоналу. З іншого боку, зменшується тривалість ремонту, що надає можливість раніше забезпечити нормальні умови руху ТП. Виходячи з вищезазначеного, можна зробити висновок, що існують оптимальні темпи робіт, за яких сумарні приведені енергетичні витрати будуть мінімальними.

Технологія проведення дорожньо-ремонтних робіт також вводить обмеження на такі фактори, як довжина ділянки дороги, що перекривається, метод організації та темп робіт. Один і той же вид робіт можна виконувати, використовуючи різні технології. Необхідно підібрати таку, за якої дорожні витрати будуть мінімальними. При цьому необхідно враховувати наявний парк дорожньо-будівельної техніки або визначити потребу в оренді машин.

Вибір довжини внутрішньо-змінних захваток пов'язаний з технологією та методом організації робіт. Важливу роль відіграє метод організації робіт. Він пов'язаний з можливістю обрання варіанта довжини внутрішньо-змінних захваток.

Одним з варіантів є перекриття ділянки такої довжини, на якій роботи будуть виконуватись протягом зміни. При цьому енерговитрати ТП будуть значно більшими, ніж за розподілу змінної ділянки робіт на декілька внутрішньо-змінних захваток, які після виконання ремонту будуть відкриті для руху. Проте, такі заходи збільшують енерговитрати ДМ в зоні ремонту, тому що коефіцієнт використання дорожньо-ремонтної техніки зменшується. Таким чином, змінюючи довжину внутрішньо-змінних захваток, можна знайти таку, що мінімізує енерговитрати.

Один і той-же вид робіт можна виконувати різними комплектами ДМ. Для кожного типу машин існує мінімально-припустима довжина захватки, тому вибір комплекту машин визначає конкретну технологію виконання робіт і впливає на вибір метода організації робіт.

Від продуктивності дорожньої техніки залежить темп проведення робіт. А експлуатаційна продуктивність машини залежить від ступеню зносу машини, строку її служби, технічних, технологічних та організаційних перерв.

Виходячи з вищесказаного, необхідно звернути увагу, що комплект ДМ – тимчасові формування, які організовано для виконання конкретних обсягів робіт виробничої програми. Їх структура підпорядкована задачі оптимального використання машин на даних конкретних об'єктах. Оптимальну кількість машин в механізованій бригаді і кількість бригад в комплекті визначають за розрахунками, виходячи зі структури ремонтного підрозділу, строків робіт та обмежень щодо складу парку машин-виконавців.

Окрім перелічених факторів, на темпи проведення робіт значно впливає організація постачання будівельних майданчиків дорожньо-будівельними матеріалами. Від своєчасності та безперебійності постачання залежить не тільки темп проведення дорожньо-ремонтних робіт, але і якість дорожнього покриття.

Улаштування дорожнього одягу є заключним етапом при проведенні ремонтних робіт. Велика розмаїтість умов улаштування дорожнього одягу і широка номенклатура машин-виконавців ускладнюють вирішення задач

організації цього виду робіт і тим більше одержання оптимальних результатів. Ці поняття визначили основну задачу даної частини роботи - формулювання в першому наближенні основних положень оптимального (за показником енерговитрат) використання машин на роботах при ремонті дорожнього одягу, а також на її основу - створення методики науково обґрунтованих з точки зору енергоефективності розрахунків організації і планування оптимального потоку при улаштуванні дорожнього одягу автомобільної дороги.

Слід зазначити не менш важливе завдання – впровадження основного принципу інтенсивності використання машин: організація робіт повинна забезпечувати оптимальну інтенсивність навантаження машин. Останню дає режим використання машин у системі, при якому для кожної з них забезпечений мінімум собівартості одиниці загального обсягу продукції, виробленої за весь термін життя машини. Тобто, враховуючи, що доля вартості ПММ в собівартості кінцевої продукції значна, вирішення задачі зменшення використаних ПММ, призводить до зниження вартості одиниці загального обсягу продукції.

Одним з найважливіших параметрів, що впливає на виконання робіт - є фронт робіт комплекту L – ділянка траси, в межах якої діє комплект машин та знаходиться місце для стоянки дорожньо-будівельної техніки. Фронт робіт, в свою чергу, ділиться на захватки l , де машини або ланки машин часткового потоку виконують технологічний цикл робіт в зоні i ; $l = \sum_{i=1}^n l_i$ - захватка ланки, що працює на $i=1, \dots, n$ смугах ущільнення.

Фронт робіт комплекту та захватка ланки в потоці виконання робіт із ремонту дорожнього покриття переміщується в темпі виконання робіт. Тобто, після виконання робіт на одній ділянці, всі машини та механізми, необхідні для відповідного технологічного процесу, разом з обслуговуючим персоналом переміщуються далі відносно точки початку ведення робіт.

В зв'язку з широкою номенклатурою можливих варіантів видів робіт та методів їх виконання доцільно для знаходження оптимальних організаційних рішень використовувати теорію множин.

При вирішенні задачі оптимального розподілу виробничих ресурсів з точки зору теорії множин, є обмеження рівнем рішення системи множин «ресурсів», що підлягають розподілу і множин «споживачів». Також існують зовнішні фактори, які впливають на технологію ремонту: температура зовнішнього середовища, швидкість вітру, вчасне постачання асфальтобетону в зону ремонту та ін. В даному дисертаційному дослідженні розглядається система взаємодії множин споживачів, множин ресурсів та зовнішніх факторів (Рисунок 2. 17). До підмножин множини «споживачів» - α відносяться:

- множина об'єктів на фронті робіт:

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{nz}\} \quad (2.1)$$

- множину видів робіт на об'єкті – зняття зношеного шару дорожнього одягу, підготовка підстильного шару, укладання асфальтобетону, його ущільнення і т. ін.:

$$RR = \{rr_1, rr_2, \dots, rr_{kr}\} \quad (2.2)$$

- множину методів виконання видів робіт - технології, які можуть застосовуватись:

$$MV = \{mv_1, mv_2, \dots, mv_{mm}\} \quad (2.3)$$

Для роботи цієї системи приймається умова, що постачання ЗР є безперебійним. Існує об'єднання множин імовірностей методів MV виконання видів робіт RR на об'єкті Z:

$$\alpha = \bigcup_{Z, RR, MV} J_{Z, RR, MV}(z = 1, \dots, nz; rr = 1, \dots, kr; mv = 1, \dots, mm; mv \in rr; rr \in z) \quad (2.4)$$

де nz – кількість об'єктів на фронті робіт;

kr – кількість видів робіт;

mm – кількість методів виконання робіт кожного виду.

Формула (2.4) показує, що в множині α можна підібрати сполучення елементів множин RR та MV для елементів множини Z , що відповідає вимогам поставленої задачі – підбору оптимальної технології на об'єкті. В свою чергу, множини Z , RR та MV є підмножинами множини α .

Формула (2.4) показує, що в множині α можна підібрати сполучення елементів множин RR та MV для елементів множини Z , що відповідає вимогам поставленої задачі – підбору оптимальної технології на об'єкті. В свою чергу, множини Z , RR та MV є підмножинами множини α .

Підсистема множин «ресурсів» включає:

– множину типорозмірів машин на ремонтній ділянці

$$TM = \{tm_1, tm_2, \dots, tm_p\} \quad (2.5)$$

– множину одиниць машин кожного з типорозмірів в зоні ремонту

$$OM = \{om_1, om_2, \dots, om_q\} \quad (2.6)$$

– множину об'ємів ПММ, що споживають машини різних типорозмірів

$$KP = \{kp_1, kp_2, \dots, kp_r\} \quad (2.7)$$

Елементи множини KP не належать множині OM ($kp \notin om$), а належать множині TM ($kp \in tm$). Всі елементи множин KP , TM та OM належать β - множині «ресурсів»:

$$\left. \begin{aligned} \beta &= OM \cap (TM \cup KP) \\ (om=1, \dots, q; tm=1, \dots, p; kp=1, \dots, r; kp \notin om; kp \in tm; om \in tm) \end{aligned} \right\} \quad (2.8)$$

З формули (2.8) видно, що множина ресурсів β є перетином множин OM з об'єднанням множин TM та KP . Це означає, що кількість витрачених ПММ залежить напряду від типу використаних машин і не залежить від кількості. Такий висновок на перший погляд суперечить логіці. Адже, чим більша кількість машин одного типорозміру, тим більші енерговитрати. Щоб уникнути цього протиріччя, необхідно розглядати множини α та β комплексно.

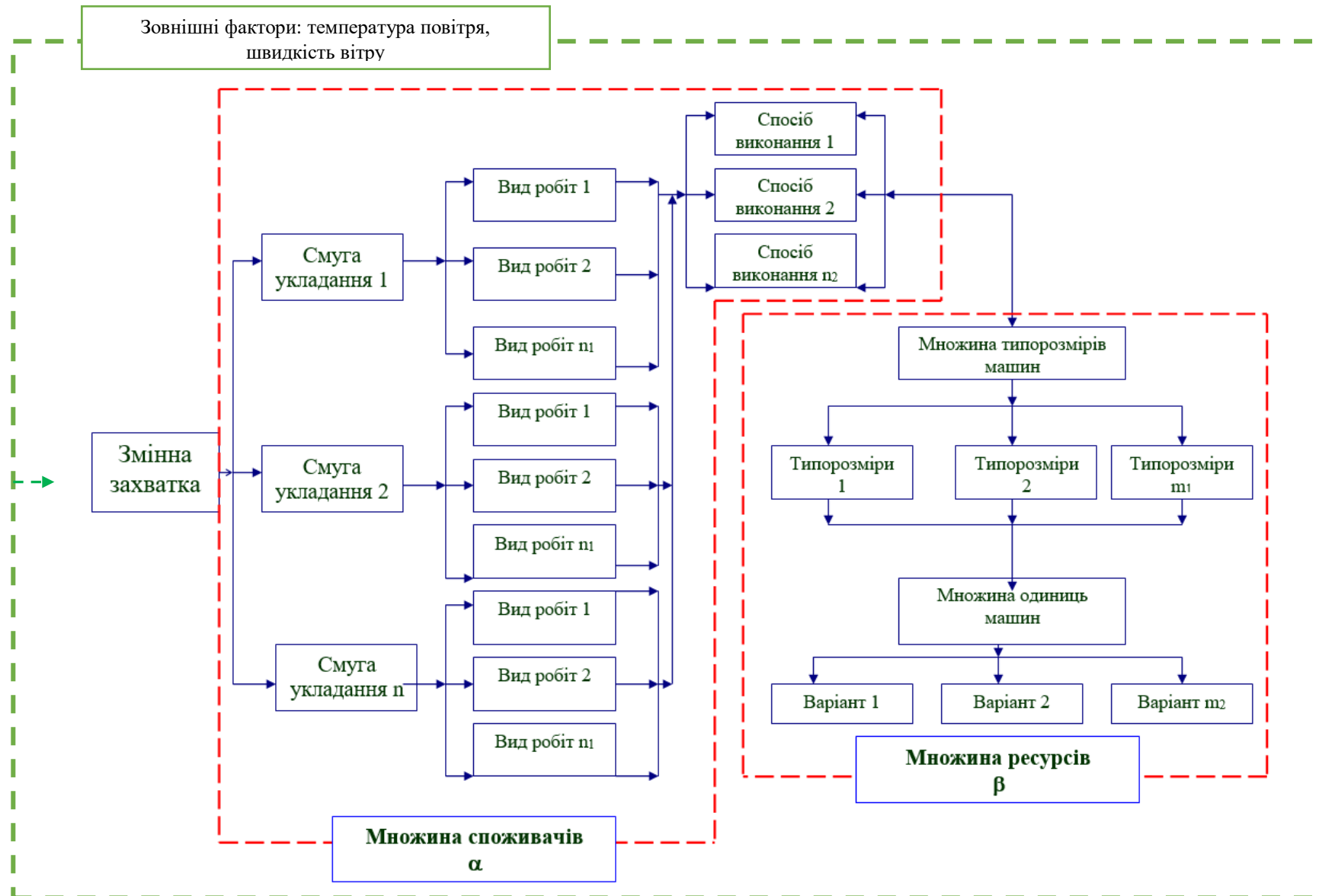


Рисунок 2.17 - Структура моделі системи «споживачі-ресурси»

Створені в процесі виконання дисертаційного дослідження математичні моделі енерговитрат включають визначення довжини ЗЗ в залежності від швидкості руху ТЗ та ДМ. Математична модель енерговитрат ДМ в зоні ремонту дозволяє не лише розрахувати продуктивність ведучої машини – АУ, 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 ДМ, 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.

При перетині елементів підмножин в множинах α та β з'являються нові підмножини:

- множина сполучень типорозмірів ТМ, враховуючи їх кількість (множина ОМ), об'єднаних з урахуванням технологічного процесу (множини МV) і кількості витрат пального (множина КР) в групі:

$$\varepsilon = (TM \cup MV) \cup OM \quad (2.9)$$

- множина схем виконання робіт різновидів в залежності від множини RR сполученнями ε типорозмірів машин ТМ кількістю ОМ одиниць, з витратами пального КР

$$\lambda = (MV \cup RR) \cup TM \quad (2.10)$$

Завдяки перетину множин ε (2.9) та λ (2.10) з'являється множина методів виконання робіт МV видів RR. Спільними елементами для множин «ресурси» та «споживачі» є множини ОМ та КР.

Спільне рішення описаної системи по критерію енерговитрат надасть можливість знаходження оптимального складу механізованої бригади по типорозмірам та кількості машин-виконавців. Вони забезпечать ефективне виконання робіт МV – методами, оптимальними із ряду $mv=1 \dots m$ на об'єктах Z, $z=1 \dots k$.

Методика визначення енерговитрат за допомогою теорії множин універсальна. Застосовуючи її, можна оптимізувати енерговитрати на будь-якому етапі проведення ремонтних робіт. Надалі в дисертаційному дослідженні вона буде використовуватись для знаходження витрат ПММ на етапах укладання та ущільнення асфальтобетонної суміші при проведенні капітального ремонту автомобільної дороги.

Важливу роль в знаходженні рішень, що призводять до мінімізації енерговитрат при організації робіт відіграє контроль показників норм витрат пального. Вони встановлюються на підґрунті основних та допоміжних технологічних процесів виробництва. Ці процеси – невідворотні ПЕР при роботі обладнання, машин та механізмів. Крім того, необхідно враховувати можливі втрати пального внаслідок діяльності обслуговуючого персоналу.

При капітальному ремонті дороги, коли необхідно поновити міцність дорожнього одягу з одночасною заміною його шарів, важливо дотримуватись основних організаційних та технологічних параметрів.

Одним з організаційно-технічних параметрів є довжина захватки. Визначення довжини захватки при проведенні дорожньо-ремонтних робіт поточним методом за умов оптимального використання ресурсів є важливим елементом при вирішенні загальної задачі економії ресурсів. Серед факторів, що впливають на довжину захватки виступають:

- припустимий час процесу ущільнення асфальтобетонної суміші (який залежить від типу суміші та погодних умов);
- склад механізованої бригади (через відмінність габаритів ДМ та обсягів споживання ними пального);
- продуктивність роботи техніки;
- кількість проходів котків по одному сліду.

Важливу роль в знаходженні рішень, що призводять до мінімізації енерговитрат при організації робіт відіграє контроль показників норм витрат

палива. Вони встановлюються на підґрунті основних та допоміжних технологічних процесів виробництва. Ці процеси – невідворотні втрати ПЕР при роботі обладнання, машин та механізмів. Крім того, необхідно враховувати можливі втрати палива внаслідок діяльності обслуговуючого персоналу.

Важливим фактором при розрахунку часу, який витрачає дорожня машина на технологічні роботи є те, що перші 2 проходи коток виконує на пониженій 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 наступних машин та впливає на довжину ЗЗ, час роботи машин протягом зміни і в результаті – сумарних витрат палива ДМ, які визначаються за наступною формулою:

$$Q_{DM_i} = \sum_{i=1}^n \left(Q_{ay_i} + \sum_{j=1}^{m1} \sum_{r=1}^{m2} Q_{DMj,r} \right), \quad (2.11)$$

Де Q_{ay} – витрати палива АУом, л/зміну;

$Q_{DMj,r}$ – 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 улаштуванні верхніх шарів дорожнього одягу ведучою машиною приймається АУ. Від його продуктивності залежить темп робіт в зоні ремонту та кількість автосамоскидів, що постачають асфальтобетонну суміш. Траєкторія руху АУа відображається у вигляді прямої. Це пов'язане з тим, що сучасні АУ мають можливість варіювання широкого спектру ширини СУкл. В програмному комплексі, що розглядається застосовано модель VOLVO Titan-325 з діапазоном імовірної ширини СУкл від 3 м до 10 м і швидкістю робочого ходу від 5 м/хв до 16 м/хв.

Сухиничевим В.Т. та Локшиним Є.С. [64] була розроблена модель функціонування комплексу машин “АУ - 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.

Основні параметри цієї моделі придатні для визначення напрямку розробки оптимізаційної моделі за критерієм енергозбереження, адже відомо, що при організації проведення робіт потрібно враховувати наведені нижче обмеження.

Технологічні:

$$t_{\text{раб}} \leq t_{\text{доп}}, \quad (2.12)$$

$$L \geq L_0, \quad (2.13)$$

$$v_A \leq v_A', \quad (2.14)$$

Технічні,

$$v_{k,1} \leq v_{k,i}, \quad (2.15)$$

$$v_A \leq v_A'', \quad (2.16)$$

$$P \leq P_A, \quad (2.17)$$

Організаційно-технічні

$$P_A \leq P_0, \quad (2.18)$$

де $t_{\text{роб}}$ час роботи всіх машин комплексу на захватці, год;

$t_{\text{дон}}$ - припустимий час процесу ущільнення, тобто час охолодження суміші до температури, із зменшенням якої ущільнення неефективне;

L_{min} - мінімально припустима за умовою організації виконання робіт довжина СУЩ, м;

$v_A', v_{k,i}$ - максимально припустима технологією швидкість АУ та котка на i -му етапі ущільнення, $i = 1, 2, \dots, m$;

m - кількість етапів ущільнення покриття котками

v_A'', P_A - максимальна робоча швидкість та продуктивність АУ;

P_o - максимальна продуктивність, яка може бути забезпечена асфальтобетонними заводами та ТЗ.

В залежності від типу та моделі ДМ змінюється продуктивність та їх робоча швидкість. Тому необхідно таким чином підбирати комплект ДМ, щоб виключити простоювання техніки з більшою продуктивністю та швидкістю руху. Крім того, збільшення часу на прохід машини може призвести до вистигання асфальтобетонної суміші. Це збільшує кількість проходів котків по одному сліду. При збільшенні проходів зростає об'єм витрат палива.

Слід зауважити, що, у відповідності до технології, рекомендується робити перші проходи котків на меншій швидкості, ніж наступні. Для дотримання потрібної якості покриття [36] рекомендує виконувати потрібну кількість перших проходів (n) на зниженій швидкості ($V_{\text{кп}}$), під час якої збільшуються витрати ПММ, а наступні проходи ($N-n$) - на більшій швидкості.

При поточному методі ремонту автомобільної дороги необхідно забезпечувати виконання робіт кожної машини комплекту на захватці (l), безпечний інтервал (L_6) між машинами, що працюють на суміжних смугах ущільнення, коли роботи проводяться одночасно на декількох смугах ущільнення. А також можливість переходу котків на захватці з однієї СУЩ на іншу. Крім того, слід враховувати, що прохід котка включає наступні режими руху: розгін, рух з постійною швидкістю, гальмування, зупинка. Відомо, що при гальмуванні та розгоні витрати пального максимальні. Окрім того є така швидкість руху, яку можна назвати економічною, тобто витрати палива при її дотриманні будуть мінімальними. В процесі ущільнення необхідно максимально виключати зупинки котка на смузі ущільнення, оскільки це може призвести до зниження якості дорожнього покриття.

Вихідною інформацією для визначення нормативних витрат палива та потреби в ньому на роботу машин згідно [65] є:

- індивідуальні норми витрат палива відповідно до моделі машин;

- нормативні показники, що враховують відхилення умов, запланованих з урахуванням індивідуальних норм;
- структура та кількість (за моделями, видами та класами) парку машин;
- обсяг та структура робіт (виробництва);
- нормативний час роботи машин на рік (за моделями);
- нормативний погодинний виробіток машин (за моделями);
- данні звіту щодо планових та фактичних витрат палива на роботу машин за минулі роки (окремо бензину та дизельного палива);
- дані плану організаційно-технічних заходів з економії палива.

При побудові математичної моделі енерговитрат ДМ в зоні ремонту першочерговою задачею є встановлення довжини СУкл. Для цього потрібно визначитись з технологією, яку надалі будемо приймати за розрахункову. В даній роботі пропонується уніфікована математична модель, завдяки якій можна розраховувати та порівнювати різні технології виконання робіт. Крім того, можна розрахувати енерговитрати на одиницю продукту (ділянку дороги) з різними складами механізованих бригад. Так як продуктивність механізованої бригади протягом зміни напряму залежить від вчасного постачання ділянки будівельними матеріалами, будемо розглядати систему з врахуванням того, що ділянка забезпечується матеріалами безперебійно. Витрати палива машинами-постачальниками в залежності від продуктивності механізованої бригади будуть розраховуватись в розділі 2.2.2.

Для подальшого розрахунку енерговитрат в зоні ремонту визначається, які елементи множин і підмножин системи «споживачі»-«ресурси» використовуються, а також їх місце в моделі виконання робіт. Більшість елементів цих підмножин залежать від елементів множин видів робіт RR. В подальшому автором дисертаційного дослідження розглядаються такі види робіт як укладання асфальтобетонної суміші АУ, ущільнення легкими, середніми та важкими котками. Склад механізованої бригади вибирається з множин ТМ та ОМ (2.5, 2.6) і відповідає

елементам множини MV_{mv} (2.3). В результаті перетину множин ϵ та λ (2.9, 2.10) з'явилась можливість визначення елементів множини КР. Визначивши кількісні показники елементів $KP_{кр}$, знаходимо енерговитрати ДМ при різних значеннях елементів множини Z (змінні захватки). Ця множина складається з елементів Z_z (2.1, 2.4). Елементи Z_z – імовірне значення довжини СУкл в множині елементів варіантів об'єктів.

Інформаційні технології широко застосовуються при обладнанні ДМ елементами АСУ. Обладнання сучасних АУ дозволяє укласти та попередньо ущільнювати шар асфальтобетону з широким діапазоном можливої ширини СУкл. Тому в математичній моделі пропонується використовувати 1 АУ.

При моделюванні енерговитрат в зоні ремонту, як вже зазначалось вище, основним моментом з точки зору організації виробництва, є підбір довжини СУкл.

Перехід котка на суміжну смугу укладання можна проводити на більшій швидкості, ніж в робочому режимі. Тут може бути значна економія часу. Детальніше цей момент буде розглядатись при опрацюванні математичної моделі роботи АУ. Після укладання асфальтобетонної суміші наступний технологічний процес – її ущільнення. Від якості ущільнення залежить щільність покриття, і, відповідно – строк його служби. Ущільнення виконується двома-трьома типами котків, в залежності від типу суміші та обраної технології. На Рисунку 2.18 відображена траєкторія руху котка при робочому і холостому ході всередині та при переході на суміжну смугу укладання.

При розрахунку довжини траєкторії руху котка слід спочатку визначитись з кількістю суміжних смуг ущільнення на одній захватці. Вона залежить від ширини захватки, ширини вальців (коліс) котка та величини перекриття смуг, яка складає 20-30 см і розраховується за формулою:

$$k = \left[\frac{B}{B_k + a} \right], \quad (2.19)$$

де B – ширина СУкл, м; a - величина перекриття смуг, м

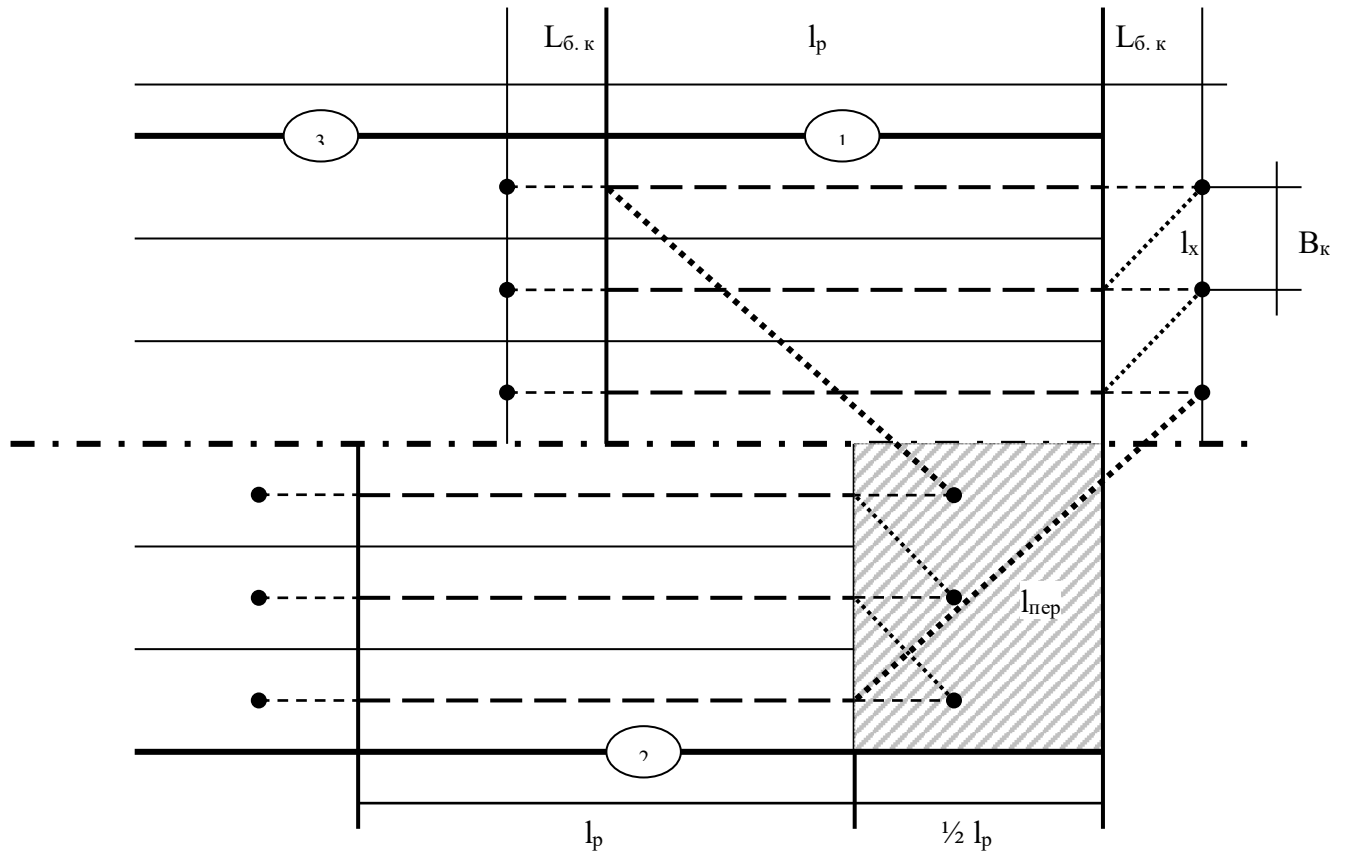


Рисунок 2.18 - Траекторія руху котка

- — - довжина СУкл (робочий хід котка l_p), м;
 - - перехід на суміжну смугу укладання (l_x), м;
 - - перехід на суміжну захватку ($l_{пер}$), м;
 - - - - - - вихід на початкову позицію при ущільненні суміжної СУкл ($L_{б.к}$), м.
- B_k - ширина вальца (коліс) котка, м
 $L_{б.к}$ - довжина бази котка, м

Для розрахунку загальної траєкторії руху котка спочатку визначається довжина шляху, який він проходить для ущільнення однієї СУкл:

$$l_{см.ущ} = \sum_{i=1}^m (2 \cdot L_{б.к.} + l_p) \quad (2.20)$$

Довжина траєкторії руху при переході на суміжну смугу ущільнення:

$$l_{хк} = \sqrt{L_{бк}^2 + B_k^2} \quad (2.21)$$

Довжина траєкторії руху при переході на суміжну смугу укладання

$$l_{пер.к} = \sqrt{\left(L_{\sigma_k} + \frac{1}{2}l_p\right)^2 + B_k^2}, \quad (2.22)$$

Загальна траєкторія руху котка при ущільненні СУкл:

$$D_k = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^m \left(2L_{\sigma_{k,i}} + l_{p_i} \right) \right)_j + \sum_{j=1}^{k-1} \left(\sqrt{L_{\sigma_{k,j}}^2 + B_k^2} \right)_j + \sqrt{\left(L_{\sigma_k} + \frac{1}{2}l_p\right)^2 + B_k^2} \quad (2.23)$$

або

$$D_k = \sum_{j=1}^k \left(\sum_{i=1}^m \left(l_{см.ущ_i} \right) \right)_j + \sum_{j=1}^{k-1} l_{х.к_j} + l_{пер} \quad (2.24)$$

де m – кількість проходів по одному сліду.

Розраховуючи час, необхідний на ущільнення однієї СУщ, зазначимо, що перші 2-3 проходи виконуються на швидкості v_{k1} , а інші – на швидкості v_{k2} . Швидкість на переході з однієї СУщ на іншу та з однієї СУкл на іншу - $v_{тр.к}$. Час, що витрачається на ущільнення включає в себе декілька складових:

- час знаходження котка на смузі ущільнення $\frac{l_{см.ущ}}{v_{k1}}$ та $\frac{l_{см.ущ}}{v_{k2}}$, год;
- час, коли коток виходить за межу СУщ на довжину бази перед початком та після закінчення ущільнення $\frac{2 \cdot l_{х.к}}{v_{тр.к}}$ год;
- час переходу на суміжну смугу ущільнення $\frac{\sum_{i=1}^{m-1} (l_{х.к})_i}{v_{тр.к}}$ год;
- час переходу на суміжну смугу укладання $\frac{l_{пер}}{v_{тр.к}}$ год;
- час, який витрачає робітник на переключення швидкостей при маневрах $t_{пер}$, год.

Отже, формула, за якою визначається час, необхідний для ущільнення однієї СУщ буде мати наступний вигляд:

$$t_{ущ.1} = \frac{\sum_{j=1}^3 l_{см.ущ_j}}{v_{к1}} + \frac{\sum_{j=3}^k l_{см.ущ_j}}{v_{к2}} + \frac{\sum_{j=1}^k 2 \cdot l_{х.к_j}}{v_{тр.к}} + \sum_{j=1}^k t_{неp} \quad (2.25)$$

Для розрахунку часу, необхідного для ущільнення однієї СУкл автор пропонує формулу:

$$t_{заг.к} = \frac{\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^3 l_{см.ущ_j} \right)_i}{v_{к1}} + \frac{\sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=3}^k l_{см.ущ_j} \right)_i}{v_{к2}} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} \left(\sum_{j=1}^k l_{х.к_j} \right)_i}{v_{тр.к}} + \frac{l_{неp}}{v_{тр.к}} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k t_{неp_{i,j}} \quad (2.26)$$

В формулах (2.19 - 2.26) вхідні дані можуть змінюватись в залежності від обраної довжини СУщ, швидкості та типу котків. При створенні програми розрахунку енерговитрат ДМ в зоні ремонту задається параметр, який відповідає за зміну типу котка. Так як множина типорозмірів машин ТМ змінюється від 1 до p , то номери будуть змінюватись в проміжку $\{tm_2 \dots tm_{p+1}\}$, де p - кількість типів котків. Нумерація починається з 2 через те, що під номером 1 виступає ведуча машина – АУ.

В ході виконання технологічних процесів необхідно визначити час, коли наступний механізм вступатиме в дію. Основна вимога – машини не повинні заважати одна одній при роботі. На етапі, коли використовується tm_1 , робота $tm_2(om_1)$ може починатись через проміжок часу $t_{р.ay}$. Для початку роботи $tm_2(om_1 \dots om_q) - tm_p(om_1 \dots om_q)$ необхідно використовувати іншу залежність. Отже, час початку роботи кожної наступної машини з множини $OM \cap TM$ визначається за формулою:

$$t_{поч_{tm+1,om+1}} = 2t_{ущ} l_{tm,pm}, \quad (2.27)$$

Коефіцієнт 2 пропонується тому що після ущільнення двох смуг ущільнення попередній коток не буде заважати роботі наступного (або можна взяти фіксоване значення – в цьому числовому експерименті приймається рівним 10 хв.).

Враховуючи, що до кінця зміни всі машини повинні закінчити свою роботу, необхідно визначити, скільки часу повинен працювати АУ.

$$T_{ay.зм} = T_{зм} - \sum_{tm=2}^p \sum_{om=1}^q t_{поч\,tm,om}, \quad (2.28)$$

Визначивши час роботи АУ, можна знайти кількість смуг, що укладаються за зміну.

$$z = \frac{T_{зм.ay}}{t_{заг.ay}} \quad (2.29)$$

Після визначення тривалості роботи кожного механізму, можна знайти об'єм витрачених ПММ. В наведеному нижче алгоритмі враховується можливість знаходження енерговитрат як в лінійних, так і в часових одиницях.

Пояснення до алгоритму, наведеному на Рис. 2.19.

Блок 1. Вводиться масив значень довжин смуг ущільнення в залежності від температури зовнішнього середовища і рельєфа місцевості, на якій знаходиться ЗР. Ці значення реальні при роботі з гарячою асфальтобетонною сумішшю (Табл. 2.7).

Таблиця 2.7 - Довжина СУщ в залежності від температури повітря та рельєфу місцевості

Температура повітря при відсутності вітру, °С	Довжина СУкл, м	
	Захищені від вітру, забудовані та лісисті ділянки, глибокі виємки	Відкриті ділянки
5-10	30-50	25-30
15-25	100-150	50-80

При укладанні теплої асфальтобетонної суміші при температурі повітря 10-20°C, довжина смуги може досягати 250 м; в разі, коли температура повітря перевищує 20°C, довжина СУщ може становити до 350 м.

Блок 2. Вводяться значення температури повітря і коефіцієнт, що відповідає за тип рельєфу (1 – ділянка захищена від вітру, забудована або лісиста, глибока виємка; 0 – відкрита місцевість).

Блок 3. Вводяться експериментальні значення довжин смуг ущільнення. Для гарячої асфальтобетонної суміші вони знаходяться в проміжку 25-250 м.

Блок 4. В цьому блоці визначається, які довжини смуг ущільнення припустимі при заданих погодних умовах і рахується їх кількість (nz). Індекс i вказує на номер рядка, в якому вибирається значення імовірних довжин смуг ущільнення, j – номер стовпця, який відповідає за тип природних умов.

Блок 5. Вводяться значення швидкостей АУ в робочому та холостому режимі.

Блок 6. В залежності від імовірної кількості СУщ визначається час, необхідний на роботу АУ для кожного варіанта з обмеженням по швидкості ущільнення котками.

Блок 7. Введення інформації щодо технічних і технологічних характеристик машин – ущільнювачів. Крім того вводяться значення ширини СУщ, та кількості проходів по одному сліду, визначених технологією.

Блок 8. Розраховується кількість смуг ущільнення в залежності від ширини вальців котка (2.19) .

Блок 9. В залежності від кількості проходів по одному сліду розраховуються довжини шляху, який коток проходить на одній смузі ущільнення, довжини шляху при переході на суміжну смугу ущільнення, довжини шляху при переході на суміжну смугу укладання. Ці розрахунки виконуються через формули (2.20-2.22).

Блок 10. Через формули (2.23) або (2.24) знаходиться загальна траєкторія руху котка на смузі укладання. При цьому враховуються кількість смуг ущільнення і кількість проходів по одному сліду.

Блок 11. Знаходиться час на ущільнення однієї смуги. Враховується значення номеру проходу по одному сліду (j). Він визначає, на якій швидкості буде виконуватись ущільнення. Для знаходження часу, необхідного для ущільнення однієї СУщ необхідно враховувати час, коли коток знаходиться на смузі ущільнення, коли коток виходить за межу СУщ на довжину бази перед початком та після закінчення ущільнення, перехід на суміжну смугу ущільнення. Крім того, враховується додатковий час на переключення передач. Розрахунки проводяться згідно формули (2.25)

Блок 12. Згідно формули (2.26) визначається час ущільнення СУщ разом з переходом на суміжну смугу у випадку, якщо кількість котків певного типорозміру менша за кількість смуг ущільнення на заданій ширині укладання.

Блок 13. Знаходиться час вступу (2.27) в технологічний процес наступного котка.

Блок 14. Визначення часу роботи АУ (2.28).

Блок 15. Визначення часу вступу кожної дорожньої машини (від першої до останньої) в дію протягом технологічних процесів. Роботи можуть проводитись на декількох смугах укладання, в залежності від кількості задіяної техніки. Для розрахунку цього значення додаються строки початку вступу в дію кожної машини.

Блок 16. Для знаходження сумарного часу початку роботи кожного котка протягом зміни визначається кількість повних циклів від початку роботи першого котка до закінчення роботи останнього котка (подія може відбуватись на декількох смугах).

Блок 17. Час роботи АУ за зміну визначається з (2.28).

Блок 18. Визначається довжину СУкл, яку улаштовує АУ за зміну (2.29).

Блок 19. Виводяться результати розрахунків, отриманих в результаті роботи програми. Вони включають в себе такі значення, які змінюються в залежності від погодних факторів, обраної довжини СУкл та підбору механізованої бригади:

- довжина СУкл за зміну в залежності від швидкості АУ та з обмеженням по швидкостям роботи котків;
- час, який знаходяться ДМ на ділянці;
- довжина робочого ходу ДМ за зміну;
- час, витрачений ДМ за зміну;
- довжина ЗЗ.

Основними показниками, що впливають на енерговитрати ДМ є технічні характеристики, умови роботи та організаційні заходи, завдяки яким можна регулювати витрати палива. Для розрахунку витрат палива ДМ з довідників технічних характеристик вводяться значення номінальної потужності двигунів, норми витрат палива, питомі витрати палива, коефіцієнт використання машин протягом зміни і т. д. Дані – згідно [111].

Для розрахунку індивідуальної норми витрат палива дорожньої машини і-го типорозміру пропонується формула, інтерпретована під дану задачу з [65]:

$$H_i = g_{ei} N_{ei} C_i 10^{-3}, \text{ (кг/маш.-год)} \quad (2.30)$$

де g_{ei} - питомі витрати палива при номінальній потужності двигуна машини і-ї марки, г/кВт·ч (приймають згідно даних інструкції з експлуатації двигуна);

N_{ei} - номінальна потужність двигуна машини і-ї марки, кВт (приймають відповідно даних згідно положень інструкції з експлуатації машини);

- 10^{-3} - коефіцієнт переведення грамів в кілограми.

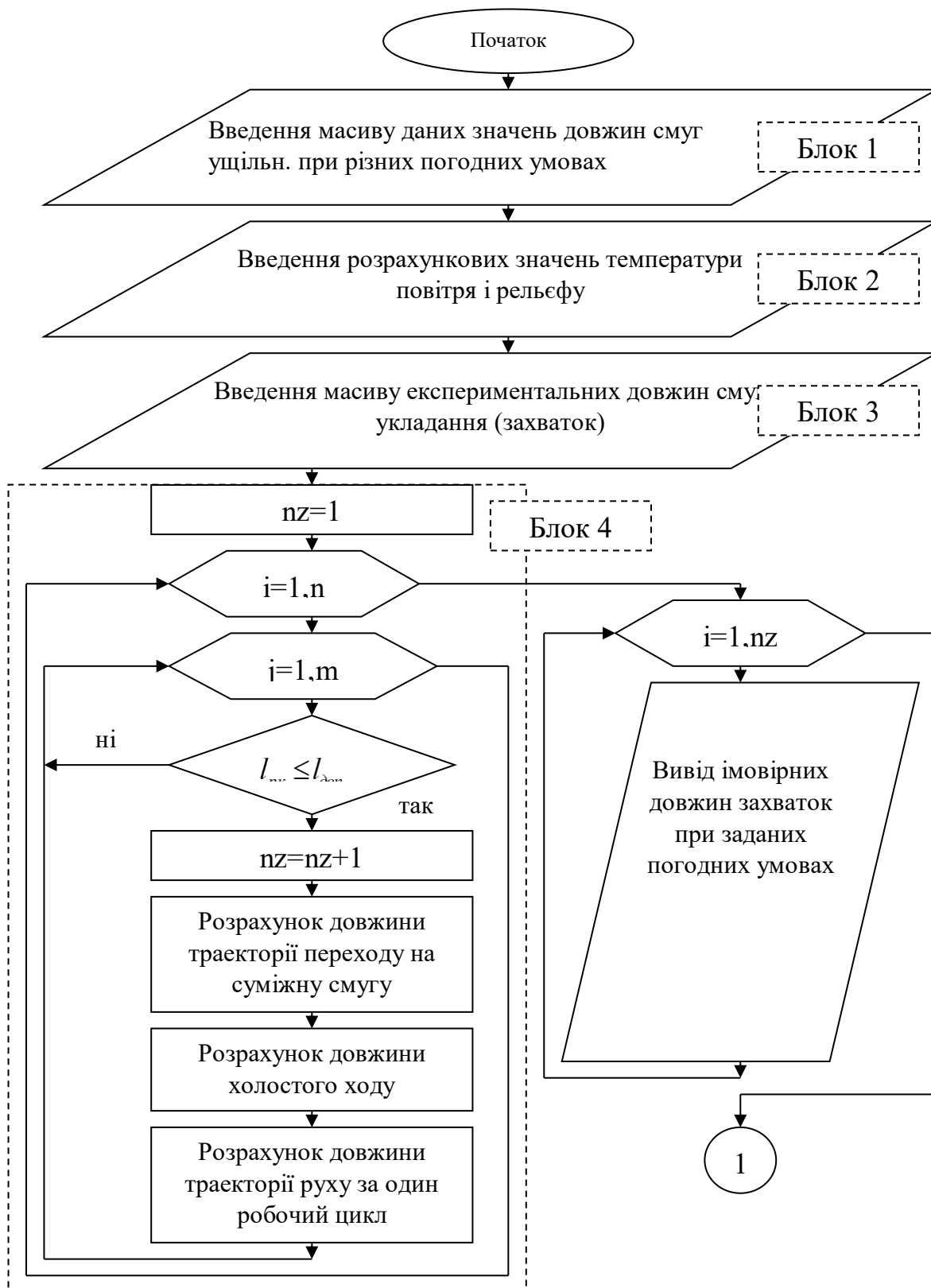
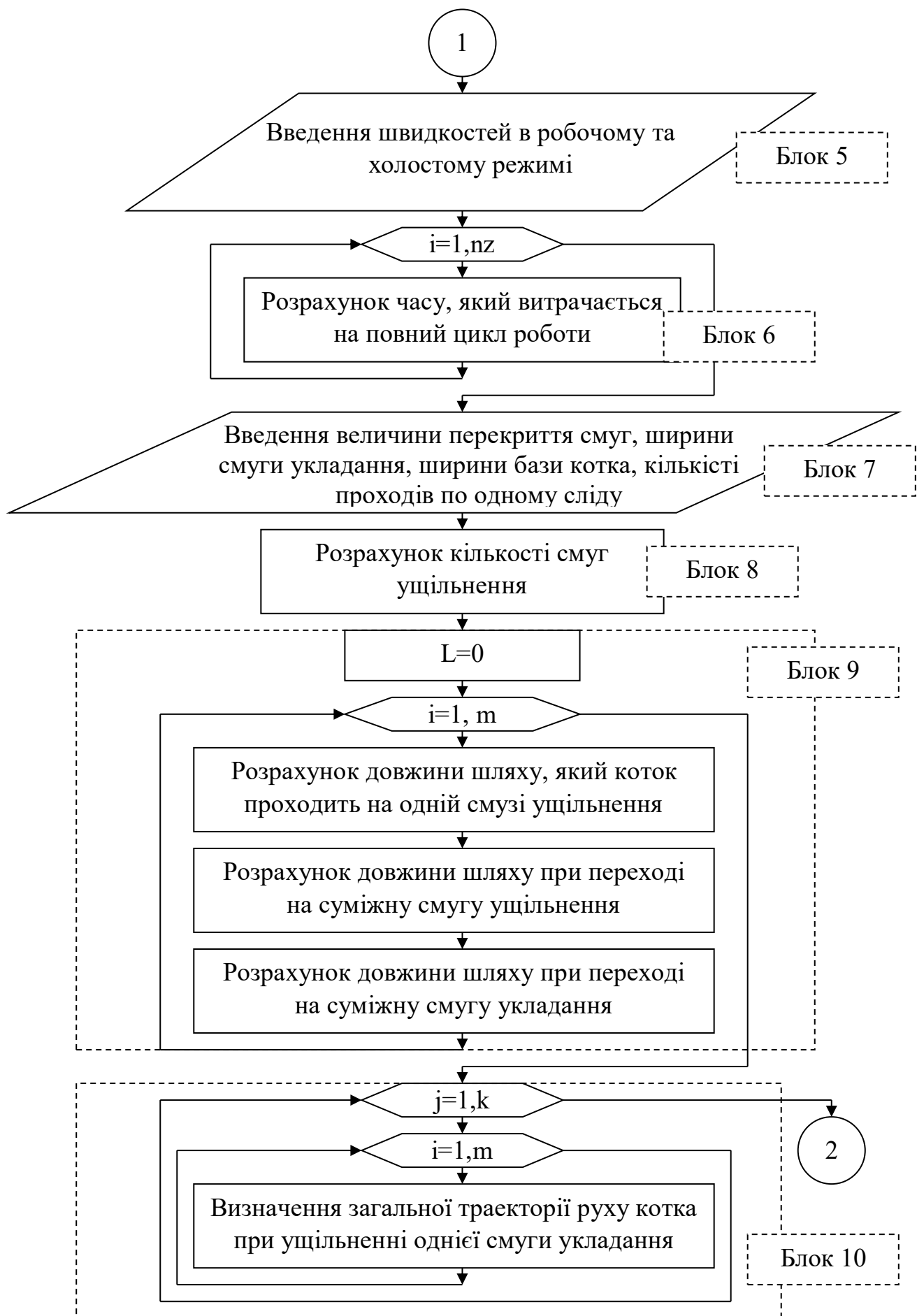
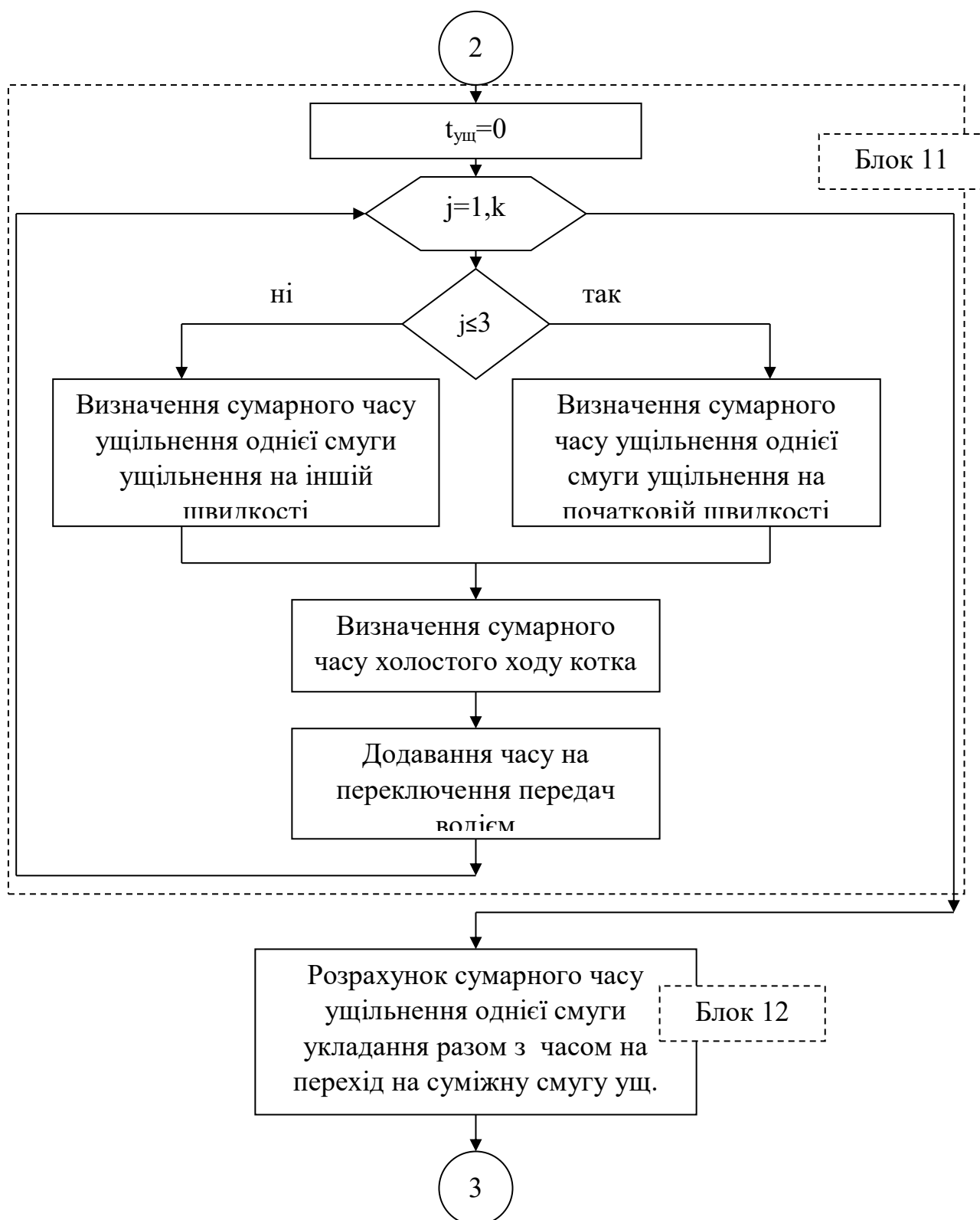
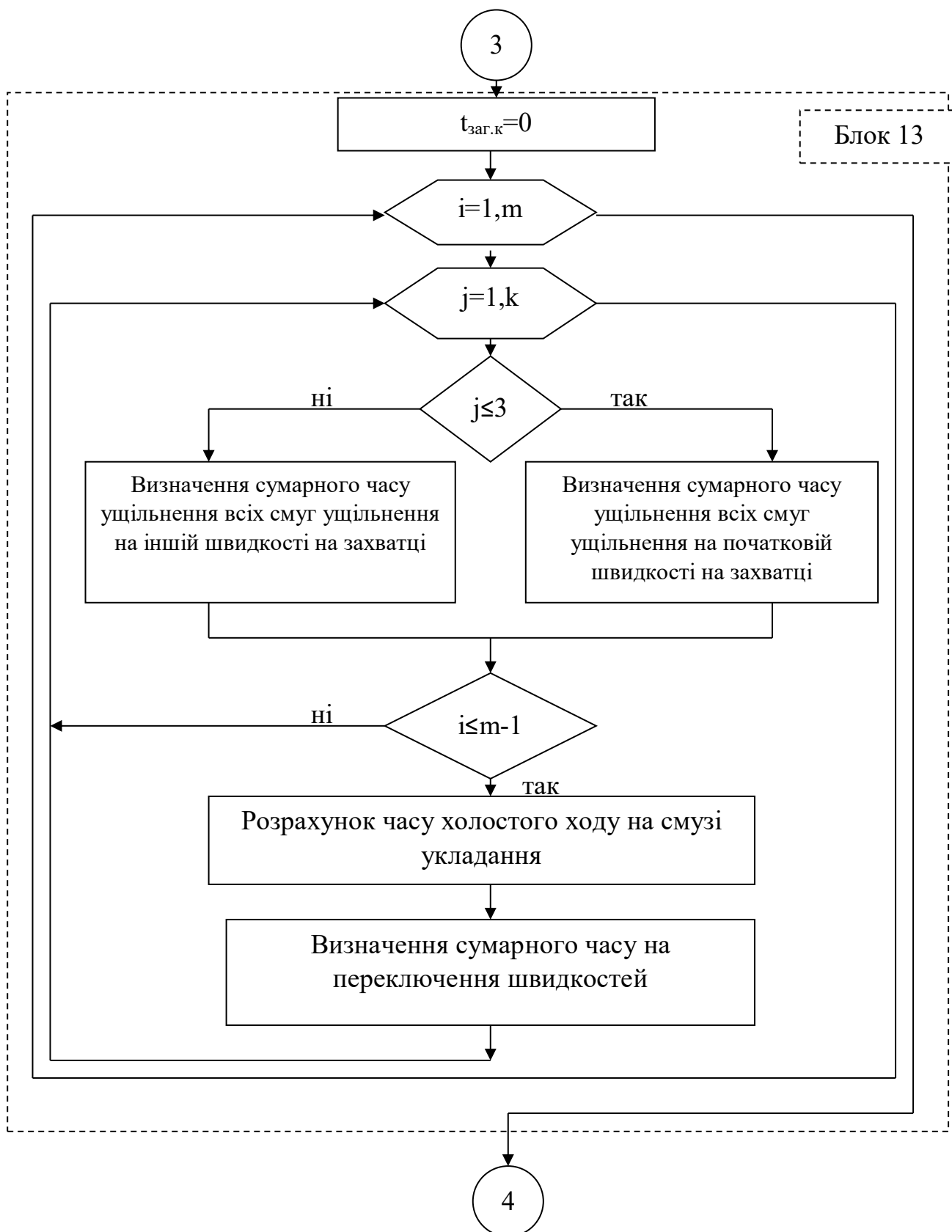


Рисунок 2.19 - Блок-схема алгоритму пошуку основних лінійних та часових параметрів дорожніх машин в зоні ремонту

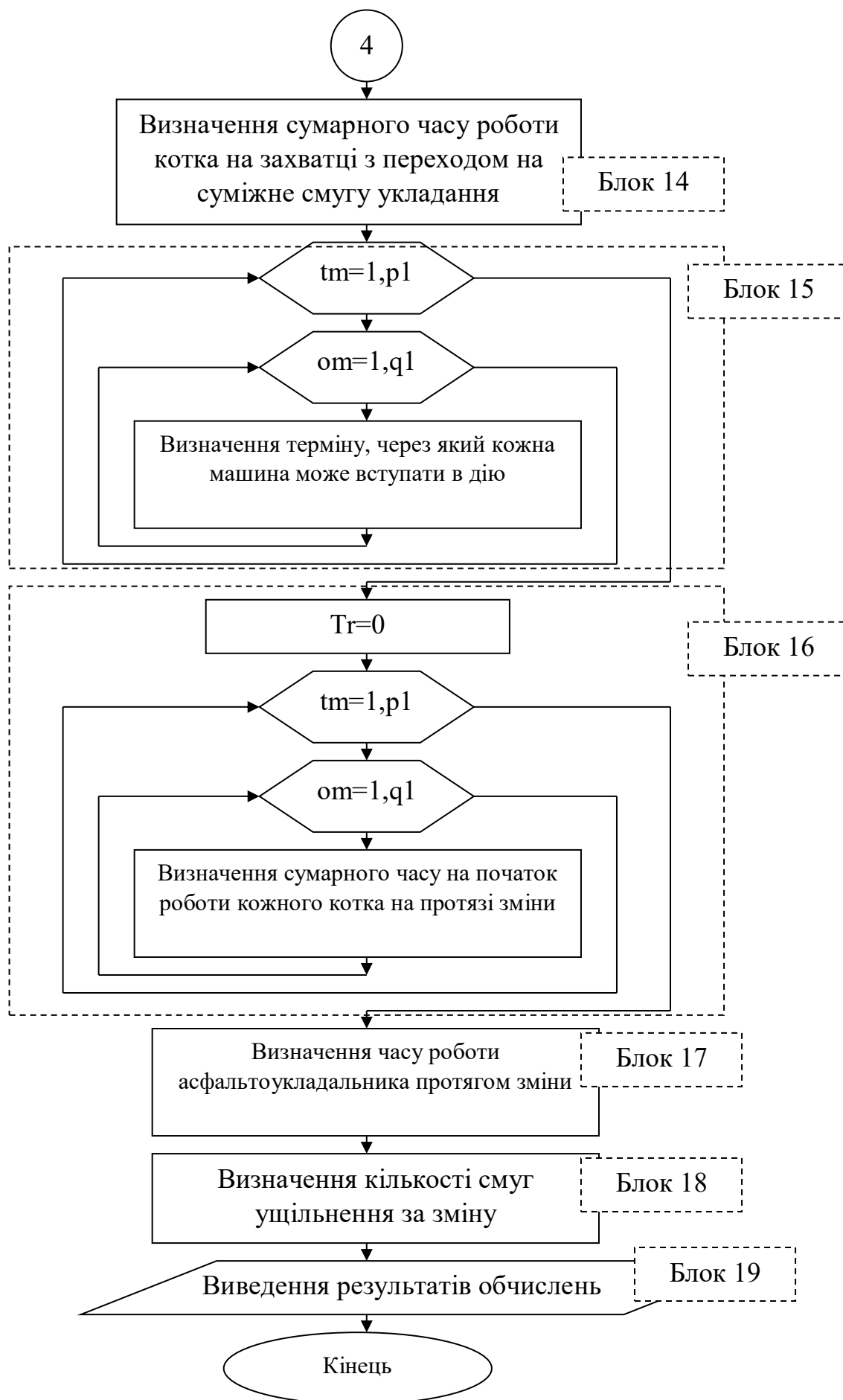




Продовження Рис.2.19



Продовження Рис.2.19



Закінчення Рис. 2.19

Розрахунок нормативного коефіцієнту змінення витрат палива в залежності від завантаження машин розраховується згідно формули:

$$C_i = K_{дв_i} K_{дN_i} K_{TN_i} K_{TЗ_i}, \quad (2.31)$$

де K_{TN} - коефіцієнт, що враховує змінення питомих витрат палива в залежності від ступеню використання двигуна відповідно до потужності;

$K_{дв}$ - коефіцієнт використання двигуна відповідно часу використання;

$K_{дN}$ - коефіцієнт використання двигуна відповідно до потужності;

$K_{TЗ}$ - коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна, а також щозмінне технічне обслуговування машин на початку зміни ($K_{TЗ}=1,015$ – для машин з потужністю двигуна меншою за 100 кВт; $K_{TЗ}=1,03$ - для машин з потужністю двигуна 100 кВт та більше)

Після визначення індивідуальної норми витрат палива ДМ, розраховуються витрати палива в залежності від часу знаходження кожної машини в зоні ремонту протягом зміни. Для котків це:

$$T_{кзм_{tm+1,om}} = t_{заг_{tm+1,om}} \cdot z \quad (2.32)$$

Описаний алгоритм є загальним для усіх марок і типів ДМ.

2.2.2. Математична модель визначення витрат палива АС, які постачають асфальтобетонну суміш в зону ремонту

Інформаційна модель визначення витрат палива АС наведена на Рисунку 2.20 .

Для визначення витрат палива АС, що постачають ЗР асфальтобетоном спочатку розраховується об'єм потреби в асфальтобетонній суміші протягом зміни. Вихідні дані конструктивних властивостей дорожнього полотна імпортуються з аркуша «WorkingZone» в аркуш «DumpTracks», де і виконуються числові експерименти. Вихідні дані технічних характеристик АС – в Таблиці 2.8.

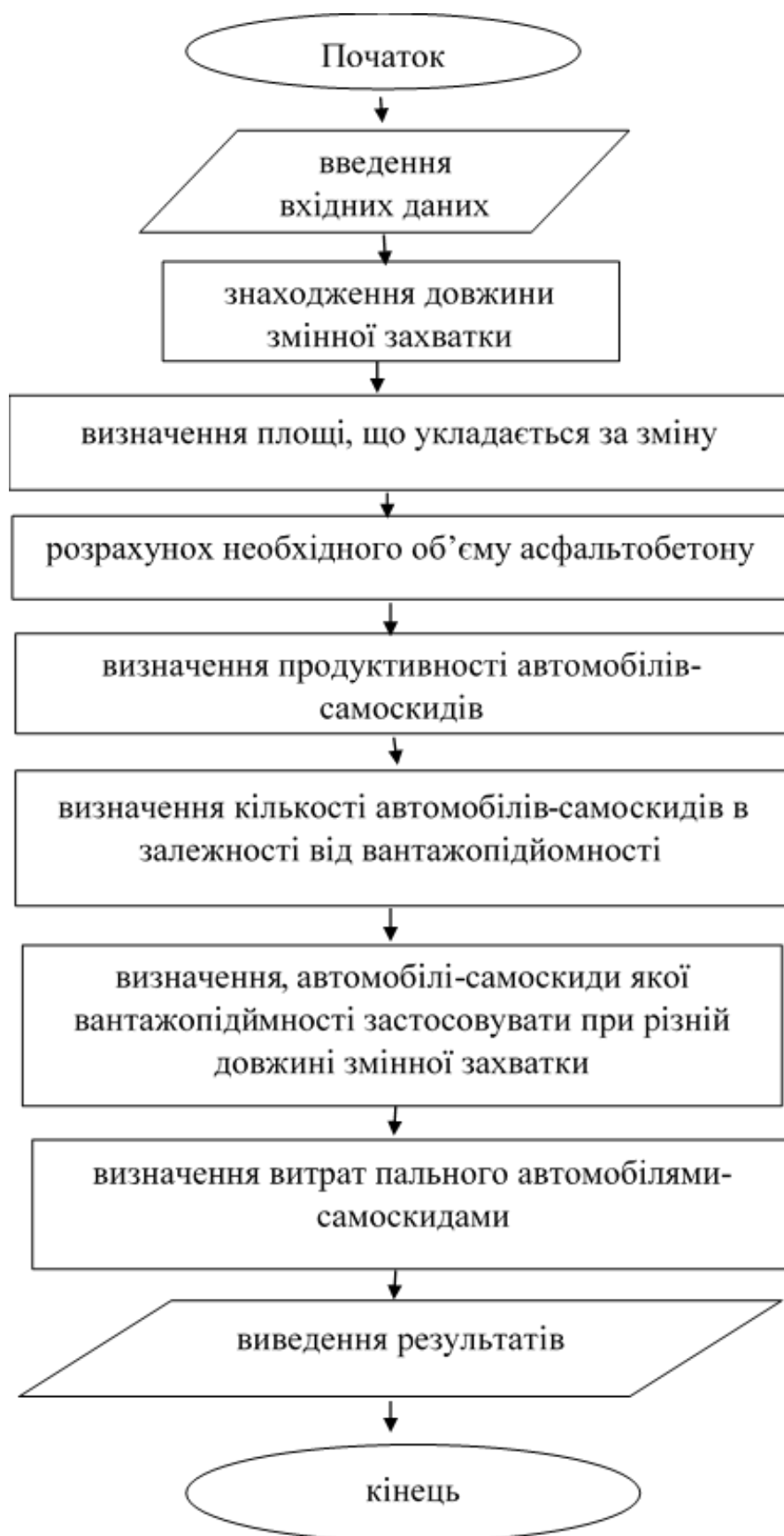


Рисунок 2.20 - Інформаційна модель визначення витрат палива АС

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики АС.

Характеристика	ЗІЛ 45021	КАМАЗ- 65115	КрАЗ- С20
Вантажопідйомність автосамоскида, т	6	14,5	20
Дальність транспортування матеріалу за різних умов руху (по ґрунтових дорогах та дорогах із твердим покриттям), км;	10	10	10
Середня робоча швидкість руху за різних дорожніх умов, км/год (при відстані перевезення до 1 км швидкість руху знижується на 20%);	60	70	70
Час навантаження й розвантаження автомобіля, год	0,15	0,2	0,2
Базова лінійна норма витрата палива, л/100 км	18	32,2	40
тривалість робочої зміни, год;	8		
коефіцієнт використання робочого часу	0,85		
коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,9		

В залежності від товщини верхнього шару покриття, щільності асфальтобетону, вантажопідйомності АС, що розглядаються, дальності транспортування, продуктивність буде відрізнятись.

Так як проводиться дослідження впливу організаційно-технічних параметрів, варіанти довжин ЗЗ розраховується, виходячи з довжини смуг укладання та кількості переходів котків протягом зміни. Продуктивність АС визначається за формулою:

$$П_{ЗМr1} = \frac{T_{ЗМ} \cdot Q_{a_i}}{\frac{2L}{V_i} + t_{нр}} k_r k_{вп} \quad (2.33)$$

де i – номер моделі АС ;

$T_{ЗМ}$ – тривалість робочої зміни, 8 год;

Q_{a_i} – вантажопідйомність автосамоскида, т;

L – дальність транспортування матеріалу, км;

V_i – середня робоча швидкість руху за різних дорожніх умов, км/год (при відстані перевезення до 1 км швидкість руху знижується на 20%);

$t_{\text{нр}}$ – час навантаження й розвантаження автомобіля (при $Q_{a_i} < 12$ т слід приймати $t_{\text{нр}} = 0,15$ год, при $Q_{a_i} > 12$ т – $t_{\text{нр}} = 0,20$ год);

k_r – коефіцієнт використання робочого часу, $k_r = 0,85$;

$k_{\text{вп}}$ – коефіцієнт використання вантажопідйомності, $k_{\text{вп}} = 0,90 \dots 1,0$.

Визначається кількість АС кожної моделі:

$$N_{r1,j} = \frac{Q_{Ti,j}}{P_{3Mr1}}, \quad (2.34)$$

де $Q_{Ti,j}$ – змінна потреба в асфальтобетонній суміші, т.

В подальшому, розраховуються індивідуальні витрати палива АС, л/зм. Для АС нормативні витрати палива визначаються за формулою:

$$Q_{n_i} = 0,01 H_{\text{sanc}_i} S (1 + 0,001 KE) + H_{z_i} Z, \quad (2.35)$$

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

KE - сумарний коригуючий коефіцієнт, %.

H_{sanc_i} - лінійна норма витрати палива самоскида, л/100 км (м куб./100 км), обраних моделей

$$H_{\text{sanc}_i} = H_{S_i} + H_{W_i} (G_{\text{нр}_i} + 0,5 g_i), \quad (2.36)$$

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;

$G_{\text{нр}}$ - 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 витрата палива в залежності від кількості одиниць залученої для перевезення матеріалів техніки.

$$Q_{sr1} = N_{r1,j} \cdot Q_{nr1}, \quad (2.37)$$

Далі методом пошуку мінімумів серед елементів матриць значень витрат палива АС формується матриця, що відображає оптимальний підбір ТЗ в залежності від довжини ЗЗ та вантажопідйомності. Такий підхід дає можливість оптимізувати енергоефективність роботи АС.

Вищенаведені моделі дозволяють варіювати значення і виконувати аналіз по технічним та організаційно-технічним параметрам ЗР.

2.2.3. Математична модель визначення витрат палива транспортним потоком, що рухається повз зону ремонту

При інформаційному моделюванні витрат енергії транспортними засобами в зоні ремонту необхідно підходити з точки зору системного аналізу [24]. Адже взаємодія різних елементів цієї системи несе в собі потребу в обґрунтуванні та врахуванні багатьох факторів та взаємодії між ними.

Всі об'єкти, які розглядаються в задачах системного аналізу, являють собою систему взаємопов'язаних складових частин (підсистем), а не є неподільним цілим. В процесі взаємодії вони змінюють свої властивості та якості. Однією з таких систем є ЗР – ділянка дороги, площа якої обмежена зонами дії технологічного транспорту (самоскиди, що доставляють матеріали в зону ремонту та вивозять відходи технологічного процесу), машини і механізми (котки, АУ і т.д.), розміщення технологічного обладнання (генератори, тощо), складування матеріалів для проведення дорожніх, аварійних та ін. робіт в смузї відведення дороги. В даному дисертаційному дослідженні розглядається схема, коли для проведення ремонтних робіт перекриваються СР ТП в одному напрямку. Отже, підсистема ЗР впливає на функціонування підсистеми ТП. Ця зона фактично є перешкодою для вільного руху ТП та змінює його швидкісні, часові, енерговитратні властивості.

В той же час і ТП впливає на роботу системи ЗР. Адже технологічний транспорт має вливатись в ТП та виходити з нього задля виконання своїх функцій з транспортування будівельних матеріалів, технологічного обладнання і т.д.



Рис. 2.21 - Система взаємодії ТЗ та спеціалізованих машин

Задля вирішення основної задачі, яка формується в зоні проведення ремонтних робіт і розглядається в даному дисертаційному дослідженні – зменшення енерговитрат, необхідно розбити підсистему ТП на кілька рівнів. На цих рівнях будуть розв'язуватись наступні задачі (Рис. 2.23.):

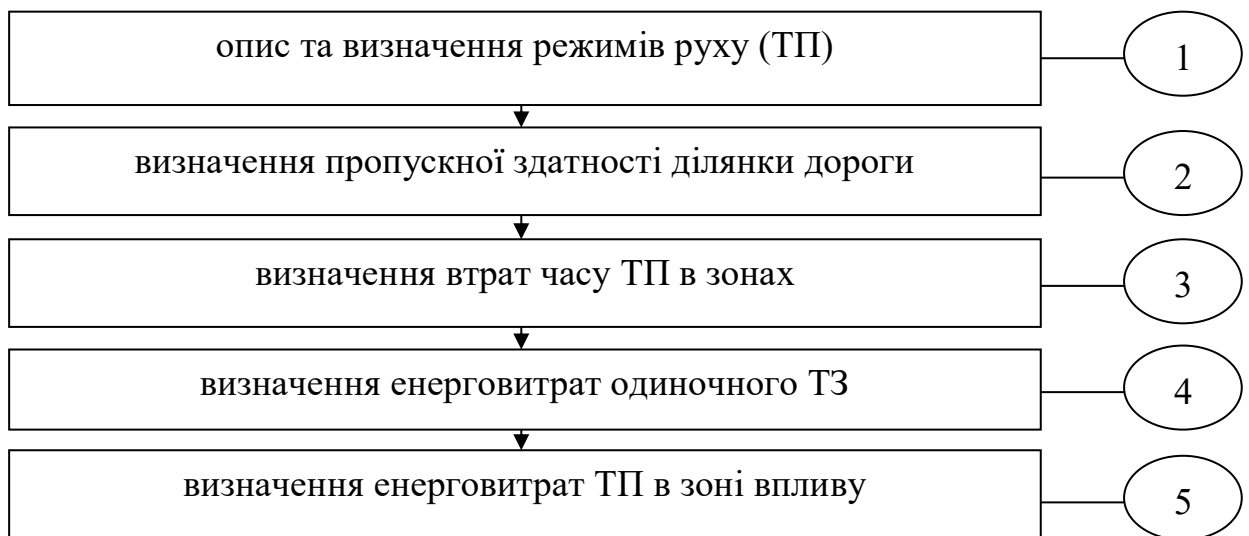


Рисунок 2.22. Рівні задач підсистеми «ТП» задля пошуку енерговитрат

На цих рівнях будуть розв'язуватись наступні задачі:

1. Опис та визначення режимів руху транзитного ТП в різних зонах, на які розбивається ЗР в залежності від зміни швидкості та умов руху ТЗ згідно нормативної бази;
2. Визначення ПЗ ділянки дороги, дотичної до ЗР в залежності від умов руху ТП;
3. Визначення втрат часу ТП в різних зонах в залежності від довжини ЗР;
4. Визначення енерговитрат одиночного ТЗ в залежності від його типу;
5. Визначення енерговитрат ТП на ділянці дороги, дотичної до ЗР в залежності від довжини ЗР, інтенсивності руху та складу ТП.

Згідно [112] 45.2, п 6.1.2, ширина проїзної частини об'їзду для двосмугового руху транспорту не повинна бути меншою 6,0 м. Також згідно п. 6.2 в'їзд та виїзд на об'їзд слід розташовувати не ближче за 20 м до місця проведення дорожніх робіт.

Функціонування підсистеми ЗР описано в розділі 2 цього дисертаційного дослідження. Для більш точного визначення та описання відрізка дороги, на якому відбувається взаємодія підсистем ТП та ЗР, пропонується ввести термін «зона взаємодії» (ЗВ). Її довжина буде визначатись сумарною довжиною ЗР та відрізків дороги, на яких будуть змінюватись режими руху ТЗ.

$$L_{ЗВ} = L_{ЗР} + \sum_{i=1}^m l_i \quad (2.38)$$

де $L_{ЗВ}$ – довжина зони взаємодії, м

$L_{ЗР}$ – довжина ЗР, м

l_i – довжина відрізків зон, в яких змінюється режим руху ТЗ, м.

В Розділі 3 дисертаційного дослідження визначаються енерговитрати в ЗР залежно від довжини ЗЗ, яка варіюється, обмежуючись технологічними параметрами. В цьому розділі також розглядаються різні варіанти довжини ЗР.

У зв'язку з тим, що для ремонту закривають СР в одному напрямку, рух транзитних ТЗ переводиться на суміжну смугу руху (Рис. 2.23) і чотирисмугова дорога починає працювати як двосмугова. В цьому випадку на ділянці, що прилягає до ЗР знижується ПЗ. Для розрахунку імовірних затримок необхідно обчислити ПЗ проїзної частини на даній ділянці.

Користуючись типовою Схемою 28 Додатку А Тимасової типові схеми Організації дорожнього руху при проведенні робіт [112], визначають декілька зон, в яких змінюються характеристики ТП (Рис. 2.23). В колах позначені обмеження швидкості руху.

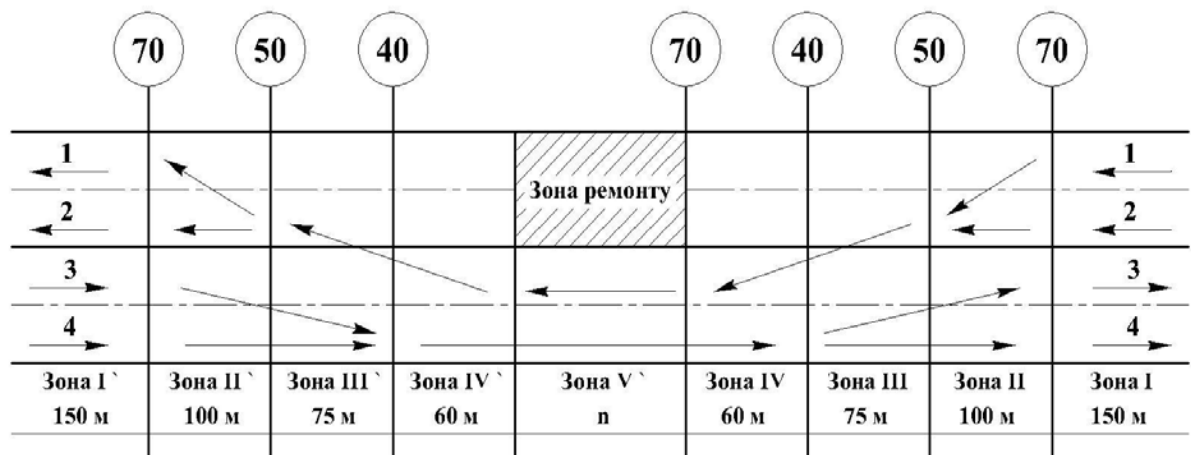


Рисунок 2.23 - Траєкторія руху транспортних потоків на підходах до зони ремонту та в її межах

Для спрощення опису даної системи введемо нові позначення – зони зміни стану ТП.

Зони I, II, III, IV – розташовані на ділянках до ЗР за напрямком руху ТП по смугах, де ведуться ремонтні роботи

Зона V – ділянка дороги проїзду транспорту в межах ЗР

Зони I', II', III', IV' - розташовані після ЗР за напрямком руху ТП на смугах, де ведуться ремонтні роботи.

Для покращення ведення розрахунків, досліджувана область розбивається на квадранти, в яких змінюється рух ТП (таблиця 2.9).

Таблиця 2.9 - Розбивка ділянки дороги на квадранти за ознакою зміни режиму руху

Квадрант	Опис руху транспортного потоку
І1, І2, І'3, І'4	ТП рухується з вільною швидкістю в межах розрахункових значень. 130 км/год для дороги І-А категорії, 130 км/год для І-Б категорії
ІІ1, ІІ2, ІІ'3, ІІ'4	ТП знижує швидкість через необхідність переходу з смуги 1 в смугу 2 та з смуги 3 – на 4, тобто два транспортних потоки зливаються в один. Швидкість обмежується до 70 км/год
ІІІ2-ІІІ3	ТЗ виконують маневр для переміщення на смугу 3, швидкість руху зменшується. Швидкість обмежується до 50 км/год
ІІІ'3, ІІІ'4	ТЗ виконують маневр для переміщення на смугу 4, швидкість руху зменшується. Швидкість обмежується до 50 км/год
ІV3	ТЗ виконують продовжують виконувати маневр для переміщення на смугу 3, швидкість руху зменшується. Швидкість обмежується до 40 км/год
V3, V4	ТЗ рухаються з умовно постійною швидкістю, обмеження – 70 км/год
ІV'4	ТЗ виконують продовжують виконувати маневр для переміщення на смугу 3, швидкість руху зменшується. Швидкість обмежується до 40 км/год
ІІІ'3, ІІІ'2	ТЗ виконують маневр для переходу на смугу 2, швидкість зростає
ІІ4 - ІІ3, ІІ'2- ІІ'1	ТП розділяється на два потоки по двох смугах руху, швидкість зростає
І3, І4, І'1, І'2	ТП рухується з вільною швидкістю в межах розрахункових значень після проходження ЗР

Максимальні витрати палива для автомобілів будуть в квадрантах ІІ1, ІІ2, ІІІ2, ІІІ3, ІІ'3, ІІ'4. Це пов'язано з переключенням передач та зміною швидкості, адже при злитті потоків, одиночні ТЗ мають змінити траєкторію руху і пропустити або випередити автомобіль, що переміщується з іншого потоку.

Підґрунтям для розрахунку ІІ3 є динамічна (зображує дворовмірність тимчасово-просторових змін у транспортному потоці) теорія транспортних потоків. Це пов'язано з тим, що при інтенсивності, яка близька або дорівнює пропускній здатності дороги, автомобілі мають взаємний вплив та рухаються

безперервною колоною в режимі “рух за лідером”. Для розрахунку ПЗ СР використовують різні методологічні підходи. При цьому використовуються [72] спрощені динамічні моделі, моделі, що базуються на теорії “руху за лідером”, моделі, що ґрунтуються на макроскопічних теоріях, фактична залежність “швидкість-щільність” та “інтенсивність-швидкість”. Крім того, ПЗ СР може бути визначена на основі спостережень за мінімальними інтервалами руху та на основі вимірювань ПЗ в реальних умовах.

В дослідженні процесів, що протікають в зоні проведення дорожньо-ремонтних робіт виникає потреба в моделювання різних ситуацій та поведінки вхідних, режими руху яких змінюються з залежності від зони, яку вони проходять. Це стає підґрунтям для використання імітаційного моделювання. В свою чергу, для імітаційного моделювання доцільно застосовувати психо-фізіологічну модель Відемана [19]. Основна ідея цієї моделі полягає в тому, що водій ТЗ орієнтується не тільки на встановлені дорожні знаки, але і на автомобіль, що рухається попереду.

Модель Відемана використовує випадкові числа для створення різноманітного потоку ТЗ. Модель взаємодії індивідуальних ТЗ заснована на реакції водіїв у вигляді реагування на просторову взаємодію учасників руху. Ці режими визначаються через межі, що їх розділяють, так звані пороги. В свою чергу, пороги залежать від швидкостей ТЗ та відстаней, що їх розділяють при русі один за одним. Модель Відемана містить чотири режими: вільний рух, наближення, критична ситуація та слідування. (Рисунок 2.24).

В залежності від режимів, змінюються правила прискорення, і, відповідно - пороги.

В моделі використовуються наступні пороги:

Пороги A_X , A_{BX} , S_{DX} – вказують мінімально допустиму дистанцію між автомобілями в залежності від відстаней між ними та швидкостей їх руху.

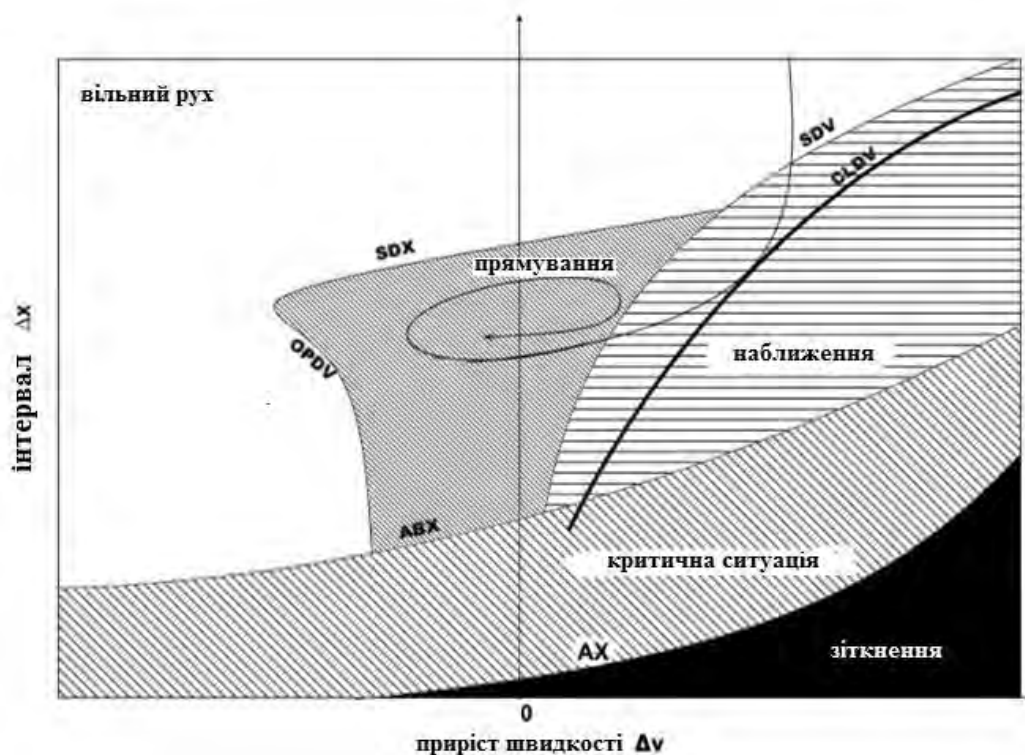


Рис. 2.24. Схематичне представлення режимів моделі Відемана

SDV – поріг сприйняття, описує той момент коли водій помічає, що наближається до більш повільного переднього ТЗ

CLDV – поріг сприйняття, що з'являється коли відстань між ТЗ мала і необхідно починати знижувати швидкість чи гальмувати

OPDV – поріг сприйняття, коли водій реагує на просторові обставини і бачить, що їде надто повільно і може пришвидшитись.

В свою чергу, режими руху функціонують наступним чином:

Вільний рух – ТЗ рухається вільно, тобто знаходиться вище всіх порогів і досягає допустимої швидкості, використовуючи максимальне прискорення.

Прямування - пороги SDV, SDX, OPDV та ABX цей режим, коли ТЗ рухаються один за одним з майже незмінним інтервалом.

Наближення – ТЗ минає пороги SDV та CLDV і водій помічає, що наближається до повільнішого автомобіля і, відповідно, гальмує, щоб уникнути зіткнення.

Критична ситуація- виникає, коли відстань до найближчого переднього автомобіля менша за ABX . Водій гальмує, щоб уникнути зіткнення.

Зіткнення не розглядається в моделі Відемана. Не зважаючи на те, що вона була запропонована науковцям в 1974 році, і досі є еталонною, не зважаючи на збільшення швидкостей руху ТЗ. Модернізація ТЗ коректно відображається в цій моделі.

ПЗ, що відповідає даній швидкості (авт/год) в кожному квадранті розраховується за формулою (2.38):

$$N(v_{i,j}) = \frac{1000v_{i,j}}{\Delta S}, \quad (2.38)$$

де $i = 1 \dots m$ - номер зони;

$j = 1 \dots n$ – номер СР;

$v_{i,j}$ – середня швидкість руху потоку автомобілів в зонах, (авто/год);

ΔS – інтервал поміж автомобілями, що рухаються один за одним в зонах, м

Для інформаційної моделі ТП, що досліджується в даній дисертаційній роботі, «переднім автомобілем» позначимо ТЗ, який в'їжджає в нову зону, визначену дорожнім знаком обмеження швидкості. «Задній автомобіль» - ТЗ, який рухається зі швидкістю, обмеженою дорожнім знаком попереднього квадранту або швидкості, визначеної для дороги І категорії в інформаційно модельованих умовах, якщо інше не передбачено законодавством.

Враховуючи, що довжина гальмування переднього та заднього автомобілів відмінні, ΔS виражається як

$$\Delta S_i = l_{pi} + l_{m2i} - l_{m1i} + l_{ak} + l_0, \quad (2.39)$$

У випадку, якщо розглядається рух ТП без перешкоди у вигляді ЗР, вираз (2.39) прийме вигляд:

$$\Delta S_i = l_{pi} + l_{ak} + l_0, \quad (2.40)$$

де l_{p_i} - шлях, який проходить задній автомобіль за час реагування водія, в зоні i , м

l_{m1_i} - шлях гальмування переднього автомобіля, в зоні i , м

l_{a_k} - довжина автомобіля k -го типу, м

l_{m2_i} - шлях гальмування заднього автомобіля, в зоні i , м

l_0 - запас шляху, м (прийmemo 1, 0 м)

Час реагування водія прийmemo 1,5 с, т. як це є середнє значення для різних умов, які можуть включати в себе: досвід водія, температуру зовнішнього середовища, умови роботи, час доби і т. ін. В залежності від квадранта, в якому змінюється швидкість руху ТЗ, шлях, який проходить задній автомобіль за час реагування водія, буде змінюватись (2.41).

$$l_{p_i} = v_i \cdot t, \quad (2.41)$$

де v_i – швидкість заднього автомобіля, м/с;

t – швидкість реакції водія, с.

Шлях гальмування автомобіля:

$$l_{m_i} = \frac{v_i^2}{2g\varphi}, \quad (2.42)$$

де $g=9,81$ м/с², φ - коефіцієнт зчеплення.

Коефіцієнт зчеплення залежить від багатьох факторів: швидкості руху транспортного засобу, типу та стану дорожнього покриття, погодних умов, малюнку протектору, температури зовнішнього середовища, тиску в шинах і т.д. В даній роботі найбільша увага приділяється змінам швидкостей руху в різних зонах. Причиною цьому є вплив режиму руху на витрати енергії ТП. Коефіцієнти зчеплення в залежності від швидкості руху і типу покриття наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 2.10 - Значення коефіцієнту зчеплення при різних швидкостях руху

Тип дорожнього покриття	Швидкість руху, км/год				
	0	40	50	70	100
	Швидкість руху, м/с				
	0	11,20	14	19,60	28
	Величина коефіцієнту зчеплення (j_v) в залежності від початкової величини (j_0)				
Асфальтобетонне	1,00	0,76	0,69	0,57	0,31

Блок-схему алгоритму наведено на Рис. 2.5.

Опис блок-схеми алгоритму:

Блок 1. Вводяться постійні коефіцієнти, які не є масивами значень:

l_0 – запас шляху, м;

t – час реакції водія (1,5 с);

g - прискорення, (9,8 м/с);

ψ – коеф. опору дороги;

k – опору повітря;

v_{p0} -макс. швидкість руху, (100 км/год);

n – кількість типів ТЗ;

Запускається цикл по кількості типів ТЗ і вводяться коефіцієнти і дані, індивідуальні для кожного типу ТЗ. Типи ТЗ:

1. Легковий автомобіль, приймається ГАЗ 2402;
2. Вантажний автомобіль, приймається ЗІЛ-130;
3. Автобус, приймається ЛАЗ 699Р.

Ці моделі ТЗ обрані через те, що найбільш досліджені і постійні коефіцієнти надані в роботі Говорущенка Н. Я. [93].

A, B, C – постійні коеф. для кожної моделі ТЗ;

b, h – габарити ТЗ, м;

η – індикаторний ККД;

i_0 -передаточне число коробки передач;

G_t -маса ТЗ, т;

α, β, γ - доля різних типів ТЗ в ТП.

Блок 2.

Розраховується лобова площа автомобіля кожного типу та маса переводиться з т в Н.

Блок 3.

Вводяться показники, які змінюються в залежності від зони.

m – кількість розрахункових ділянок дороги зі зміною швидкості (9)

l - довжина розрахункових ділянок дороги зі зміною швидкості, м

V_{pa12} – приведена швидкість руху ТП 1,2, км/год

Блок 4.

В залежності від того, в якій зоні знаходиться автомобіль, розраховується його середня швидкість. Якщо це перша та остання зона ТП12 та ТП34, середня швидкість дорівнюватиме 100 км/год – швидкість, дозволена в цих зонах, де автомобіль рухається без перешкод.

В зонах, відмінних від 1 та 1', приймаємо середню швидкість, яка обмежує рух ТП дорожніми знаками.

Далі розраховуємо шлях, який проходить автомобіль в цих зонах за час реакції водія.

Блок 5.

Вводяться коефіцієнти зчеплення на швидкостях 100, 70, 50, 40 км/год, дозволених в зонах.

Розраховується шлях гальмування в залежності від швидкості руху.

Блок 6.

Розраховується приведена довжина розрахункового автомобіля що залежить від габаритів ТЗ та їх долі в ТП.

Запускається цикл для введення в кожній зоні:

l_{m112} - ГШ переднього автомобіля ТП12, м

l_{m212} - ГШ заднього автомобіля ТП12, м

і розраховуються:

ΔS_{12} , ΔS_{34} - інтервали між автомобілями в ТП 1-4, м

N_{12} , N_{34} – ПЗ дороги по зонам з урахуванням ТП1-4, авт/год

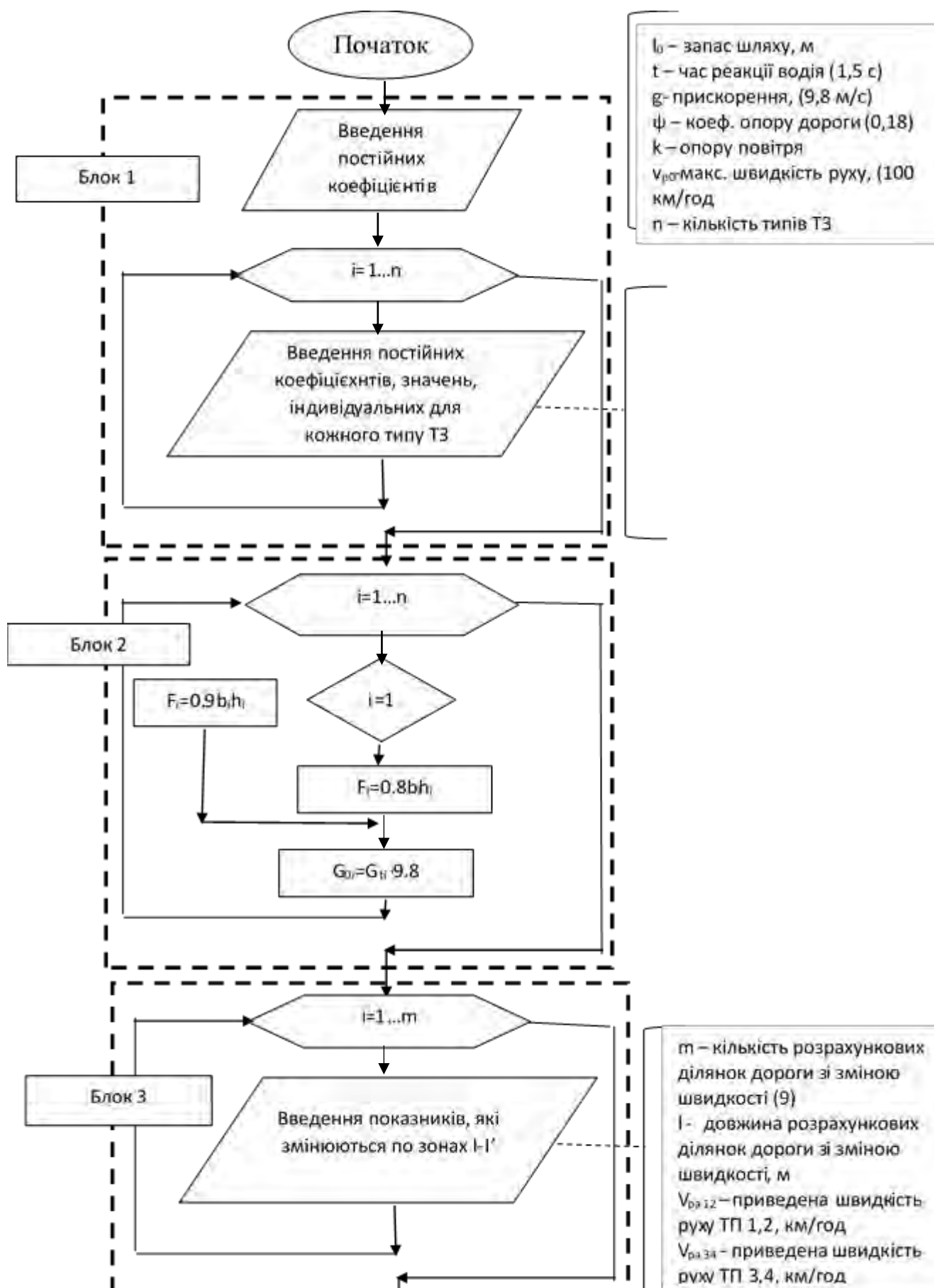
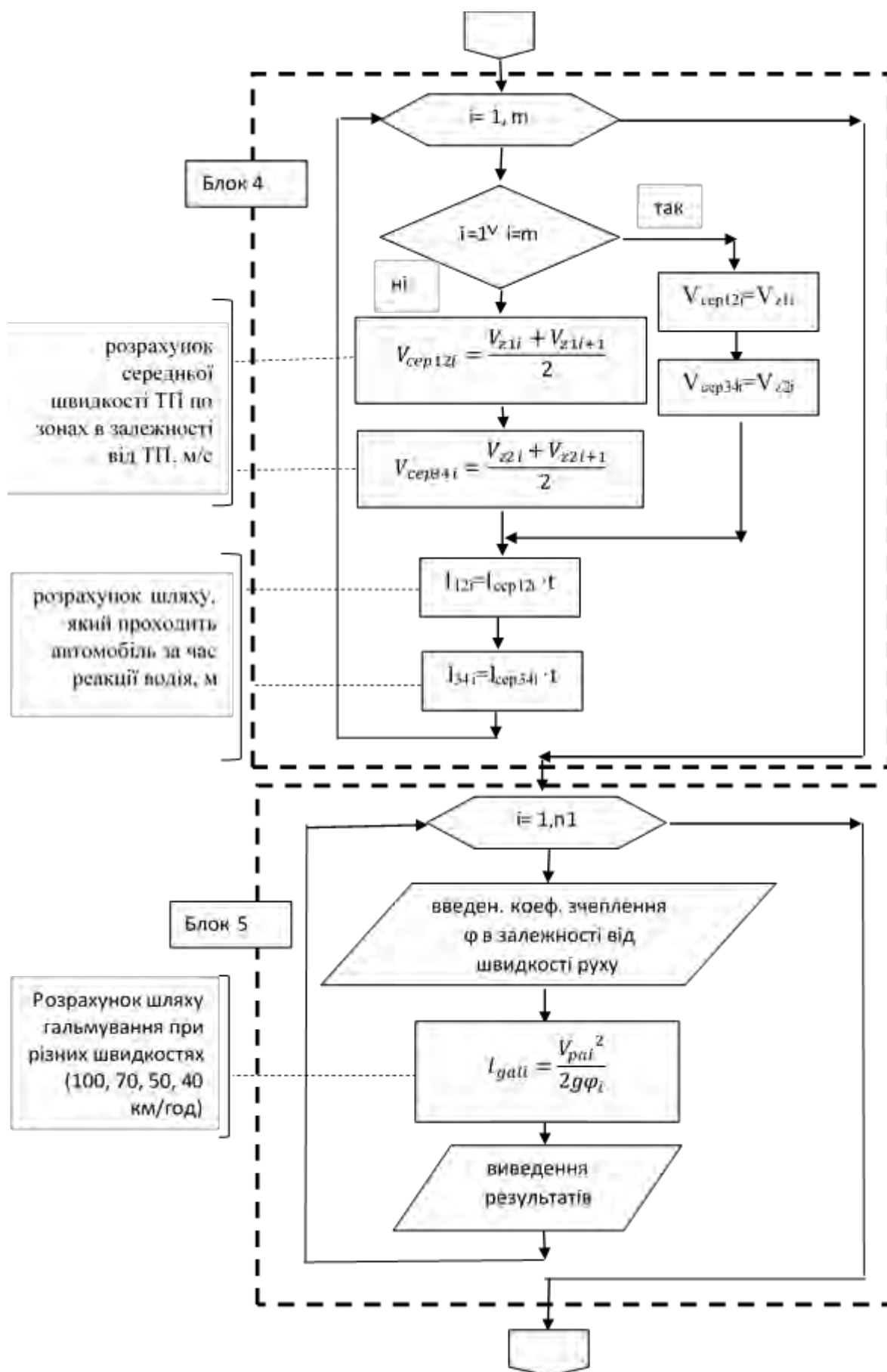
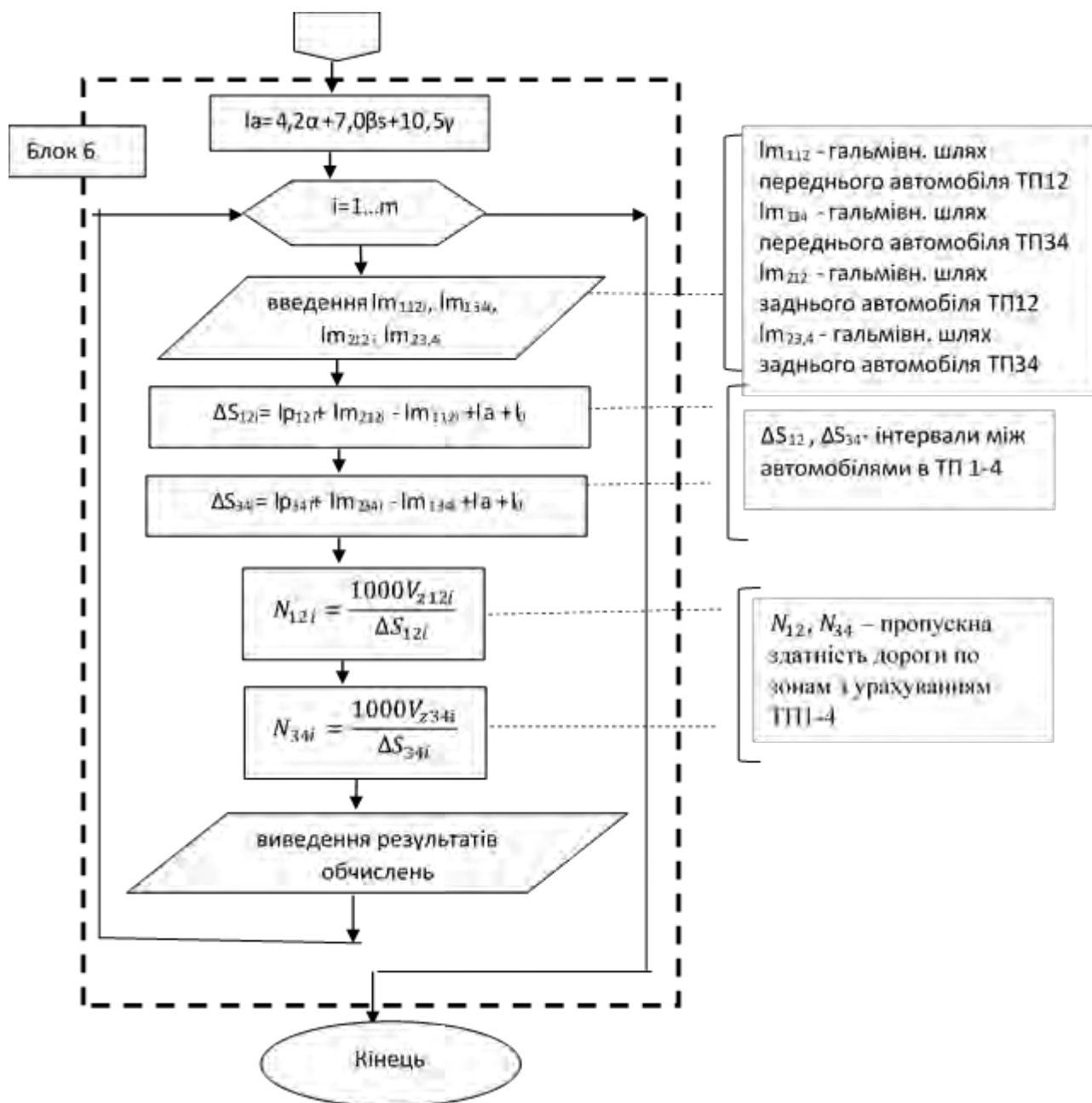


Рисунок 2.25 – Блок-схема алгоритму ЗЕ ПЗ зон



Продовження Рис. 2. 25 - Блок-схема алгоритму ЧЕ ПЗ зон



Завершення Рис. 2. 25 Блок-схема алгоритму ЧЕ ПЗ зон

Результати розрахунків отримані в програмі MathCad14 (Додаток 3).

В моделі розглядається три типи ТЗ – легковий автомобіль, вантажний автомобіль та автобус. Результати обчислень зведені в Табл. 3.3.

Розрахункові швидкості руху по зонах, які встановлюються згідно [126]:

Таблиця 2.11. Швидкісні показники для ТЗ

Тип ТЗ	Максимальна швидкість, $V_{\max}$ км/год	Максимальна швидкість, $V_{p\max}$ м/с	Середня швидкість руху, V_{ser} км/год	Середня швидкість руху, V_{ser2} м/с
Легковий автомобіль	142	39,76	76,4	21,39
Вантажний автомобіль	80	22,4	62,6	17,53
автобус	102	28,56	66	18,48

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 ТЗ:

$$Q_{TP_{i,j}} = \frac{1}{\eta_{i,j}} \left(A i_{k_{i,j}} + B_j i_{k_{i,j}}^2 v_{a_{i,j}} + C_j \left(G_{a_{i,j}} \psi + 0,77 k_{i,j} F_j v_{a_{i,j}}^2 \right) \right) \pm 0,1 \beta_{i,j} G_{a_{i,j}} v_{a_{i,j}}, \quad (2.43)$$

де: А, В, С – постійні коефіцієнти для автомобілів різних типів;

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

G_a - розрахункова маса автомобіля, Н;

ψ – коефіцієнт опору дороги (приймається 0,26);

k – коефіцієнт опору повітря, Н·с²м⁻⁴;

F – лобова площа автомобіля, м²;

η - коефіцієнт корисної дії трансмісії (приймається 0,875 для автомобілів з одним і 0,825 з двома ведучими мостами);

β -враховує вплив мас, що обертаються (маховик, колеса і т.д), Визначається за формулою

$$\beta = 1 + a_k i_k^2, \quad (2.44)$$

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;

$0,1\beta_{Gav}$ – коефіцієнт, що корелює витрати ПММ ТЗ при розгоні та гальмуванні автомобілів. При сталому режимі руху він дорівнює 0.

Після розрахунку індивідуальної витрати палива, визначаються сумарні витрати палива ТП:

$$Q_{S_r} = L_{зax_r} \left(\sum_{i=1}^m Q_{ТП_{i,1}} \alpha + \sum_{i=1}^m Q_{ТП_{i,2}} \beta_S + \sum_{i=1}^m Q_{ТП_{i,3}} \gamma \right), \quad (2.45)$$

де m – кількість зон;

$Q_{ТП}$ – витрати палива одиночним автомобілем, л/100 км;

α , β_S , γ – доля ТЗі-го типу в складі транспортного потоку при розрахунковій пропускній здатності в кожній зоні;

Висновки по розділу 2.

1. Створена інформаційна 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.

2. При розробці інформаційних та математичних моделей автором частково використовувались формули, опробовані науковцями практично та емпірично. Для розробки моделей застосовувались засади теорії двигунів, СМО, та аналітико-синтетичної обробки інформації.

3. Математичні моделі можуть бути застосовані для різних типів ДМ, ТЗ, 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.

4. 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 ЧЕ для визначення витрат палива АС, ДМ, ТЗ та організаційно-технічних, лінійних, часових показників; форми VBA, 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 реціпієнтами. Більш детально описано в розділі 3.

РОЗДІЛ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЛОВИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ТЕХНІЧНИМИ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОБ'ЄКТІВ В ЗОНІ РЕМОНТУ

3.1. Визначення кількісних показників витрат палива дорожніми машинами в зоні ремонту

При розрахунку витрат палива АУ згідно математичної моделі, наведеної в розділі 2.2.1 приймаються вхідні дані наведені в Таблиці 3.1 з аркуша «CalculatedAsphPaverFuel», діапазону A2:B8. ЧЕ виконується в діапазоні F2:N22.

Таблиця 3.1 - Вхідні дані для розрахунку витрат палива АУ

Коефіцієнт використання машини	0,3
Коефіцієнт використання двигуна по потужності	0,3
Коефіцієнт використання двигуна в часі	0,79
Коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна в часі	1,35
Коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна та щозмінне технічне обслуговування машини на початку зміни	1,015
Ширина СУкл, м	=WorkingZone!B3
Вартість палива, грн/кг	28

Формули, розміщені в діапазоні, надані в Додатку Д.

У відповідності до розрахунків нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження АУ складає 0,3247; індивідуальна норма витрати палива АУ на одиницю робочого часу, кг/год - 4,6082; індивідуальна норма витрати палива АУ на одиницю робочого часу, кг/хв - 0,0768.

Для обраного АУ діапазон робочої швидкості в межах 5-24 м/хв, або 0,3 – 1,4 км/год. Швидкість холостого ходу 1 – 4,5 км/год.

Результати ЧЕ пошуку експлуатаційної продуктивності, м²/год; довжини смуги, що укладається за годину, м; довжини ЗЗ, м; індивідуальна витрата палива на одиницю довжини л/м; індивідуальна витрата палива на одиницю довжини покриття в залежності від швидкості робочого ходу надані в Таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати ЧЕ в залежності від швидкості робочого руху АУ

Швидкість робочого ходу м/хв	5,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0
Експлуатаційна продуктивність в залежності від швидкості руху, м ² /год	675,00	1620,00	1890,00	2160,00	2430,00	2700,00	2970,00	3240,00
Довжина смуги, що укладається за годину, м	90,00	216,00	252,00	288,00	324,00	360,00	396,00	432,00
Довжина ЗЗ, м	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
Індивідуальна витрата палива на одиницю довжини при різних швидкостях л/м	0,0512	0,0213	0,0183	0,0160	0,0142	0,0128	0,0116	0,0107
Індивідуальна витрата палива на одиницю довжини при різних швидкостях л/м	0,05	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Вартість витрат палива на одиницю продукції, грн/м.пог	1,43	0,60	0,51	0,45	0,40	0,36	0,33	0,30

Також було визначено, що змінна індивідуальна норма витрат палива АУ складає 11,05 л/зміну, а максимальний час роботи протягом зміни складає 410 хв.

Побудовано графік (рисунк 3.1) значень індивідуальної витрати палива АУ на одиницю довжини покриття в залежності від швидкості робочого ходу.

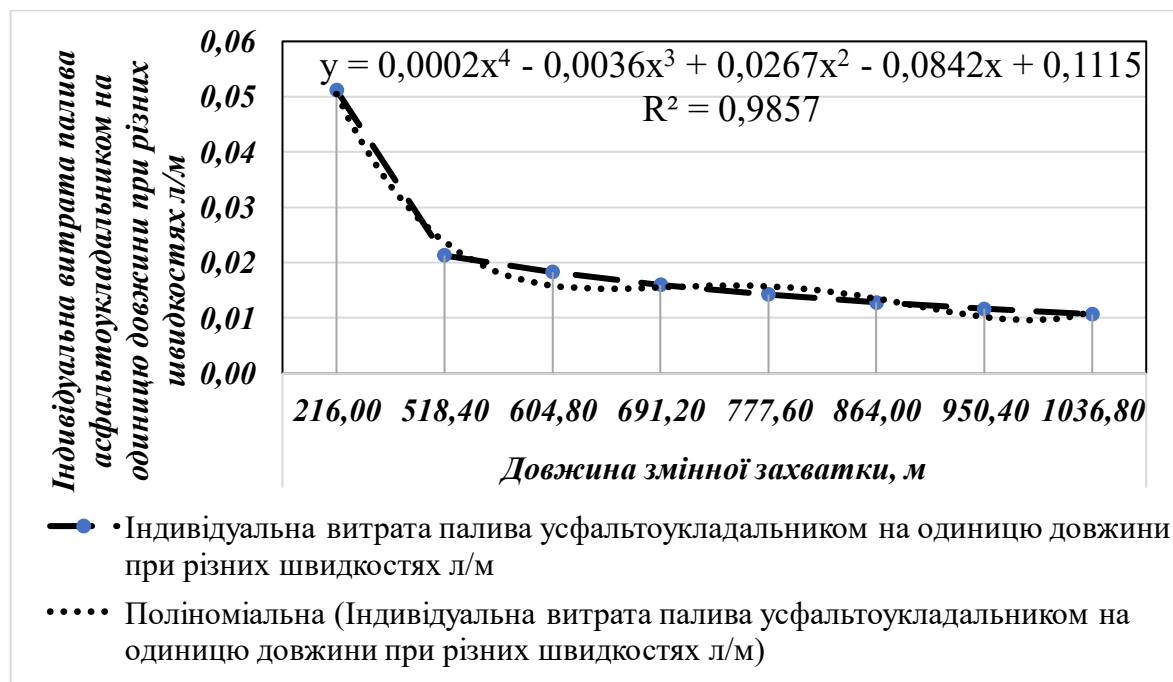


Рисунок 3.1 - Індивідуальна витрата палива АУ на одиницю довжини покриття в залежності від швидкості робочого ходу, л/м. пог.

Виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновок, що при збільшенні швидкості АУ, індивідуальна витрата палива зменшується і, відповідно, зменшується вартість витрат палива на погонний метр дорожнього покриття. Оптимальна за енергоефективністю АУ довжина ЗЗ складає 1036, 80 м. Однак, для достовірності прийняття управлінського рішення, необхідно розрахувати оптимальну довжину ЗЗ для котків.

Довжини смуг ущільнення, що використовуються в числових експериментах: 25; 45; 65; 85; 105; 125; 145; 165; 185; 205; 225; 245; 265 м.

Довжини ЗЗ що використовуються в числових експериментах, м: 216,00; 518,40; 604,80; 691,20; 777,60; 864,00; 950,40; 1036,80 – у відповідності до продуктивності ведучої машини, АУ.

Числові експерименти з ЛК (Ammann AV 14-2k) проводяться на аркуші «CalculatedRollersLightFuel». Вихідні дані знаходяться в діапазоні A2:B17 і наведені в таблиці 3.3. Формули для обчислення -в Додатку Д.

Таблиця 3.3 - Вихідні дані для ЧЕ з технічними та технологічними характеристиками ЛК

Коефіцієнт використання машини	0,79
Коефіцієнт використання двигуна по потужності	0,5
Коефіцієнт використання двигуна в часі	0,79
Коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна в часі	1,18
Коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна та щозмінне технічне обслуговування машини на початку зміни	1,015
Ширина СУкл, м	7,5
Ширина смуги перекриття, м	0,2
Ширина валяця котка, м	0,94
Кількість котків, шт	3
Кількість проходів по 1 сліду, шт	6
Довжина бази котка, м	2,6
Норма витрат палива, л/год	2,89
Номинальна потужність двигуна, кВт	26,10
Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка	0,47
Питома витрата палива, г/кВт*год	117,27
Вартість палива, грн/кг	28

Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка - 0,4731; індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/год - 3,5685; індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/хв - 0,0595.

Швидкість робочого ходу ЛК – 8-12 км/год (134 – 201 м/хв); швидкість холостого ходу - 27,5 м/хв.

В таблиці 3.4 надані значення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів. Враховується, що перші 2 проходи виконуються на пониженій робочій швидкості, а наступні варіюються згідно технічних характеристик котка. Формули для розрахунку - в Додатку Д.

Таблиця 3.4 - Визначення часу на проходження 1 СУщ ЛК за визначену кількість проходів

Швидкість робочого ходу, м/хв	Довжина СУщ, м												
	25,0	45	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265
134,4	6,6	11,7	16,8	21,9	27,0	32,1	37,2	42,3	47,4	52,5	57,6	62,7	67,8
151,2	6,5	11,6	16,6	21,7	26,7	31,8	36,8	41,9	46,9	52,0	57,0	62,1	67,1
168,0	6,5	11,5	16,5	21,5	26,5	31,5	36,5	41,5	46,6	51,6	56,6	61,6	66,6
184,8	6,4	11,4	16,4	21,4	26,3	31,3	36,3	41,3	46,3	51,2	56,2	61,2	66,2
201,6	6,4	11,3	16,3	21,2	26,2	31,1	36,1	41,0	46,0	51,0	55,9	60,9	65,8

Визначення кількості смуг ущільнення наведено в таблиці 3.5. Середній час ущільнення: =AVERAGE(G14:G18). Формули для розрахунку наводяться в Додатку Д.

Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення ЗЗ, якщо кількість ЛК не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки наведено в таблиці 3.6. Формули – в Додатку Д.

Таблиця 3.5 - Кількість смуг ущільнення по довжині ЗЗ в залежності від довжини СУщ

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ								Середній час ущільнення
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80	
25	9	21	24	28	31	35	38	41	6,5
45	5	12	13	15	17	19	21	23	11,5
65	3	8	9	11	12	13	15	16	16,5
85	3	6	7	8	9	10	11	12	21,5
105	2	5	6	7	7	8	9	10	26,5
125	2	4	5	6	6	7	8	8	32
145	1	4	4	5	5	6	7	7	36,6
165	1	3	4	4	5	5	6	6	41,6
185	1	3	3	4	4	5	5	6	46,6
205	1	3	3	3	4	4	5	5	52
225	1	2	3	3	3	4	4	5	56,7
245	1	2	2	3	3	4	4	4	61,7
265	1	2	2	3	3	3	4	4	66,7

Таблиця 3.6 - Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення ЗЗ ЛК, хв

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ							
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	487,78	4942,62	9663,18	16456,60	25682,60	37700,87	52871,13	71553,11
45	154,22	1529,17	2986,14	5082,87	7930,40	11639,74	16321,92	22087,96
65	76,68	735,68	1433,99	2438,93	3803,73	5581,58	7825,70	10589,30
85	47,05	432,41	840,77	1428,43	2226,53	3266,17	4578,48	6194,57
105	32,66	285,20	552,81	937,92	1460,94	2142,25	3002,24	4061,31
125	24,61	202,80	391,63	663,36	1032,40	1513,13	2119,94	2867,22
145	19,65	152,08	292,41	494,35	768,61	1125,87	1576,83	2132,18
165	16,39	118,66	227,03	382,98	594,78	870,68	1218,94	1647,82
185	14,12	95,47	181,68	305,74	474,22	693,69	970,72	1311,88
205	12,49	78,74	148,94	249,98	387,19	565,92	791,54	1069,38
225	11,27	66,27	124,54	208,41	322,31	470,69	657,98	888,62
245	10,33	56,72	105,87	176,61	272,67	397,81	555,77	750,29
265	9,60	49,25	91,27	151,73	233,84	340,80	475,81	642,08

Кольором виділені діапазони, які можуть прийматись до використання. Обмеження – по часу роботи протягом зміни. Формули наведені в Додатку 26. Умовне форматування виконано засобами MS Excel. Якщо час ущільнення менше або дорівнює робочому часу протягом зміни – виконується кольорове форматування комірок. Якщо умова не виконується – заливка комірок з результатами залишається білою. Виходячи з Таблиці 3.6, можна зробити висновок, що довжина ЗЗ 950, 4м та 1036,80 м не може прийматись, так як технологічний процес не буде завершено до кінця зміни.

Витрати палива котками, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки наведені в Таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Витрати палива ЛК протягом зміни, кг

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ							
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	27,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	13,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	8,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
105	5,83	50,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
125	4,39	36,18	69,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145	3,51	27,13	52,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165	2,92	21,17	40,51	68,33	0,00	0,00	0,00	0,00
185	2,52	17,03	32,42	54,55	0,00	0,00	0,00	0,00
205	2,23	14,05	26,58	44,60	69,08	0,00	0,00	0,00
225	2,01	11,82	22,22	37,19	57,51	0,00	0,00	0,00
245	1,84	10,12	18,89	31,51	48,65	70,98	0,00	0,00
265	1,71	8,79	16,28	27,07	41,72	60,81	0,00	0,00

Програмно задано, якщо довжина ЗЗ або СУщ не можуть бути ущільнені, значення витрат приймаються рівними «0» для кращого сприйняття користувачем. Формули для розрахунку – в Додатку Д, графік – на Рисунку 3.2.

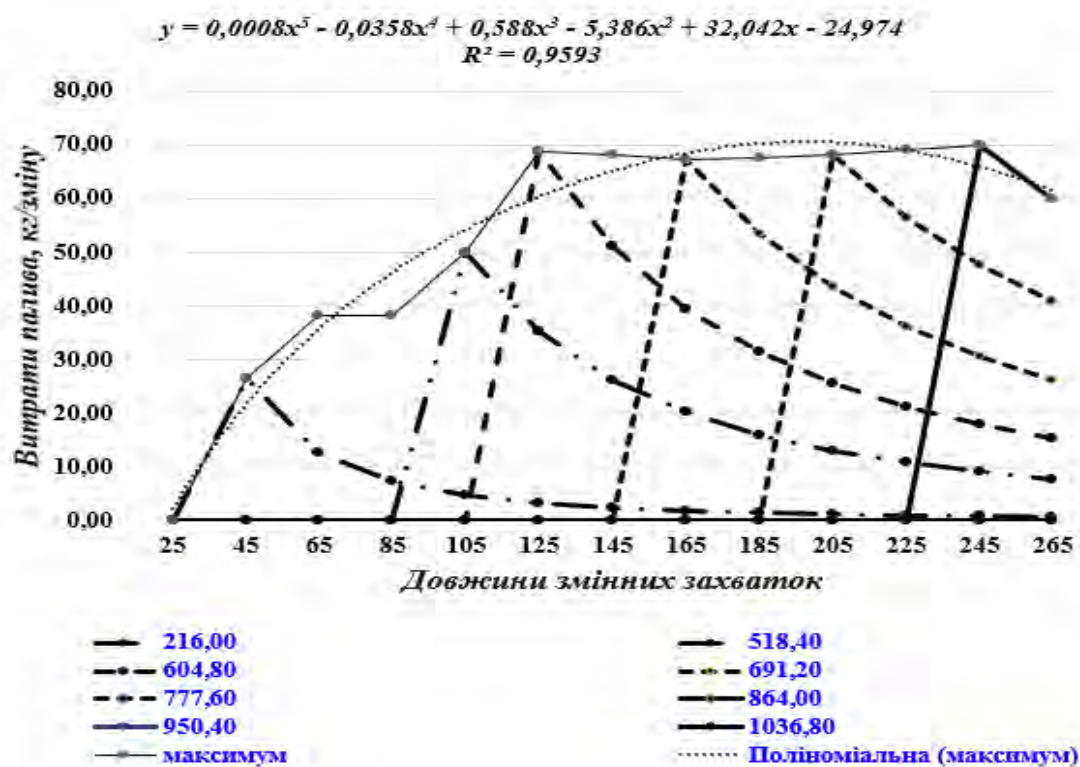


Рисунок 3.2 - Результати ЧЕ витрат палива ЛК, кг/зміну.

Вартості витрат палива на 1 м² покриття наведено в таблиці 3.8

Таблиця 3.8 - Визначення вартості витрат палива на 1 м² покриття

Довжина СУЩ, м	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
105	0,76	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
125	0,57	1,95	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145	0,45	1,47	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
165	0,38	1,14	1,88	2,77	0,00	0,00	0,00	0,00
185	0,33	0,92	1,50	2,21	0,00	0,00	0,00	0,00
205	0,29	0,76	1,23	1,81	2,49	0,00	0,00	0,00
225	0,26	0,64	1,03	1,51	2,07	0,00	0,00	0,00
245	0,24	0,55	0,87	1,28	1,75	2,30	0,00	0,00
265	0,22	0,47	0,75	1,10	1,50	1,97	0,00	0,00

Мінімальна вартість витрат на паливо для 1 м² покриття буде при довжині 33 216 м і довжині СУщ – 265 м. Це пов'язано з тим, що коток не виконує переходів вхолосту, не витрачає час на маневр і його продуктивність максимальна.

Числові експерименти з СК (обрано YZC 8) проводяться на аркуші «CalculatedRollersAverFuel». Вихідні дані знаходяться в діапазоні A2:B17 і наведені в таблиці 3.9. Формули для обчислення -в Додатку Е.

Таблиця 3.9 - Вихідні дані для ЧЕ з технічними та технологічними характеристиками СК

Коефіцієнт використання машини	0,79
Коефіцієнт використання двигуна по потужності	0,5
Коефіцієнт використання двигуна в часі	0,79
Коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна в часі	1,18
Коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна та щозмінне технічне обслуговування машини на початку зміни	1,015
Ширина СУкл, м	7,5
Ширина смуги перекриття, м	0,2
Ширина валяця котка, м	1,74
Кількість котків, шт	3
Кількість проходів по 1 сліду, шт	6
Довжина бази котка, м	3,68
Норма витрат палива, л/год	6,3
Номінальна потужність двигуна, кВт	51,00
Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка	0,473092
Питома витрата палива, г/кВт*год	106,24

Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка - 0,4731;

Індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/год - 15,2004;

Індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/хв - 0,2533.

Швидкість робочого ходу СК – 4-6 км/год (67 – 100 м/хв); швидкість холостого ходу – 14,6 м/хв.

В таблиці 3.10 надані значення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів. Враховується, що перші 2 проходи виконуються на понижений робочій швидкості, а наступні варіюються згідно технічних характеристик котка. Формули для розрахунку - в Додатку Е.

Таблиця 3.10 - Визначення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів

Швидкість робочого ходу, м/хв	Довжина СУщ, м												
	25,0	45	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265
67,2	12,7	22,4	32,1	41,8	51,5	61,2	71,0	80,7	90,4	100,1	109,8	119,6	129,3
84,0	12,4	22,0	31,5	41,0	50,6	60,1	69,7	79,2	88,7	98,3	107,8	117,4	126,9
100,8	12,3	21,7	31,1	40,5	50,0	59,4	68,8	78,2	87,6	97,1	106,5	115,9	125,3

Визначення кількості смуг ущільнення наведено в таблиці 3.11. Середній час ущільнення: =AVERAGE(G14:G18). Формули для розрахунку наводяться в Додатку Е.

Таблиця 3.11 - Кількість смуг ущільнення по довжині ЗЗ в залежності від довжини СУщ

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ								Середній час ущільнення
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80	
25	9	21	24	28	31	35	38	41	12,5
45	5	12	13	15	17	19	21	23	22,0
65	3	8	9	11	12	13	15	16	31,6
85	3	6	7	8	9	10	11	12	41,1
105	2	5	6	7	7	8	9	10	50,7
125	2	4	5	6	6	7	8	8	60
145	1	4	4	5	5	6	7	7	69,8
165	1	3	4	4	5	5	6	6	79,4
185	1	3	3	4	4	5	5	6	88,9
205	1	3	3	3	4	4	5	5	98
225	1	2	3	3	3	4	4	5	108,1
245	1	2	2	3	3	4	4	4	117,6
265	1	2	2	3	3	3	4	4	127,2

Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення ЗЗ, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки наведено в таблиці 3.12. Формули – в Додатку Е.

Таблиця 3.12 - Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення ЗЗ, хв

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ							
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	113,22	462,10	769,45	1142,88	1582,39	2087,98	2659,64	3297,38
45	65,39	259,21	429,97	637,43	881,60	1162,48	1480,07	1834,37
65	47,00	181,18	299,39	443,02	612,06	806,52	1026,39	1271,67
85	37,26	139,87	230,27	340,10	469,37	618,07	786,21	973,78
105	31,23	114,30	187,48	276,39	381,03	501,41	637,52	789,36
125	27,13	96,91	158,38	233,06	320,97	422,08	536,41	663,96
145	24,16	84,31	137,31	201,69	277,47	364,64	463,20	573,16
165	21,91	74,77	121,34	177,92	244,52	321,12	407,73	504,36
185	20,15	67,30	108,83	159,29	218,69	287,01	364,26	450,44
205	18,73	61,28	98,76	144,30	197,90	259,56	329,27	407,04
225	17,57	56,33	90,48	131,97	180,81	236,98	300,50	371,36
245	16,59	52,19	83,55	121,66	166,51	218,10	276,43	341,50
265	15,76	48,67	77,67	112,90	154,36	202,06	255,99	316,15

Кольором виділені діапазони, які можуть прийматись до використання. Обмеження – по часу роботи протягом зміни. Формули наведені в Додатку 31. Умовне форматування виконано засобами MS Excel як і для ЛК. Виходячи з Таблиці 3.12, можна зробити висновок, що довжина ЗЗ 950, 4м та 1036,80 м може прийматись, але так як технологічний процес не буде завершено ЛК до кінця зміни, в подальшому прийматись не буде.

Витрати палива котками, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки наведені в Таблиці 3.13.

Програмно задано, якщо довжина ЗЗ або СУщ не можуть бути ущільнені, значення витрат приймаються рівними «0» для кращого сприйняття користувачем. Формули для розрахунку – в Додатку Е, графік – на Рисунку 3.3.

Таблиця 3.13 - Витрати палива СК протягом зміни, кг

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ							
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	28,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	16,57	65,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	11,91	45,90	75,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	9,44	35,43	58,34	86,16	0,00	0,00	0,00	0,00
105	7,91	28,96	47,50	70,02	96,53	0,00	0,00	0,00
125	6,87	24,55	40,12	59,04	81,31	0,00	0,00	0,00
145	6,12	21,36	34,79	51,10	70,29	92,38	0,00	0,00
165	5,55	18,94	30,74	45,08	61,95	81,35	103,30	0,00
185	5,10	17,05	27,57	40,36	55,40	72,71	92,28	0,00
205	4,75	15,52	25,02	36,56	50,14	65,76	83,42	103,12
225	4,45	14,27	22,92	33,43	45,81	60,04	76,13	94,08
245	4,20	13,22	21,17	30,82	42,18	55,25	70,03	86,52
265	3,99	12,33	19,68	28,60	39,11	51,19	64,85	80,09

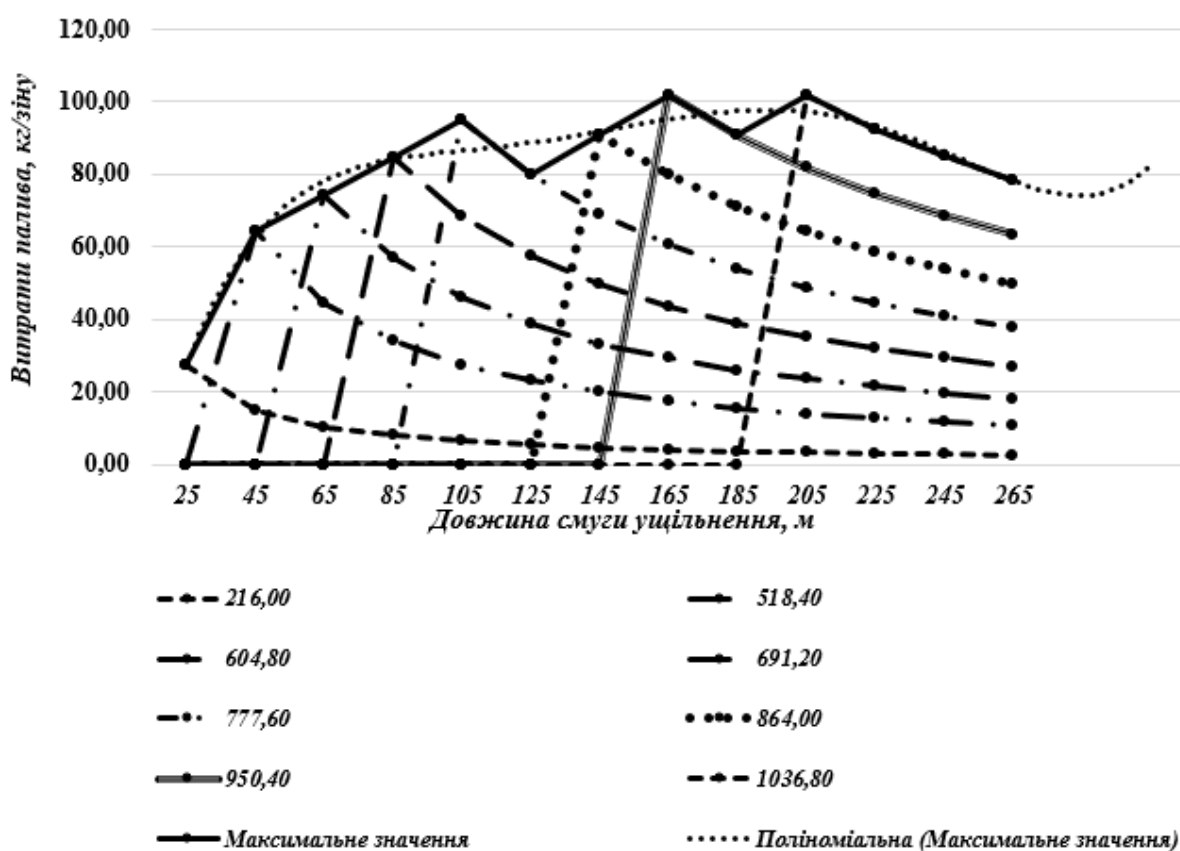


Рисунок 3.3 - Результати ЧЕ витрат палива СК, кг/зміну

Мінімальна вартість витрат на паливо для 1 м² покриття буде при довжині 33 216 м і довжині СУщ – 265 м. Це пов'язано з тим, що коток не виконує переходів вхолосту, не витрачає час на маневр і його продуктивність максимальна. Максимальна вартість палива на одиницю продукції - для довжини СУщ 25 м і змінній захватці 216 м.

Вартості витрат палива СК на 1 м² покриття наведено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 - Визначення вартості витрат палива СК на 1 м² покриття

Довжина СУщ, м	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	2,15	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	1,54	2,48	3,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	1,22	1,91	2,70	3,49	0,00	0,00	0,00	0,00
105	1,03	1,56	2,20	2,84	3,48	0,00	0,00	0,00
125	0,89	1,33	1,86	2,39	2,93	0,00	0,00	0,00
145	0,79	1,15	1,61	2,07	2,53	2,99	0,00	0,00
165	0,72	1,02	1,42	1,83	2,23	2,64	3,04	0,00
185	0,66	0,92	1,28	1,63	1,99	2,36	2,72	0,00
205	0,62	0,84	1,16	1,48	1,81	2,13	2,46	2,78
225	0,58	0,77	1,06	1,35	1,65	1,95	2,24	2,54
245	0,54	0,71	0,98	1,25	1,52	1,79	2,06	2,34
265	0,52	0,67	0,91	1,16	1,41	1,66	1,91	2,16

Числові експерименти з важкими котками (обрано ДУ-100) проводяться на аркуші «CalculatedRollersHeavyFuel». Вихідні дані знаходяться в діапазоні A2:B17 і наведені в таблиці 3.15. Формули для обчислення -в Додатку Ж.

В таблиці 3.16 надані значення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів. Враховується, що перші 2 проходи виконуються на понижений робочій швидкості, а наступні варіюються згідно технічних характеристик котка. Формули для розрахунку -в Додатку Ж.

Таблиця 3.15 - Вихідні дані для ЧЕ з технічними та технологічними характеристиками ВК

Коефіцієнт використання машини	0,79
Коефіцієнт використання двигуна по потужності	0,5
Коефіцієнт використання двигуна в часі	0,79
Коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна в часі	1,18
Коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна та щозмінне технічне обслуговування машини на початку зміни	1,015
Ширина СУкл, м	7,5
Ширина смуги перекриття, м	0,2
Ширина валяця котка, м	2,00
Кількість котків, шт	2
Кількість проходів по 1 сліду, шт	6
Довжина бази котка, м	4,8
Норма витрат палива, л/год	17,66
Номінальна потужність двигуна, кВт	72,00
Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка	0,473092
Питома витрата палива, г/кВт*год	210,88

Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка - 0,4731;

Індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/год - 60,1375;

Індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/хв - 1,0023.

Швидкість робочого ходу ВК – 3-5,5 км/год (50,4 – 92,4 м/хв); швидкість холостого ходу – 24,3 м/хв.

Таблиця 3.16 - Визначення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів

Швидкість робочого ходу, м/хв	Довжина СУщ, м												
	25,0	45	65	85	105	125	145	165	185	205	225	245	265
50,4	9,0	16,0	22,9	29,8	36,7	43,7	50,6	57,5	64,4	71,3	78,3	85,2	92,1
67,2	8,7	15,3	21,9	28,6	35,2	41,8	48,4	55,0	61,7	68,3	74,9	81,5	88,2
84,0	8,5	14,9	21,3	27,8	34,2	40,7	47,1	53,6	60,0	66,5	72,9	79,4	85,8
92,4	8,4	14,8	21,1	27,5	33,9	40,3	46,7	53,0	59,4	65,8	72,2	78,6	84,9

Визначення кількості смуг ущільнення наведено в таблиці 3.17. Середній час ущільнення: =AVERAGE(G14:G18). Формули для розрахунку наводяться в Додатку Ж.

Таблиця 3.17 - Кількість смуг ущільнення по довжині ЗЗ в залежності від довжини СУщ

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ								Середній час ущільнення
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80	
25	9	21	24	28	31	35	38	41	8,6
45	5	12	13	15	17	19	21	23	15,2
65	3	8	9	11	12	13	15	16	21,8
85	3	6	7	8	9	10	11	12	28,4
105	2	5	6	7	7	8	9	10	35,0
125	2	4	5	6	6	7	8	8	42
145	1	4	4	5	5	6	7	7	48,2
165	1	3	4	4	5	5	6	6	54,8
185	1	3	3	4	4	5	5	6	61,4
205	1	3	3	3	4	4	5	5	68
225	1	2	3	3	3	4	4	5	74,6
245	1	2	2	3	3	4	4	4	81,2
265	1	2	2	3	3	3	4	4	87,8

Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення ЗЗ, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки наведено в таблиці 3.18. Формули – в Додатку Ж.

Таблиця 3.18 - Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення ЗЗ, хв

Довжина СУщ, м	Довжина ЗЗ							
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	80,14	321,34	533,49	791,22	1094,52	1443,40	1837,85	2277,88
45	46,97	180,97	298,83	442,01	610,51	804,34	1023,48	1267,94
65	34,21	126,98	208,58	307,71	424,36	558,54	710,26	879,50
85	27,46	98,40	160,80	236,60	325,81	428,42	544,43	673,85
105	23,28	80,71	131,22	192,58	264,80	347,86	441,78	546,55
125	20,44	68,68	111,11	162,65	223,31	293,09	371,98	459,98
145	18,38	59,96	96,54	140,98	193,27	253,42	321,43	397,30
165	16,82	53,36	85,51	124,56	170,51	223,37	283,14	349,81
185	15,60	48,19	76,86	111,69	152,67	199,82	253,12	312,59
205	14,61	44,03	69,90	101,33	138,32	180,86	228,97	282,63
225	13,80	40,60	64,18	92,81	126,51	165,28	209,10	258,00
245	13,13	37,74	59,39	85,68	116,63	152,23	192,48	237,39
265	12,55	35,31	55,32	79,63	108,25	141,16	178,37	219,89

Виходячи з Таблиці 3.18, можна зробити висновок, що довжина ЗЗ 950, 4м та 1036,80 м може прийматись, але так як технологічний процес не буде завершено ЛК до кінця зміни, в подальшому прийматись не буде.

Витрати палива котками, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки наведені в Таблиці 3.19.

Програмно задано, якщо довжина ЗЗ або СУщ не можуть бути ущільнені, значення витрат приймаються рівними «0» для кращого сприйняття користувачем. Формули для розрахунку – в Додатку Ж, графік – на Рисунку 3.4.

Вартості витрат палива важкими котками на 1 м² покриття наведено в таблиці 3.20.

Таблиця 3.19 - Витрати палива важкими котками протягом зміни, кг

Довжина СУщ, м	Довжина 33							
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	80,32	322,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	47,08	181,38	299,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	34,29	127,27	209,06	308,41	0,00	0,00	0,00	0,00
85	27,52	98,63	161,17	237,14	326,55	0,00	0,00	0,00
105	23,33	80,89	131,52	193,02	265,41	348,66	0,00	0,00
125	20,48	68,83	111,36	163,02	223,82	293,76	372,83	0,00
145	18,42	60,10	96,76	141,30	193,71	254,00	322,17	398,21
165	16,86	53,49	85,70	124,84	170,90	223,88	283,79	350,61
185	15,63	48,30	77,04	111,94	153,02	200,28	253,70	313,30
205	14,65	44,13	70,06	101,56	138,63	181,28	229,49	283,28
225	13,83	40,70	64,32	93,02	126,80	165,65	209,58	258,59
245	13,16	37,82	59,52	85,88	116,90	152,58	192,93	237,93
265	12,58	35,39	55,45	79,82	108,50	141,48	178,78	220,39

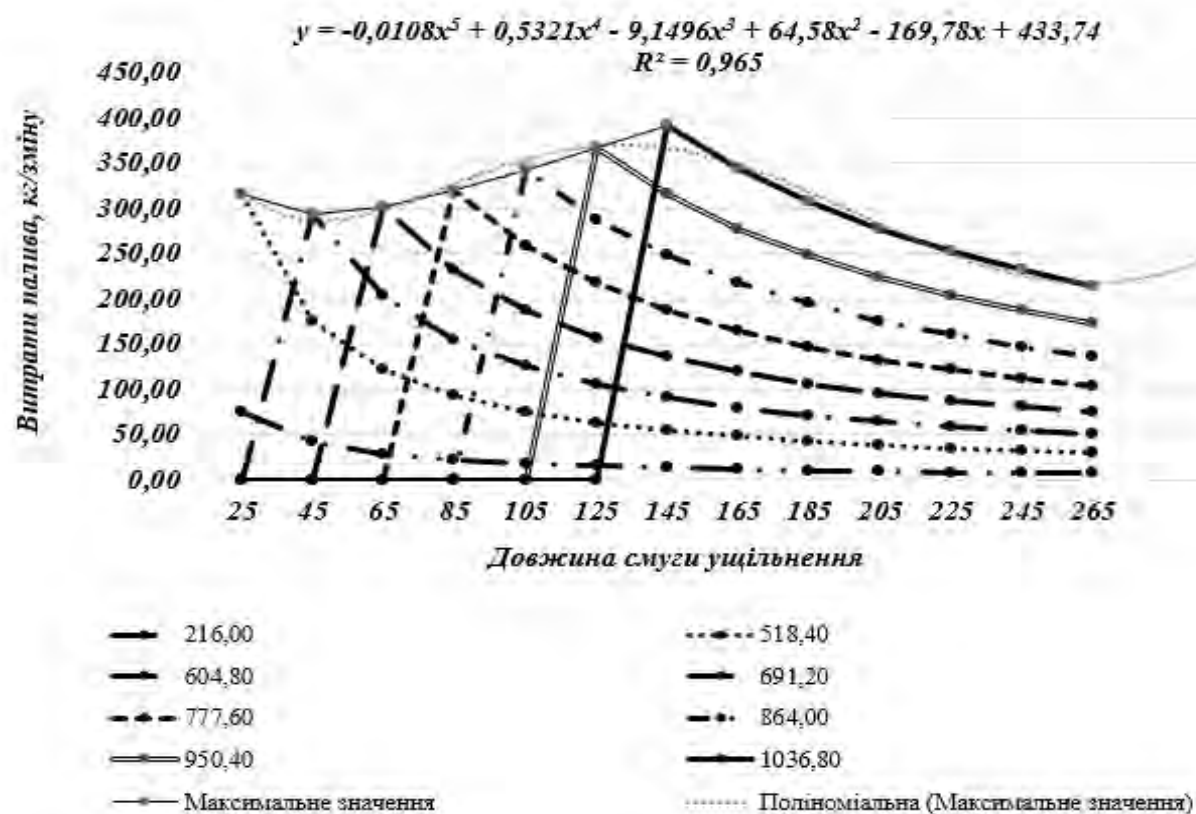


Рисунок 3.4 - Результати ЧЕ витрат палива важкими котками, кг/зміну

Таблиця 3.20 - Визначення вартості витрат палива важкими котками на 1м² покриття

Довжина СУщ, м	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	950,40	1036,80
25	3,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	2,15	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	1,54	2,48	3,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	1,22	1,91	2,70	3,49	0,00	0,00	0,00	0,00
105	1,03	1,56	2,20	2,84	3,48	0,00	0,00	0,00
125	0,89	1,33	1,86	2,39	2,93	0,00	0,00	0,00
145	0,79	1,15	1,61	2,07	2,53	2,99	0,00	0,00
165	0,72	1,02	1,42	1,83	2,23	2,64	3,04	0,00
185	0,66	0,92	1,28	1,63	1,99	2,36	2,72	0,00
205	0,62	0,84	1,16	1,48	1,81	2,13	2,46	2,78
225	0,58	0,77	1,06	1,35	1,65	1,95	2,24	2,54
245	0,54	0,71	0,98	1,25	1,52	1,79	2,06	2,34
265	0,52	0,67	0,91	1,16	1,41	1,66	1,91	2,16

Мінімальна вартість витрат на паливо для 1 м² покриття буде при довжині 33 216 м і довжині СУщ – 265 м. Це пов'язано з тим, що коток не виконує переходів вхолосту, не витрачає час на маневр і його продуктивність максимальна. Максимальна вартість палива на одиницю продукції - для довжини СУщ 25 м і змінній захватці 216 м.

3. 2. Розрахунок витрат палива автомобілями-самоскидами в залежності від вантажопідйомності та щільності асфальтобетонної суміші

Для розрахунку продуктивності автосамоскидів приймемо три варіанти АС – ЗІЛ 45021, КАМАЗ-65115 та КрАЗ-С20 різної вантажопід'ємності. Вихідні дані знаходяться на аркуші «DumpTruks», в діапазоні A27:B35. Технічні характеристики, необхідні для розрахунків, наведені в Таблиці 3.21.

Так як при довжині 33 950,40 м та 1036,80 м. робота механізованої бригади не буде завершена вчасно, в подальшому вони розглядатись не будуть. В залежності від довжини ЗЗ, площа асфальтобетонного покриття становитиме значення приведені в таблиці 3.22. Потреба в асфальтобетонній суміші в залежності від її щільності приведена в таблиці 3.23.

Таблиця 3.21 - Значення технічних характеристик АС

Характеристика	ЗІЛ 45021	КАМАЗ- 65115	КрАЗ- С20
Вантажопідйомність автосамоскида, т	6	14,5	20
Дальність транспортування матеріалу за різних умов руху (по ґрунтових дорогах та дорогах із твердим покриттям), км;	10	10	10
Середня робоча швидкість руху за різних дорожніх умов, км/год (при відстані перевезення до 1 км швидкість руху знижується на 20%);	60	70	70
Час навантаження й розвантаження автомобіля, год	0,15	0,2	0,2
Базова лінійна норма витрата палива, л/100 км	18	32,2	40
тривалість робочої зміни, год;	8		
коефіцієнт використання робочого часу	0,85		
коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,9		

Таблиця 3.22 - площа асфальтобетонного покриття, що укладається за зміну в залежності від довжини ЗЗ

Довжина ЗЗ	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00
Площа, що укладається за зміну	1620	3888	4536	5184	5832	6480

Таблиця 3.23 - Потреба в асфальтобетонній суміші в залежності від її щільності

Асфальтобетонна суміш щільністю, т/м ³	Обсяг т/1000 м ²	Довжина ЗЗ, м					
		216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00
2,5	127,5	258,1875	619,65	722,925	826,2	929,475	1032,8
2,55	130,05	263,35125	632,043	737,3835	842,724	948,0645	1053,4
2,6	132,6	268,515	644,436	751,842	859,248	966,654	1074,1
2,65	135,15	273,67875	656,829	766,3005	875,772	985,2435	1094,7
2,7	137,7	278,8425	669,222	780,759	892,296	1003,833	1115,4
2,75	140,25	284,00625	681,615	795,2175	908,82	1022,4225	1136

Розрахункова потреба в автомобілях-самоскидах надана в таблиці 3.24

Таблиця 3.24 - Потреба в автомобілях-самоскидах в залежності від вантажопідйомності та щільності асфальтобетонної суміші

Асфальтобетонна суміш щільністю, т/м ³	Потреба в автосамоскидах ЗІЛ 45021						Потреба в автосамоскидах КАМАЗ-65115						Потреба в автосамоскидах КрАЗ С20					
	Довжина 33, м						Довжина 33, м						Довжина 33, м					
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00	216	518,4	604,8	691,2	777,6	864	216	518,4	604,8	691,2	777,6	864
2,5	3	8	9	10	12	13	1	3	3	4	5	5	2	2	2	3	3	4
2,55	3	8	9	11	12	13	1	3	4	4	5	5	2	2	2	3	3	4
2,6	3	8	9	11	12	14	1	3	4	4	5	5	2	2	2	3	3	4
2,65	3	8	10	11	12	14	1	3	4	4	5	5	2	2	3	3	3	4
2,7	3	8	10	11	13	14	1	3	4	4	5	6	2	2	3	3	3	4
2,75	3	8	10	11	13	14	1	3	4	4	5	6	2	2	3	3	4	4

Таблиця 3.25 - Матриця доцільності використання АС різної вантажопідйомності.

	Довжина 33, м					
	216	518,4	604,8	691,2	777,6	864
2,25	1	2	2	3	3	4
2,3	1	2	2	3	3	4
2,32	1	2	2	3	3	4
2,34	1	2	3	3	3	4
2,36	1	2	3	3	3	4
2,38	1	2	3	3	4	4
	- доцільне використання автосамоскида ЗІЛ 45021					
	- доцільне використання автосамоскида КаМАЗ-65115					
	- доцільне використання автосамоскида КрАЗ С20					

Таблиця 3.26 - Визначення мінімальної витрати палива в залежності від вантажопідйомності АС

	<u>Середня витрата палива</u>					
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00
ЗІЛ 45021, л/зм	53,47	380,21	537,65	698,05	904,99	1110,94
КАМАЗ-65115, л/зм	11,43	102,86	169,53	182,86	285,72	327,62
Краз С20, л/зм	14,38	57,50	93,44	129,38	146,15	230,00
МІН	11,43	57,50	93,44	129,38	146,15	230,00

У відповідності до таблиць, побудованих методом пошуку мінімумів (додаток Л) кількості одиниць ТЗ, та мінімумів змінних витрат палива з'ясовано, що використання техніки малої вантажопідйомності за заданими умовами недоцільне. При довжині ЗЗ 216 м потрібно використовувати ТЗ вантажопідйомністю 14,5 т, в інших випадках – 20 т. Динаміка змін витрат палива в залежності від довжини ЗЗ відображено на Рисунку 3.5

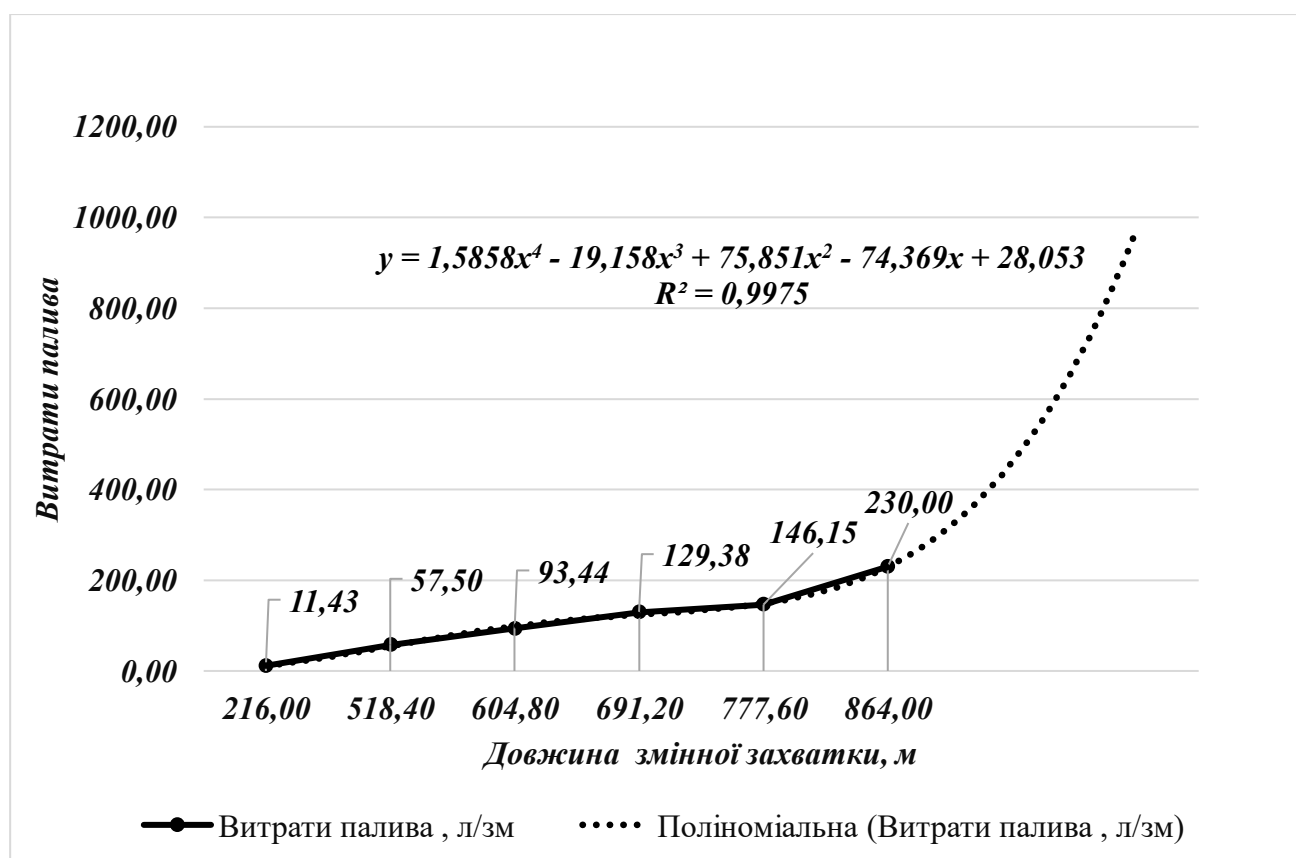


Рисунок 3.5 - Витрати палива АС в залежності від довжини ЗЗ

Таблиця 3.27 - Вартість палива, що витрачає автобобіль-самоскид на 1м.пог покриття

	Довжина ЗЗ, м					
Довжина ЗЗ, м	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00
Витрати палива , л/зм	11,43	57,50	93,44	129,38	146,15	230,00
Вартість палива на 1 грн/м.пог	18,90	9,02	6,47	5,34	5,32	3,76

Аналізуючи дані Таблиць 3.27 та графіка рисунку 3.5 робимо висновок, що при збільшенні довжини ЗЗ збільшуються витрати палива, однак вартість витраченого палива на 1м.пог покриття зменшується. Отже, максимальної енергоефективності можна досягти, обираючи таку довжину ЗЗ, яка максимально допустима згідно умов зовнішнього середовища.

3.3. Визначення витрат палива транспортним потоком в залежності від його складу та довжини змінної захватки.

Вихідні дані для ЧЕ пошуку витрат палива ТП з метою підвищення енергоефективності, розміщені на аркуші «MotorCar» в діапазоні A2:V6 і наведені в таблиці 3.27.

Числові експерименти за математичною моделлю розрахунку ПЗ дороги, наданою в розділі, значення виведенів таблицю 3.28, формули відображені в Додатку М.

З рисунку 3.6 видно, що максимальний ГШ в зонах, де ТЗ переходять з режиму вільного руху в режим руху з перешкодами і навпаки – з режиму руху з перешкодою до вільного руху: Зони I, II, II', I'.

Розрахувавши ПЗ ділянки дороги, переходимо до розрахунку затримок ТЗ в ЗР.

Найбільш придатними при використанні аналітичного методу дослідження для опису втрат часу ТЗ в зоні ремонту є залежності теорії масового обслуговування [90].

Таблиця 3.28- Результати ЧЕ визначення ПЗ ЗВ

	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V	Зона IV'	Зона III'	Зона II'	Зона I'
Розрахункова швидкість по зонах, км/год	60	42	30	24	42	24	30	42	60
Швидкість по зонах, м/с	16,8	11,76	8,4	6,72	11,76	6,72	8,4	11,76	16,8
Середня швидкість, км/год	60	51	36	27	33	33	27	36	51
Середня швидкість, м/с	16,8	14,28	10,08	7,56	9,24	9,24	7,56	10,08	14,28
Шлях, який проходить автомобіль за час реагування водія, м	25,2	21,42	15,12	11,34	13,86	13,86	11,34	15,12	21,42
ГШ передніх автомобілів, що рухаються по зонах, м	34,35	14,48	8,41	34,35	8,41	14,48	34,35	128,90	128,90
ГШ задніх автомобілів, що рухаються по зонах, м	128,90	34,35	14,48	8,41	34,35	8,41	14,48	34,35	128,90
Інтервал між автомобілями, що рухаються один за одним по зонах	129,86	46,40	26,30	42,39	44,91	25,04	36,32	120,95	29,93
Інтервал між автомобілями, що рухаються один за одним по зонах без перешкоди	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86	129,86

Для опису повних енерговитрат транспортними потоками необхідно виокремити дві системи масового обслуговування (СМО). Перша це СМО, яка описує рух ТП по смугах, на яких є ділянка, що перекривається для ведення ремонтних робіт та об'їзд ТП цієї ділянки. Друга – СМО, яка описує рух зустрічного транспорту.

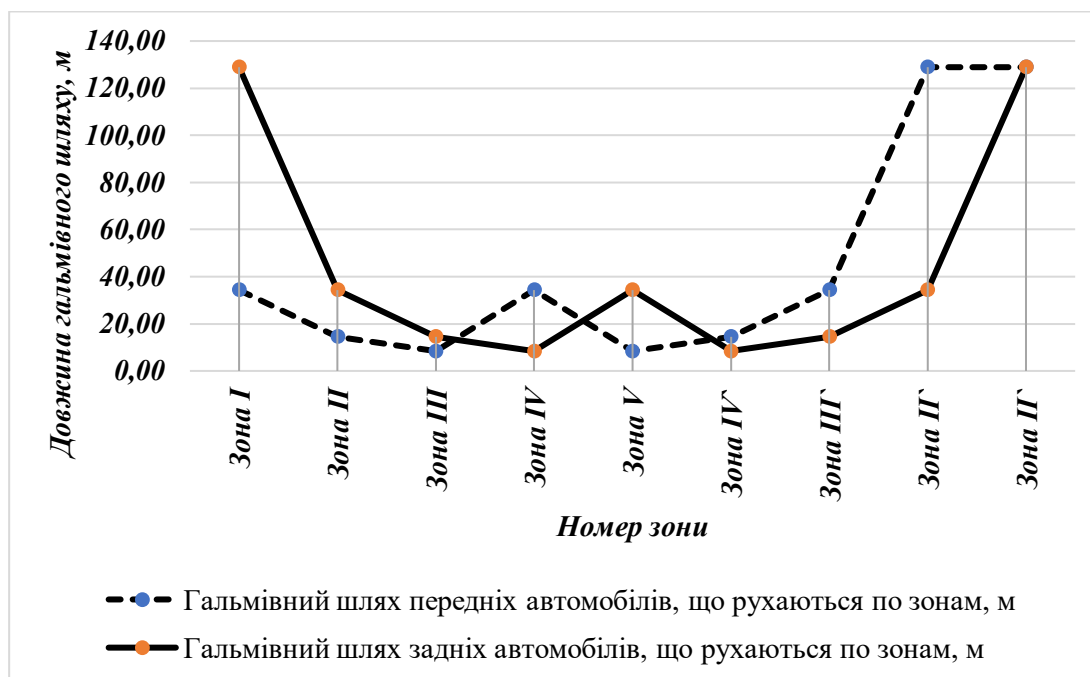


Рисунок 3.6 - Довжина ГШ ТЗ по зонах, м

Складовими елементами процесу обслуговування є: вхідний потік, черга, система пунктів обслуговування, вихідний потік.

При дослідженні СМО вхідний потік вважають пуассоновським і він характеризується інтенсивністю λ . Для дороги першої категорії інтенсивність руху ТЗ, згідно [36] складає понад 10 000 в транспортних одиницях або понад 14 000 – в приведених до легкового автомобіля.

Час обслуговування окремих вимог вважають випадковим з експоненційним законом розподілу і середнім часом обслуговування $1/\mu$, де μ - інтенсивність обслуговування (тобто ПЗ ділянки дороги). Так як ЗР виступає в ролі перешкоди, яка обмежує швидкість, а в результаті - інтенсивність руху, є доцільним вважати інтенсивність руху меншою, або такою, що дорівнює мінімальній пропускній здатності, яка розраховується в цьому розділі.

Пропускна здатність по зонах з перешкодою та без наведена в таблиці 3.30. Формули розрахунку – в Додатку М. Графік – Рисунок 3.7.

Таблиця 3.29 - Вихідні дані для розрахунку витрат палива транспортними потоками

Тип ТЗ	Постійні коефіцієнти			Максимальна швидкість руху		Середня швидкість руху		Габарити ТЗ, м		Лобова площа	Індикаторний ККД	Передаточне число головної передачі	Маса ТЗ		Доля ТЗ
	А	В	С	км/год	м/хв	км/год	м/хв	Ширина	Висота				т	Н	
Легковий автомобіль	0,31	0,008	0,003	142	36,92	113,60	29,54	1,8	1,62	2,33	0,12	4,1	2,04	19,99	0,8
Вантажний автомобіль	0,85	0,026	0,004	80	20,8	64,00	16,64	2,37	2,86	6,10	0,1	6,32	10,53	103,15	0,1
Автобус	1,11	0,038	0,003	102	26,52	81,60	21,22	2,56	2,96	6,82	0,1	1,93	13,00	127,38	0,1

Таблиця 3.29 продовження

Тип ТЗ	Постійна величина	Передаточне число коробки передач				
Легковий автомобіль	0,04	3,5	2,26	1,45	1	1
Вантажний автомобіль	0,06	7,44	4,1	2,29	1,47	1
Автобус	0,06	6,17	3,4	1,79	1	0,98

Таблиця 3.30 - Визначення ПЗ

	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V	Зона IV'	Зона III'	Зона II'	Зона I'
без перешкоди	264,52	264,52	264,52	264,52	264,52	264,52	264,52	264,52	264,52
з перешкодою	129,37	307,74	383,34	178,34	205,75	369,08	208,13	83,34	477,11

Для розрахунку витрат палива приймається мінімальна ПЗь. Довжину ЗВ приймаємо такою, як довжина ЗЗ з додатковими 30 м для маневру АС, що постачають зону ремонту асфальтобетоном.

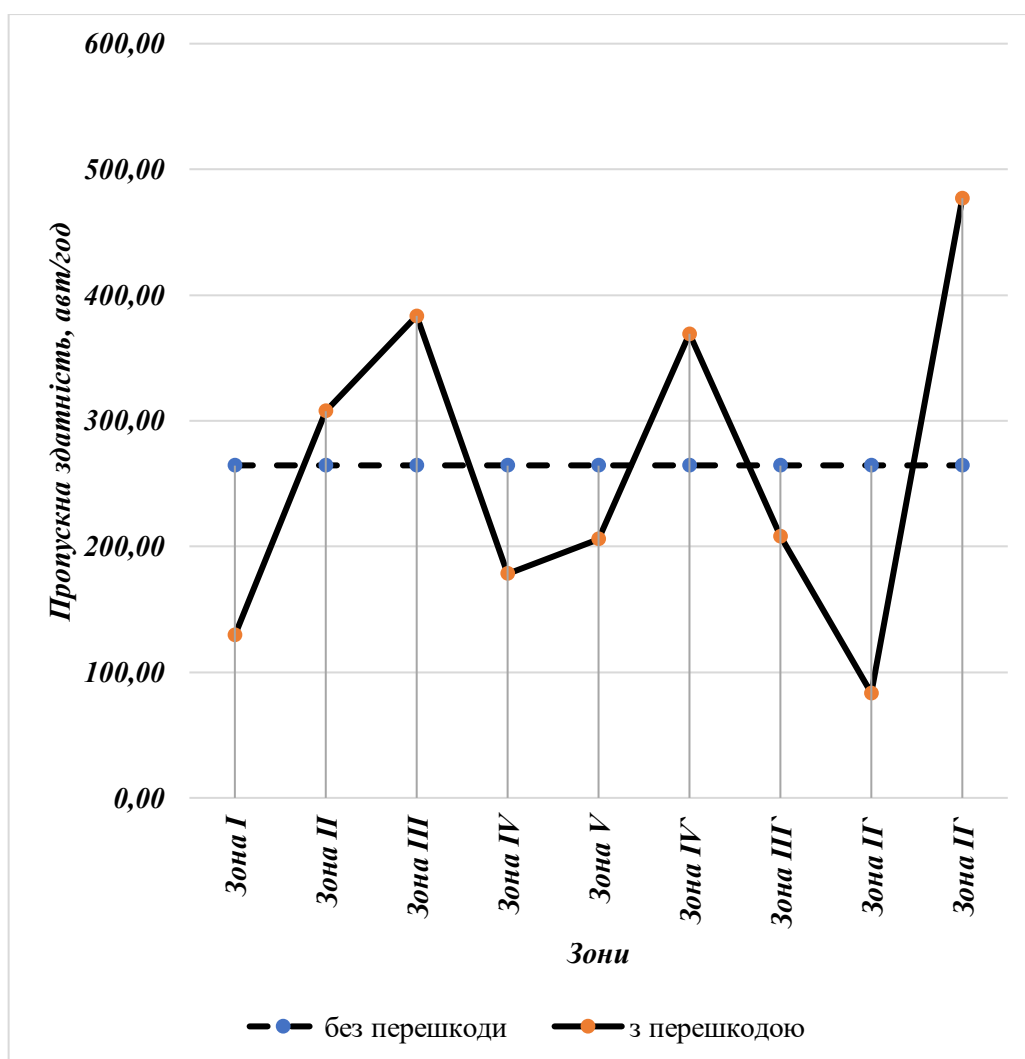


Рисунок 3.7 - Визначення ПЗ по зонах

Таблиця 3.31 - Значення величин, необхідних для визначення витрат палива по зонах

	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V	Зона IV'	Зона III'	Зона II'	Зона I'
Легковий автомобіль	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04
Вантажний автомобіль	0,14	0,07	0,04	0,02	0,07	0,02	0,04	0,07	0,14
Автобус	0,16	0,08	0,04	0,03	0,08	0,03	0,04	0,08	0,16
Прискорення	-0,96	-0,68	-0,34	1,55	-0,38	0,42	0,90	1,44	-1,88
Передаючі числа коробки передач									
Легковий автомобіль	1	1,45	1,45	2,26	1,45	1,45	1,45	1,45	1
Вантажний автомобіль	1	1,47	1,47	2,29	1,47	1,47	1,47	1,47	1
Автобус	0,98	1	1	1,79	1	1	1	1	0,98

Основні причини збільшення витрат палива автомобілем – зростання сил опору трансмісії, дороги і повітря. Отже, можна зробити висновок, що витрати пального залежать також від стану проїзної частини в зонах II, III, IV. Якість дорожнього покриття в цих зонах може різко знизитись у зв'язку зі зростанням інтенсивності руху, що призведе до збільшення значення коефіцієнту опору коченню.

Крім вищеперелічених факторів, слід зазначити вплив на витрати палива складу ТП. Основні показники - тип палива, що використовується та об'єм двигуна. В свою чергу, об'єм двигуна залежить від типу ТЗ та його маси.

Результати розрахунків витрат палива одиночними транспортними засобами по зонах приведені в таблиці 3.32.

Графічне відображення розрахунків витрат палива одиночними транспортними засобами в зоні впливу – на Рисунку 3.8

ЧЕ розрахунку витрат палива одиночним транспортним засобом в зонах I-I', в залежності від її довжини наведено в таблиці 3.33.

Таблиця 3.32 – Витрати палива одиночними транспортними засобами по зонах

Тип ТЗ	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V	Зона IV'	Зона III'	Зона II'	Зона I'
Легковий автомобіль	7,46	10,12	8,18	13,72	10,11	7,48	8,47	10,45	7,43
Вантажний автомобіль	26,96	37,54	29,94	47,20	36,73	26,80	30,89	38,76	25,40
Автобус	35,81	28,14	22,91	45,35	27,72	20,81	23,54	28,92	33,92

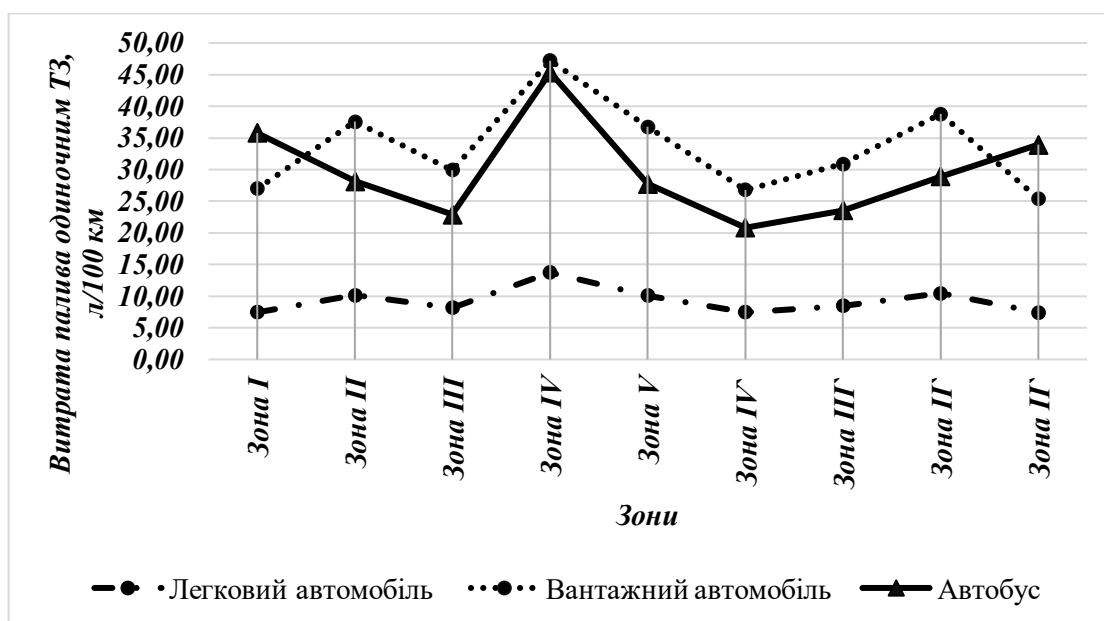


Рисунок 3.8 - Графік витрат палива одиночними транспортними засобами в зоні впливу, л/100 км

Таблиця 3.33 - Витрати палива одиночними ТЗ в залежності від довжини зони і складу ТП

	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V	Зона IV'	Зона III'	Зона II'	Зона I'
Легковий автомобіль	0,011	0,010	0,006	0,008	0,025	0,004	0,006	0,010	0,011
Вантажний автомобіль	0,040	0,038	0,022	0,028	0,090	0,016	0,023	0,039	0,038
Автобус	0,054	0,028	0,017	0,027	0,068	0,012	0,018	0,029	0,051

В таблиці 3.34 відображені розрахунки часових витрат ТП в залежності від довжини Зони V – зони, в якій проводяться ремонтні роботи. Розрахунок сумарної

витрати палива всіма транспортними засобами в залежності від складу потоку та інтенсивності по зонам наведено в Таблиці 3.35 і на графіку Рисунку 3.9.

Таблиця 3.34 - Визначення часу проходження ТП ЗВ

Довжина зони V, м	Час, який витрачає автомобіль на проходження зони в залежності від довжини зони	Довжина ЗВ в залежності від довжини ЗР	Всього ТЗ витрачають часу на ділянці без ЗВ	Всього ТЗ витрачають часу в зоні впливу, с	Різниця в часі
246,00	8,93	8,50	8,93	8,93	20,92
548,40	8,93	8,50	8,93	8,93	46,63
634,80	8,93	8,50	8,93	8,93	53,98
721,20	8,93	8,50	8,93	8,93	61,33
807,60	8,93	8,50	8,93	8,93	68,67
894,00	8,93	8,50	8,93	8,93	76,02
980,40	8,93	8,50	8,93	8,93	83,37
1066,80	8,93	8,50	8,93	8,93	90,71

Таблиця 3.35 - Сумарна витрата палива ТП за зміну в залежності від довжини ЗВ

Довжина зони V, м	Витрати палива впродовж робочої зміни ТП, л/зміну									Сумарна витрата палива транспортним потоком в зоні впливу, л/зміну
246,00	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	2852,41	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	21435,80
548,40	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	1279,53	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19862,92
634,80	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	1105,37	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19688,77
721,20	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	972,95	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19556,35
807,60	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	868,86	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19452,26
894,00	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	784,89	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19368,29
980,40	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	715,72	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19299,12
1066,80	3007,1	2856,33	1648,22	2212,44	657,75	1206,64	1707,68	2948,94	2996,09	19241,15

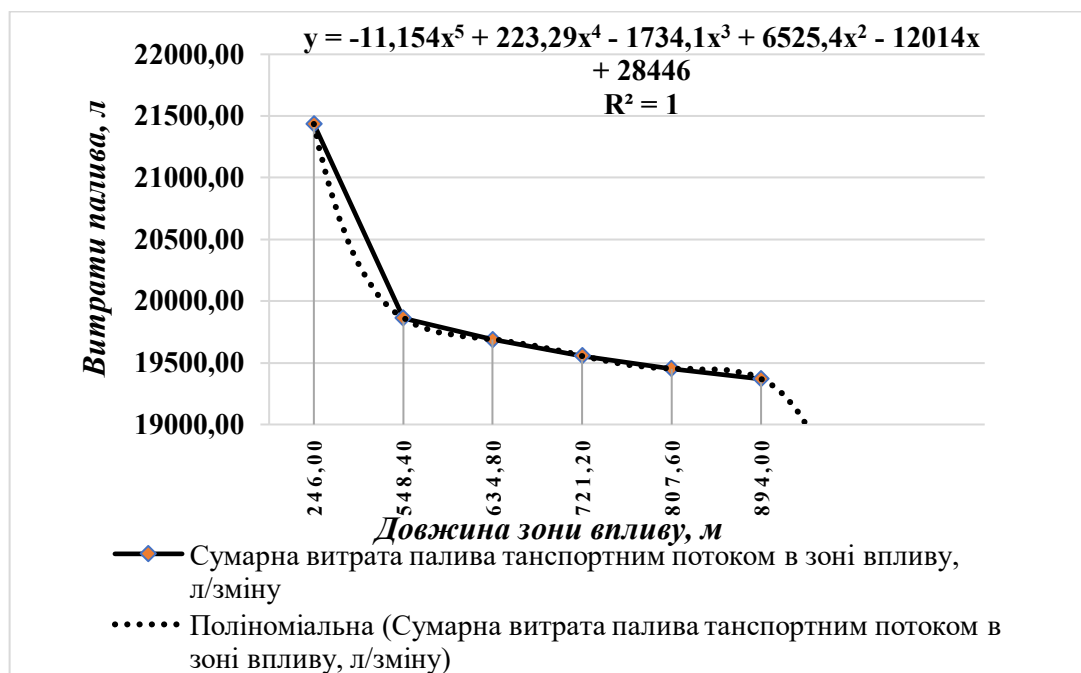


Рисунок 3.35 – Графік сумарних витрат палива ТЗ в ЗВ

За результатами ЧЕ з'ясовано, що витрати палива ТП при збільшенні довжини ЗВ будуть зменшуватись. Це пов'язано з тим, що для ЧЕ використовувалась мінімальна ПЗ по зонам. Якщо кількість автомобілів буде збільшуватись, виникнуть затори і витрати палива збільшаться.

Висновки до розділу 3.

Змоделювавши процеси і перевіривши комп'ютерну програму на технічних характеристиках в результаті зроблено наступні висновки:

1. Максимальна витрата ПММ легковими автомобілями з бензиновим двигуном – в зоні IV`
2. Максимальна витрата ПММ вантажними автомобілями і автобусами з дизельним двигуном – в зоні IV
3. Не зважаючи на значну різницю в витратах ПММ в зонах, де зливаються транспортні потоки, коефіцієнт співвідношення між витратами та довжиною ЗВ незначний, хоча і зростає за лінійною прогресією

РОЗДІЛ 4

МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ЗА КРИТЕРІЄМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬО-РЕМОНТНИХ РОБІТ

4.1. Визначення сумарних енерговитрат в зоні проведення ремонтних робіт

В розділах 2 та 3 описано та реалізовано математичні моделі в інформаційній моделі, яка дозволяє приймати управлінські рішення для максимізації енергоефективності проведення дорожньо-ремонтних робіт методом пошуку мінімальних витрат палива ДМ, АС та транспортними потоками за рахунок визначення оптимальної довжини ЗЗ в залежності від погодних умов, складу механізованої бригади та ТП.

Допустимі для АУ довжини змінних захваток 950,40 м та 1036,80 м не можуть бути прийнятими, т.як. при експериментальному складі механізованої бригади і технологічних процесах, які розглядають, не всі котки встигнуть вчасно, до кінця робочої зміни, завершити ущільнення дорожнього покриття. Так, ЛК доцільно ущільнювати смугу ущільнення від 45 до 265 м для ЗЗ 216 м; 105-265 м – для 518 м; 125-265 м – 604 м; 165 – 265 м – 691,20 м; 2015-265 – 777,60м; 245-265 м – 864м. При цьому мінімальними будуть витрати палива при максимальній довжині смуг ущільнення для ЗЗ. Такаж закономірність відповідно, спостерігається і для вартості палива на одиницю дорожнього покриття.

Для СК можуть бути обрані всі довжини змінних захваток, згідно продуктивності АУ. Однак, обмеження по легким коткам дозволяє застосовувати не всі варіанти довжин змінних захваток. доцільно ущільнювати смугу ущільнення від 25 до 265 м для ЗЗ 216 м; 45-265 м – для 518 м; 65-265 м – 604 м; 85 – 265 м – 691,20 м; 105-265 – 777,60м; 145-265 м – 864м. При збільшенні довжини СУщ і зменшенні довжини ЗЗ зменшуються витрати палива.

Важкі котки можна також використовувати для всіх довжин змінних захваток. Однак, обмеження по легким коткам залишається. СК доцільно

ущільнювати смугу ущільнення від 25 до 265 м для 33 216 м; 25-265 м – для 518 м; 45-265 м – 604 м; 65 – 265 м – 691,20 м; 105-265 – 777,60м; 125-265 м – 864м. При збільшенні довжини СУщ і зменшенні довжини ЗЗ зменшуються витрати палива.

Неможливість ущільнювати ЛК змінних захваток великої довжини за обраною технологією і довжиною смуг ущільнення пов'язана з тим, що ширина вальця обраного ЛК Ammann AV 16-2k складає 0,94 м, а експериментальна розрахункова кількість – 3 шт. Для того, щоб збільшити діапазон варіювання довжинами змінних захваток, необхідно або використовувати більшу кількість котків або використовувати котки з більшою шириною вальця.

Після визначення витрат палива кожним типом дорожньої техніки, необхідно знайти сумарні витрати палива механізованою бригадою. Розраховується в таблиці на аркуші «SummaryFuel». Результат наведено в таблиці 4.2, формули – в додатку Н. Сумарні витрати палива всіма суб'єктами в зоні впливу наведені в таблиці 4.3. Графік зміни витрат палива – на рисунку 4. 3.

Таблиця 4.2 - Середні сумарні витрати палива механізованою бригадою

Довжина СМущ	Довжина змінної захватки					
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	102,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	70,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
85	56,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
105	48,13	171,80	0,00	0,00	0,00	0,00
125	42,81	140,63	232,42	0,00	0,00	0,00
145	39,11	119,66	194,78	0,00	0,00	0,00
165	36,39	104,66	168,01	249,31	0,00	0,00
185	34,32	93,44	148,08	217,91	0,00	0,00
205	32,68	84,76	132,71	193,78	268,91	0,00
225	31,35	77,85	120,53	174,70	241,18	0,00
245	30,26	72,23	110,64	159,27	218,79	289,87
265	29,35	67,57	102,47	146,55	200,38	264,54
Середнє значення	46,16	103,62	151,20	190,25	232,32	277,21

Таблиця 4.4 – Сумарні витрати палива в зоні ремонту, л/зміну

	Довжина ЗЗ					
	216,00	518,40	604,80	691,20	777,60	864,00
ТП	214,36	198,63	196,89	195,56	194,52	193,68
Автосамоскидами	11,43	57,50	93,44	129,38	146,15	230,00
ДМ	41,54	95,73	143,31	182,36	224,42	269,31

Слід зазначити, що залежність сумарних витрати палива ТП, що наведена на рисунку 4.4 та в таблиці 4.4 надана в пропорції 1:100, так як її кількісний показник значно перебільшує витрати ДМ та АС.

Як видно з графіку рисунку 4.4, мінімальні витрати ДМ та АС будуть при мінімальній довжині ЗЗ. В той же час, для ТП, при мінімальній довжині ЗЗ, витрати потоку будуть максимальними. Для визначення оптимальної енергоефективності необхідно визначити координати точок перетину графіків витрат палива ДМ, транспортними засобами з графіком витрат палива ТП.

Візуально, аналізуючи графік, точки перетину графіку витрат палива ДМ з графіком витрат палива ТП в діапазоні довжин захваток 691,20 - 776, 6м, а АС – в діапазоні 777,6 – 864, 00 м. Отже, оптимальна довжина змінної захвати для даного складу механізованої бригади за критерієм енергоефективності знаходиться в діапазоні 691,2 – 864, 0 м.

Для АС мінімальні витрати палива будуть при мінімальній довжині ЗЗ.

Для ТП мінімальні витрати палива будуть при максимальній довжині ЗЗ. Це пов'язано з тим, що даний програмний комплекс розраховує витрати палива транспортним потоком за умовою, що інтенсивність руху в зоні впливу не більше мінімальної ПЗ дороги.

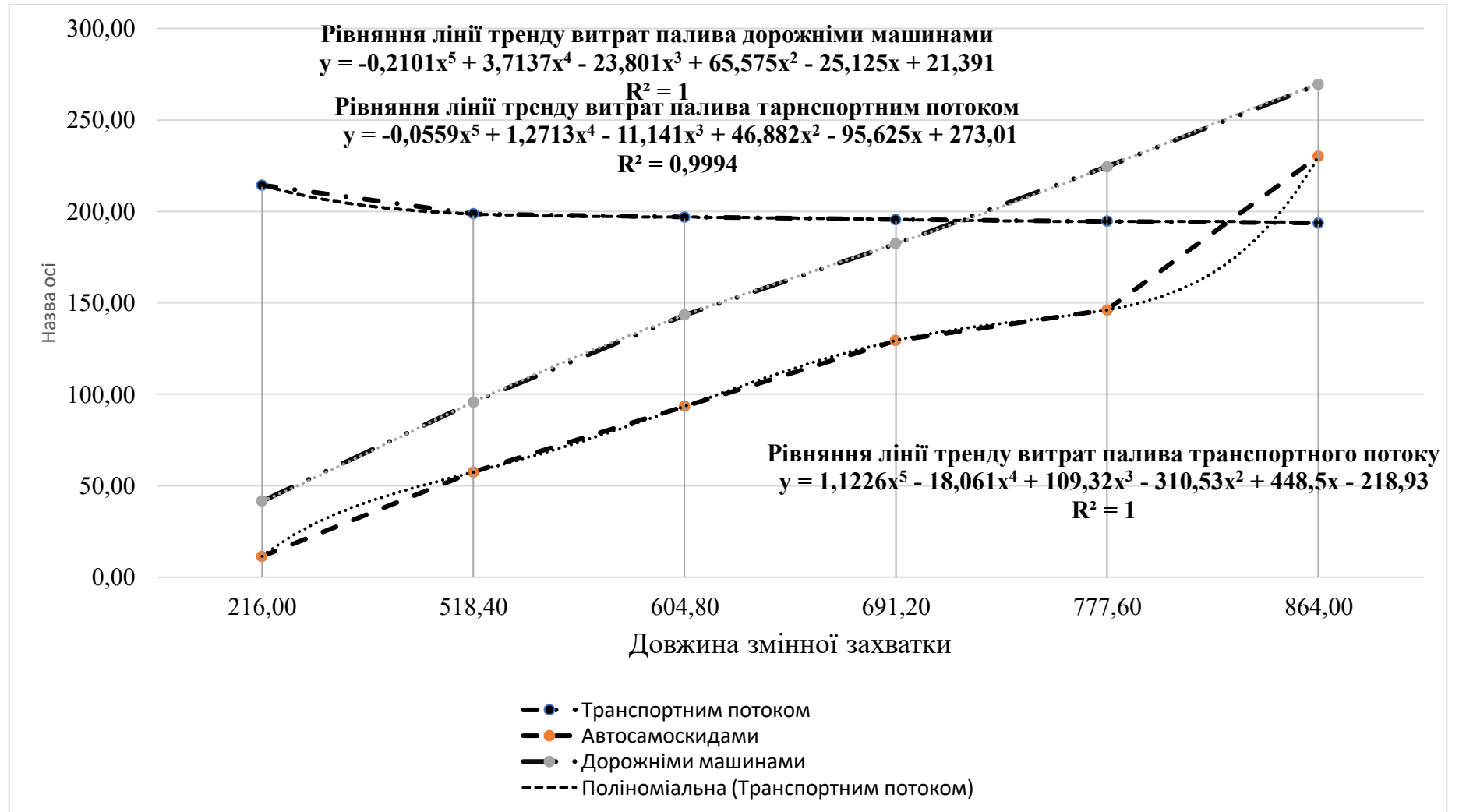


Рисунок 4.4 - Графік сумарних витрат палива в зоні впливу

4.2. Методика визначення оптимальної довжини змінної захватки для максимальної енергоефективності.

Розглянута в попередніх розділах методика визначення оптимальної довжини ЗЗ для максимальної енергоефективності в зоні проведення ремонтних робіт (укладання верхнього шару покриття) має наступні етапи:

1. Вхідною інформацією для програмного комплексу, яку користувач програми повинен мати для отримання результатів:

- по складу механізованої бригади: модель АУ; моделі і кількості одиниць типорозмірів котків; кількість проходів котків по одному сліду для досягнення потрібної щільності асфальтобетону;
- по транспортному потоку: склад ТП;
- по автомобілям-самоскидам: модель ТЗ, дальність транспортування асфальтобетонної суміші;
- по конструктивним елементам покриття: ширина СУЩ, висота шару асфальтобетону, щільність асфальтобетону.

2. Перед тим, як приступити до введення вхідної інформації, користувач на диску D повинен створити папку Charts і в ній – папки для експортування та імпортування зображень графіків функцій.

3. Файл DatabaseRM.xlsm скопіювати в робочу папку.

4. На аркуші, що з'явився після завантаження програми натиснути кнопку «START».

5. У вікні основної форми вибрати кнопки для переходу в форми вибору моделей ДМ: АУ, легких, середніх, важких котків (в залежності від технологічної карти). Зі списку обрати модель, вручну ввести кількість машин та кількість проходів по одному сліду. Натиснути кнопку форми «Розрахунок».

6. Після введення вхідних даних – повернутись до основної форми та за допомогою кнопок керування вивести результати опрацювання програмою вхідних даних. Можна переходити як до форм з виведенням кількісних та графічних показників витрат палива окремо для кожного типу котків, АУ, так і до

підсумкових результатів: по дорожнім машинам, транспортному потоку, автомобілям-самоскидам та сумарним витратам в зоні впливу. Більш детально методику навігації програмним комплексом описано в розділі 2.

Завдяки такій навігації програмним комплексом, користувач має можливість виводити результати числових експериментів на будь-якому етапі числового експеримента. Для опрацювання в цьому програмному комплексі можуть використовуватись інші математичні моделі, обмеження і технології проведення дорожніх робіт.

4.3. Програми статистичного аналізу впливу організаційно-технічних параметрів на витрати палива в зоні впливу

Для наукового дослідження факторів, що найбільше впливають на витрати палива АС та ДМ в зоні впливу був застосований дисперсійний аналіз.

Аналіз витрат палива методом двофакторного дисперсійного аналізу для ДМ і АС. Визначення впливу робочої швидкості та довжини смуги ущільнення на витрати палива дорожніми машинами відбувався за наступною методикою:

В програмі MathCad 14 задано нумерацію елементів масива з 1 оператором
`ORIGIN:= 1`

Далі вводиться матриця кількісних (згідно таблиці 4.2) з показників сумарних витрат палива дорожніми машинами і присвоюються змінним m , n , N відповідно функції значення кількості смуг ущільнення, варіантів змінних захваток та загальної кількості операторів:

$$PA := \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 102.22 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 70.94 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 56.42 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 48.13 & 171.80 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 42.81 & 140.63 & 232.42 & 0 & 0 & 0 \\ 39.11 & 119.66 & 194.78 & 0 & 0 & 0 \\ 36.39 & 104.66 & 168.01 & 249.31 & 0 & 0 \\ 34.32 & 93.44 & 148.08 & 217.91 & 0 & 0 \\ 32.68 & 84.76 & 132.71 & 193.78 & 268.91 & 0 \\ 31.35 & 77.85 & 120.53 & 174.70 & 241.18 & 0 \\ 30.26 & 72.23 & 110.64 & 159.27 & 218.79 & 289.87 \\ 29.35 & 67.57 & 102.47 & 146.55 & 200.38 & 264.54 \end{pmatrix}$$

Кількість довжин смуг укладання:

$$m := \text{rows}(PA) = 13$$

кількість варіантів змінних захваток

$$n := \text{cols}(PA) = 6$$

Загальна кількість операторів

$$N := m \cdot n$$

Задаються цикли для визначення номерів рядків і стовпців матриці:

$$i := 1 \dots m$$

$$j := 1 \dots n$$

Розраховується середнє значення витрат палива в залежності від факторів А та В

$$XA_i := \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n PA_{i,j} \quad , \quad (4.1)$$

$$XB_j := \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m PA_{i,j} \quad , \quad (4.2)$$

Результати обчислення:

$$XA^T =$$

	1	2	3	4	5	6
1	0	17.037	11.823	9.403	36.655	...

$$XB^T = (42.614 \ 71.738 \ 93.049 \ 87.809 \ 71.482 \ 42.647)$$

Розрахунок загального середнього:
Розрахунок загального середнього:

$$m_x := \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PA_{i,j} \quad , \quad (4.3)$$

$$m_x = 68.223$$

Визначення кількості ступенів свободи

$$f_1 := m - 1 = 12 \quad (4.4)$$

$$f_2 := n - 1 = 5 \quad (4.5)$$

$$f_3 := (m - 1) \cdot (n - 1) = 60 \quad (4.6)$$

Суми квадратів відхилення по факторам А та В і відповідні дисперсії :

$$S_A := n + \sum_{i=1}^m (XA_i - m_x)^2 = 3.059 \times 10^4 \quad , \quad (4.7)$$

$$s^2_A := \frac{S_A}{f_1} = 2.549 \times 10^3 \quad , \quad (4.8)$$

$$S_B := m + \sum_{i=1}^n (XB_i - m_x)^2 = 2.346 \times 10^3 \quad (4.9)$$

$$s^2_B := \frac{S_B}{f_1} \quad , \quad (4.10)$$

$$S_\varepsilon := \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (PA_{i,j} - XA_i - XB_j + m_x)^2 = 3.542 \times 10^5 \quad , \quad (4.11)$$

$$s^2_\varepsilon := \frac{S_\varepsilon}{f_3} = 5.903 \times 10^3 \quad (4.12)$$

$$S := \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (PA_{i,j} - m_x)^2 = 5.68 \times 10^5, \quad (4.13)$$

$$s2 := \frac{S}{N-1} = 7.377 \times 10^3, \quad (4.14)$$

Перевірка гіпотези А: спостережуване значення критеріальної статистики по фактору А:

$$F_A := \frac{s2_A^2}{s2_\epsilon^2} = 0.186, \quad (4.15)$$

Критичне значення критерію (квантіль порядку $1-\alpha$ F-розподілу Фішера з $f1$ та $f2$ ступенями свободи:

$$\alpha := 0.05$$

$$t_A := qF(1 - \alpha, f_1, f_3) = 1.917, \quad (4.16)$$

А:

$$Q_A := \text{if } F_A \leq t_A, \text{"Гіпотеза приймається"}, \text{"Гіпотеза відхиляється"} \quad (4.17)$$

$$Q_A = \text{"Гіпотеза приймається"}$$

Коефіцієнт детермінації

$$R2_A := \frac{s2_A}{s2} = 0.346 \quad (4.18)$$

Перевірка гіпотези В: спостережене значення критеріальної статистики по фактору В:

$$F_B := \frac{s2_B}{s2_\epsilon} = 0.033 \quad (4.19)$$

Критичне значення критерію (квантіль порядку $1-\alpha$ F-розподілу Фішера з $f2$ та $f3$ ступенями свободи

$$t_B := qF(1 - \alpha, f_2, f_3) = 2.368 \quad (4.20)$$

Перевірка гіпотези В про рівність математичних очікувань за фактором В:

$$Q_B = \begin{cases} \text{if } F_B \leq t_B, & \text{"Гіпотеза приймається"} \\ & \text{"Гіпотеза відхиляється"} \end{cases} \quad (4.21)$$

$$Q_B = \frac{\text{Коефіцієнт детермінації}}{\text{Коефіцієнт детермінації}} \quad \text{"Гіпотеза приймається"}$$

$$R^2_B := \frac{s^2_B}{s^2} = 0.027 \quad (4.22)$$

Оцінка параметрів μ та σ^2 нормального розподілу випадкових залишків:

$$\mu := m_x = 68.223 \quad (4.23)$$

$$\sigma^2 := \frac{s^2_\varepsilon}{f_1 \cdot f_3} = 8.199 \quad (4.24)$$

Визначення впливу щільності асфальтобетону та довжини змінної захватки на витрати палива АС:

$$PC := \begin{pmatrix} 11.43 & 28.75 & 28.75 & 43.13 & 43.13 & 57.14 \\ 11.43 & 28.75 & 28.75 & 43.13 & 43.13 & 57.14 \\ 11.43 & 28.75 & 28.75 & 43.13 & 43.13 & 57.14 \\ 11.43 & 28.75 & 43.13 & 43.13 & 43.13 & 57.14 \\ 11.43 & 28.75 & 43.13 & 43.13 & 43.13 & 57.50 \\ 11.43 & 28.75 & 43.13 & 43.13 & 57.14 & 57.50 \end{pmatrix}$$

Кількість варіантів щільності асфальтобетону

$$m := \text{rows}(PC) = 6$$

Кількість варіантів довжини змінної захватки

$$n := \text{cols}(PC) = 6$$

$$N := m \cdot n$$

$$i := 1..m \quad j := 1..n$$

Середнє значення витрат палива в залежності факторів А та В

$$XA_i := \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^m PC_{i,j} \quad (4.25)$$

$$XB_j := \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^n PC_{i,j} \quad (4.26)$$

$$XA^T = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ \hline 1 & 35.388 & 35.388 & 35.388 & 37.785 & 37.845 & 40.18 & ... \\ \hline \end{array}$$

$$XB^T = (11.43 \quad 28.75 \quad 35.94 \quad 43.13 \quad 45.465 \quad 57.26)$$

$$m_x := \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n PC_{i,j} = 36.996 \quad (4.27)$$

Кількість ступенів свободи

$$f_1 := m - 1 = 5 \quad (4.28)$$

$$f_2 := n - 1 = 5 \quad (4.29)$$

$$f_3 := (m - 1) \cdot (n - 1) = 25 \quad (4.30)$$

Суми квадратів відхилення по факторам А та В і відповідні дисперсії :

$$S_A := n + \sum_{i=1}^m (XA_i - m_x)^2 = 25.235 \quad (4.31)$$

$$s^2_A := \frac{S_A}{f_1} = 5.047 \quad (4.32)$$

$$S_B := m + \sum_{i=1}^n (XB_i - m_x)^2 = 1.249 \times 10^3 \quad (4.33)$$

$$s^2_B := \frac{S_B}{f_1} = 249.742 \quad (4.34)$$

$$S_{\varepsilon} := \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (PC_{i,j} - XA_i - XB_j + m_x)^2 = 358.506$$

$$s^2_{\varepsilon} := \frac{S_{\varepsilon}}{f_3} = 14.34$$

$$S := \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (PC_{i,j} - m_x)^2 = 7.93 \times 10^3$$

$$s^2 := \frac{S}{N-1} = 226.577$$

Перевірка гіпотези H_A : спостережувальне значення критеріальної статистики по фактору A:

$$F_A := \frac{s^2_A}{s^2_\varepsilon} = 0.352$$

Критичне значення критерію (квантіль порядку $1-\alpha$ F-розподілу Фішера з f_1 та f_2 ступенями свободи

$$t_A := qF(1-\alpha, f_1, f_2) = 2.603$$

Перевірка гіпотези H_A про рівність математичних очікувань за фактором A:

$$Q_A := \text{if } F_A \leq t_A, \text{"Гіпотеза приймається"}, \text{"Гіпотеза відхиляється"}$$

Коефіцієнт детермінації

$$R^2_A := \frac{s^2_A}{s^2} = 0.022$$

Перевірка гіпотези H_B : спостережене значення критеріальної статистики по фактору B:

$$F_B := \frac{s^2_B}{s^2_\varepsilon} = 17.415$$

Критичне значення критерію (квантіль порядку $1-\alpha$ F-розподілу Фішера з f_2 та f_3 ступенями свободи

$$\alpha := 0.05$$

$$t_B := qF(1-\alpha, f_2, f_3) = 2.603$$

Перевірка гіпотези H_B про рівність математичних очікувань за фактором B:

$$Q_B := \text{if } F_B \leq t_B, \text{"Гіпотеза приймається"}, \text{"Гіпотеза відхиляється"} \quad (4.21)$$

Коефіцієнт детермінації

$$R^2_B := \frac{s^2_B}{s^2} = 1.102$$

Оцінка параметрів a та σ^2 нормального розподілу випадкових залишків:

$$\hat{a} := m_x = 36.996$$

$$\hat{\sigma}^2 := \frac{s^2_\varepsilon}{f_1 \cdot f_3} = 0.115$$

Проведений дисперсійний аналіз показав, що гіпотеза А та гіпотеза В про рівність математичних очікувань витрат палива АС в залежності від щільності асфальтобетону (фактор А) - приймається та довжини ЗЗ (фактор В) – приймається. Це означає, що обидва фактори мають вплив на витрати палива автомобілями самоскидами. Щодо ДМ – обидва фактори – швидкість руху та довжина ЗЗ впливають на витрати палива.

Висновки по розділу 4.

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

1. 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.

2. При зменшенні швидкості руху ТП перед ЗР і злиттям ТП $V_p \rightarrow \min$, витрати ПММ 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.

3. Організаційно-технічний параметр – продуктивність асфальтоукладальника значно впливає на збільшення зони ремонту.

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

ВИСНОВКИ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

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 АС, ДМ та ТП, 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 АС, в залежності від довжини ЗЗ, вантажопідйомності ТЗ та щільності асфальтобетонної суміші. Програмний комплекс розроблений з можливістю введення користувачем нових ТЗ. Завдяки створеній інформаційній моделі було з'ясовано, що при збільшенні довжини ЗЗ зростають витрати палива АС.

3. Розроблена інформаційна модель дозволяє користувачу програмного продукту як обирати з бази даних моделі ДМ – АУ, 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 ДМ і варіюючи які можна досягти високого рівня енергоефективності. При аналізі графічного представлення функції енерговитрат визначено, що при збільшенні довжини ЗЗ сумарні витрати палива зростають.

4. Розроблені інформаційна модель і програмний комплекс дозволяє варіювати склад ТП, від якого залежать енерговитрати, а також виконувати числові експерименти з дослідженням різних довжин ЗЗ. При визначенні ПЗ ділянки дороги було з'ясовано, що мінімальна ПЗ припадає на зону, в якій ТЗ перелаштовуються для проїзду безпосередньо повз зону ремонту, де середня швидкість не є найменшою. Крім того, енерговитрати ТЗ при наявності перешкоди у вигляді ЗР на сумарній довжині ділянки зменшуються при збільшенні довжини ЗЗ. Це пов'язано з тим, що ПЗ, яка розглядається, приймається найменшою і ТЗ, 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 ДМ, АС та ТП, 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 ДМ, 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 ЧЕ було визначено довжину ЗЗ в залежності від погодних умов, яка є оптимальною для ТП, ДМ та транспорту-постачальника асфальтобетонної суміші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Велике будівництво»: як змінилося фінансування в бюджеті 2020 // Слово і діло. Аналітичний портал. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2020/04/14/infografika/finansy/velyke-budivnyctvo-yak-zminylosya-finansuvannya-byudzheti-2020>
2. Barnes G. Per Mile Costs of Operating Automobiles and Trucks / G. Barnes, P. Langworthy. // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2004. – №1864. – С. 71–77.
3. Biggs, D.C. and Akcelik, R. (1985). Further Work on Modelling Car Fuel Consumption. ARRB Internal Report AIR 390-10, Australian Road Research Board, Nunawading.
4. Christopher R. Bennett C. Modelling road user and environmental effects in HDM-4 / C. Christopher R. Bennett, Greenwood I. // The scientific heritage. – 2020. – №49. – С. 9 – 13.
5. Comparison of HDM-4 fuel consumption estimates with real measurements from trucks on motorways: a UK case study [Електронний ресурс] / [F. Perrotta, T. Parry, L. Neves та ін.]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/322655732_Comparison_of_HDM-4_fuel_consumption_estimates_with_real_measurements_from_trucks_on_motorways_a_UK_case_study/.
6. Development of Overall Pavement Condition Index for Urban Road Network [Електронний ресурс] / Y.Sahah, S. Jain, T. Devesh, M. Jain // Social and Behavioral Sciences. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: [doi:10.1016/j.sbspro.2013.11.126](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.126).
7. HDM-4 deterioration modelling: validation and adoption for flexible pavements with modified bituminous road surfacing [Електронний ресурс] / S.Deori, R. Choudhary, T. Devesh, K. Abhinay // The Baltic journal of road and bridge engineering. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2019-14.440>.

8. McKay Bowen C. Comparative study of differentially private data synthesis methods / C. McKay Bowen, F. Liu. // *Statistical Science*. – 2020. – №35. – С. 280–307.
9. Peters J. Identifiability of Gaussian structural equation models with equal error variances [Електронний ресурс] / J. Peters, P. Bühlmann // *Biometrika*, Volume 101, Issue 1, March 2014, P. - 219–228.. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.1093/biomet/ast043/>.
10. Sahah U. Adaptation of HDM-4 Tool for Strategic Analysis of Urban Roads Network / U. Sahah, S. Yogesha, T. Devesh. // *Transportation Research Procedia*. – 2016. – С. 71–80.
11. Al-Ammouri A. Models for determination of fuel consumption by road machines depending on the speed of movement and asphalt concrete laying strip / A. Al-Ammouri, M. Dekhtiar. // *The scientific heritage Hungary*. – 2021. – С. 23–29.
12. Абу А. Моделирование затрат ресурсов на содержание и текущий ремонт дорог Сирии : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05. 22. 11 / Абу Альджадаил Мохамед. – Київ, 1996. – 25 с.
13. Автодорожний комплекс України в сучасних умовах: проблеми і шляхи розвитку: Збірник наукових праць / Г. Є. Ліпський (відп. ред.); Транспортна академія України, УТУ. – К., 1998. – 308 с.
14. Аджиев М. И. Энергосберегающие технологии / М. И. Аджиев. – М.: Знание, 1990. – 64 с.
15. 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/>

16. Анализ зарубежного законодательства и стандартов по эффективности и энергосбережению/ В. С. Тонкаль, И. И. Стоянова, Е. Галурин и др.; Н. В. Рапцун, Г.Г. Панченко (ред.); Агенство по рациональному использованию энергии и экологии. – К., 1996. – 36 с.

17. Баранов Г.Л. Моніторинг довкілля та якості логістичного обслуговування для попередження ризиків зіткнення та безпеки руху ВТЗ / Баранов Г.Л., Косенко В.Р., Прохоренко О.М. // Вісник Національного транспортного університету – Науково-технічний збірник Вип.1.- К.:НТУ, 2016. – С.45-55.

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.

19. Беспалов Д. Нужно ли транспортное микро моделирование? ...или и без него все ясно? [Електронний ресурс] / Беспалов Дмитро. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: bespalov.me/tag/ptv-vissim.

20. Бешун О. Факторы впливу на кочення колеса [Електронний ресурс] / О. Бешун, Я. Меланченко // Наукові горизонти. Scientific horizons № 12 (73). – 45-56с.. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vzhnau_2018_12_9.pdf.

21. Будівельні та меліоративні машини: підручник / Балдінський В. Л., Зінь В. С., Кравець С. В. та ін. // Для студ. спец. «Підйомно-транспортні, будівельні ДМ». Рівне, 1998.– 404 с.

22. Бузин Ю. М. Новый режим работы землеройно-транспортной машины / Ю. М. Бузин // Строительно-дорожные машины. 1999.–№12. – С.37-41.

23. Вавилов А.В. Энергоресурсосберегающие технические средства и их комплексы для строительства. Монография. /А.В. Вавилов, В.Ф. Кондратюк, А.Я. Котлобай, Маров Д.В.//Минск, Стринко, 2003– 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.

25. Воркут Т. А. Використання сучасних засобів інформаційних технологій при оптимізації схем доставки вантажів [Текст] / Воркут Т.А., Данчук В.Д., Прокудін Г.С., Прокудін О.Г. // Інформаційні процеси, технології та система транспорту: Науково-технічний журнал. Вип 4.- К.:НТУ, 2016. – С. 17-27.

26. Гамеляк І. П., Коваль Т. І. Моделювання технологічного процесу влаштування асфальтобетонного покриття методами теорії масового обслуговування // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник, вип. 104. - К.:НТУ, 2018. – С. 49-56

27. ГБН Г.1-218-182:2011. Ремонт автомобільних доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт[На заміну ВБН Г.1-218-182-2006, чинний від 01.12.2011]. Вид. офіц. Київ : Укравтодор, 2011

28. Говорущенко Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности отработанных газов на автомобильном транспорте / Николай Яковлевич Говорущенко. – Москва: Транспорт, 1990. – 133 с.

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

30. Гончаренко Ф. П. Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних природних та екологічних умов / Ф. П. Гончаренко, Є. Д. Прусенко, В. Ф. Скорченко – К.: 1999. – 98 с.

31. Григор'єв О. С. Паливно-енергетичний комплекс України. Основні проблеми та перспективи розвитку/ О. С. Григор'єв. – К.: 1996. – 41 с.

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

33. Данчук В. Д. Комп'ютерні технології статистичного аналізу на транспорті: навч. посібник / В. Д. Данчук, Г. С. Прокудін, О. І. Цуканов, Н. М. Цимбал - К.: НТУ, 2013 – 276 с.

34. Данчук В. Д. Компьютерные и информационные технологии: уч.

пособие/ В. Д. Данчук, А. Н. Аль-Аммори, Е.В. Тимченко, А. Е. Клочан, Х. А. Аль-Аммори. К. : НТУ, 2018.– 156 с.

35. Данчук В.Д. Компьютерные и информационные технологии : учебн. пособ. / В.Д. Данчук, Али Аль-Аммори, Е.П.Тимченко, А.Е. Клочан, Х.А. АльАммори. – К.: НТУ, 2018. – 154 с.

36. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво/ К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України -2015.

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

38. Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування на 2013-2018 роки: Постанова Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. № 696 – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/696-2013-%D0%BF#n10>.

39. Дмитриченко М.Ф. Надійність конструкцій дорожнього одягу : навч. посібник / М.Ф. Дмитриченко, М.М. Дмитрієв, І.П. Гамеляк, В.Ф. Райковський, Я.М. Якименко. – К. : НТУ. – 2012. – 206 с

40. До питання ресурсозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт / Г. Є. Ліпський, М. М. Піскун // Вісник НТУ, ТАУ. –2000. – №4. – С. 84-92.

41. Довідник двигунів легкових та вантажних автомобілів, автобусів, мотоциклів і тракторів.– К., 2000. – 208 с.

42. Дорожные и строительные машины: Каталог/Акционерное общество «Амкодор»: Минск, 2001. – 14 с.

43. ДСТУ 3682-98. Енергозбереження. Методика визначення повної енергоємності продукції, робіт та послуг.– Введ. 1999. 01.01. – Офіц. видання. – К.: Вид-во Держстандарту України, 1998.–30 с.

44. ДСТУ 3740-98. Енергозбереження. Методи аналізу та зниження витрат палива та енергії на металургійних підприємствах. – Введ. 1999. 07. 01. –

Офіц. вид. – К.: Вид-во Держстандарту України, 1999. – 33 с.

45. ДСТУ 3818-98. Енергозбереження. Вторинні енергетичні ресурси: Терміни та визначення. – Введ. 2000. 01. 01. –Офіц. вид. – К.: Вид-во Держстандарту України, 1999. – 24 с.

46. ДСТУ 3818-98. Енергозбереження. Вторинні енергетичні ресурси: Терміни та визначення. – Введ. 2000. 01. 01. - Офіц. вид. – К.: Вид-во Держстандарту України, 1999. – 14 с.

47. ДСТУ 3818-98. Енергозбереження. Вторинні енергетичні ресурси: Терміни та визначення. – Введ. 1999. 07. 01. – Офіц. вид. – К.: Вид-во Держстандарту України, 1999. – 24 с.

48. Дудар І. Н. Транспорт і шляхи сполучення в будівництві: навч. посібник для студентів будівельних спец / І. Н. Дудар. Вінницький державний технічний університет / Вінниця, 2001.– 78 с.

49. Економічна стратегія України 2030. / Український інститут майбутнього. URL: <https://www.slideshare.net/OleksandraTryboi/2050-80254630> 33 слайд.

50. Електромобіль – порятунок нашої чудової планети Земля / Соченко П. С., Сидоренко К. М., Аль-Амморі А.Н. – Київ, 2012. –76 с.

51. Емельянов В. П. ДМ, автомобілі та трактори. Навчальний посібник для студ. вузів за напрямом “Будівництво”/ В. П. Емельянов. ХДАТУ. – Х.,1997 – 240 с.

52. Жук К. Д., Автоматическое проектирование логико-динамических систем / К. Д. Жук, А. А. Тимченко. К.: Наук. думка, 1981. –320 с.

53. Заверкин А.В. Оптимизация технологии работы промышленного железнодорожного транспорта при ограниченных транспортных ресурсах: дис. на здоб. наук ступеня канд. техн. наук.: 05.22.12 / А.В. Заверкин; Восточноукраинский гос. ун-т.–Луганск, 1997. –196 с.

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

55. И. И. Петухов. Пути снижения энергопотребления в дорожном строительстве / И. И. Петухов, Ю. А. Безбородов, Л. Н. Звонникова, А. Н. Чернышев. – Минск, 1994. – 40 с.
56. Ивахненко А. Г. Моделирование сложных систем / А. Г. Ивахненко – К. : Вища школа, 1987. – 232 с.
57. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами / А.Г. Ивахненко. Киев: Техника, 1975. – 312 с.
58. Ігнатюк В.В. Управління програмами ремонтів дорожнього одягу автомобільних доріг [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.22 / Ігнатюк Вікторія Василівна; Національний транспортний університет – К., 2015. – 162 с.
59. Інтерактивна карта стану автомобільних доріг / Google – URL: <https://www.google.com.ua/maps/d/u/0/viewer?mid=1WYJD8r6wgfVOJBBOhfAX-YSzIrY&hl=uk&ll=49.190954273399285%2C35.20685336038398&z=6>
60. Інтерактивна мапа Укравтодору. URL: <https://map.ukravtodor.org/#/kyiv/appeals>.
61. К. П. Сторчак. Інтелектуальний аналіз даних із використанням нейронних мереж / К. П. Сторчак, А. М. Тушич, К. С. Козелкова, М. М. Степанов // Зв'язок: Наукове періодичне видання. Вип. 4. – К.: ДУТ, 2018. – С. 17-19.
62. Канин А. П. Моделирование производственных процессов строительства и ремонта автомобильных дорог / А. П. Канин, Н. А. Каран – М. : Транспорт, 1990. – 102 с.
63. Канін О. П. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством на основі веб-технології / О. П. Канін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2016. – Вип. 95. – С. 129-142. – URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2016_95_15
http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/95/129-142.pdf
64. Канін О.П. Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством [Текст] / О.П. Канін, Н.М. Соколова, А.М. Харченко // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник, вип.84.

- К.:НТУ, 2012. - С.133-139.

65. Канін О.П. Сутність та призначення інформаційно-аналітичної системи управління дорожнім господарством України [Текст] / О.П. Канін, А.М. Харченко // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. 9. - К.: НТУ, 2012. – С. 71-78.

66. Канін О.П. Управління дорожнім господарством шляхом застосування інформаційно-аналітичної системи / О.П.Канін, А.М.Харченко // Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті. – К.: НТУ – 2014. – Вип.2. – С.98-102.

67. Каран Е. Д. Основы создания и методология применения моделей управления машинами автомобильно-дорожного комплекса для повышения эффективности их использования: автореф. дис. на здоб. ступеня д-ра техн. наук: 05.22.10 / Е. Д. Каран; МАДИ.– М., 1989. – 33 с.

68. Кизима С.С. Наукові принципи та практичні напрямки управління станом автомобільних доріг [Текст] / С.С. Кизима, О.П. Канін, М.М. Лихоступ // Сучасні проблеми та перспективи розвитку дорожньо-будівельного комплексу України. – К.: НТУ, 2004.

69. Кіяшко В. О. Полімеробітумне в'язуче для асфальтобетону / В. О. Золотарьов, Л. В. Столярова, Ю. Ф. Гончаренко // Автошляховик України.– 2000 – №2. – С.54-62.

70. Клименко І. С. Удосконалення методики проектування реконструкції горизонтальних кривих автомобільних доріг з урахуванням економії пального: дисертація канд. техн. наук: 05.22.11 / Національний транспортний ун-т. – К., 2003.

71. Ковалко М. П. Энергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк; А. К. Шидловський (відп. ред.); НАН України, АТ «Укренергозбереження». – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.

72. Лукашин В. Н. Оптимизация межремонтных сроков по критерию суммарных энергозатрат / В. Н. Лукашин, В. М. Трофименко: «Дороги». Наука и

техника в дорожной отрасли. –1998. – №4. – С.35-41. Ковалко М. П. Пріоритетні напрямки державної політики України / М. П. Ковалко, С. П. Денисюк. К.: УЕЗ, 1998. – 512 с.

73. Корпач А. А. Улучшение экономических и токсических показателей автомобильных бензиновых двигателей в эксплуатационных условиях совершенствованием метода регулирования их мощности: дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: 05.04.02. / А. А. Корпач – К., 1989 – 270 с.

74. Леонтьев Ю. Н. Оптимизация параметров дорожно-ремонтных работ /дис на соиск. учен. степени канд. техн. наук: 05.23.14. / Ю. Н. Леонтьев; К., 1987. – 160 с.

75. Линник І. Е. Теоретичні основи прогнозування еволюції ергономічної системи "водій – ТЗ – транспортна мережа – середовище" : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.01.04 / Ірина Едуардівна Линник, Харків. нац. акад. міського госп-ва.– Харків : [б.в.], 2013.– 41 с. 100 пр. – На укр. яз.

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

77. Лукашин В. Н. Оптимизация межремонтных сроков по критерию суммарных энергозатрат / В. Н. Лукашин, В. М. Трофименко: «Дороги». Наука и техника в дорожной отрасли. –1998. – №4. – С.35-41.

78. Машков О. А. Застосування інформаційних аерокосмічних технологій для оцінки транскордонних екологічних конфліктів [Текст] / Машков О. А., Аль-Тамими Р.К.Н., Лами Д.Д.Х. // Інформаційні процеси, технології та система транспорту: Науково-технічний журнал. Вип 4.- К.:НТУ, 2016. – С. 107-118.

79. Маяк Н. М. Топливная экономичность автомобилей в сложных условиях движения / Н. М. Маяк – К.: Выща школа, 1990. – 215 с.

80. Методические указания по расчету норм расхода бензина и дизельного топлива на работу строительно-дорожных машин [разраб. Киселевым М. М и др.], М. :ЦНИИОМТП, 1990. – 45 с.

81. Механизация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог/ И. И. Макаrchук, А. Я. Александров, Л. М. Бабик и др. – К.: Будівельник, 1985. – 88 с.
82. Механизация работ по ремонту и содержанию автомобильных дорог/ А. И. Макаrchук, А. Я. Александров, П. М. Бибик и др. – К.: Будивельник, 1985. – 88 с.
83. Миротин Л. Б. Исследование вопросов эффективного использования автомобильного транспорта в строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог: автореф... дис. на соиск. учен. степени д-ра техн. наук: 08.00.05 / Л. Б. Миротин., М., 1974 – 20 с.
84. Миротин Л.Б. Транспортная логистика. Экзамен, 2003. - 512 с.
85. Міхно М. В. Зниження витрат палива та шкідливих викидів рухомим складом автомобільного транспорту раціональним вибором експлуатаційних факторів/ автореф. канд. техн. наук: 05.22.10. Український транспортний університет / М. В. Міхно – К.; 1998 –16 с.
86. Нгуен Ван Тим. Выбор оптимальных конструкций автодорожных и городских мостов в условиях Вьетнама /авторефератканд. техн. наук: 05.48.20 / Нгуен Ван Тим.– К., 1970. – 20 с.
87. Некрасов В. К. Определение основных терминов, необходимых при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог: учеб. пособие: ХАДИ. – К., 1993. – 136 с.
88. Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії: В підтримку вітчизняного виробника / НАН України, АТ «Укренергозбереження»; Г. Бабієв (Ред.). – К., 1999 р. – 139 с.
89. Оптимальное моделирование и планирование эксперимента [Подг. А. В. Цуканов]. – К., 1986. – 18 с.
90. Офіційний сайт Державної служби статистики. – URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
91. Офіційний сайт компанії WIRTGEN.GROUP. WITOS Paving –

дорожное строительство 4.0.: URL: <https://www.wirtgen-group.com/ru-ua/products/voegele/technologies/witos-paving/>

92. Поважнюк С. Вартість річного імпорту в Україну дизпалива і скрапленого газу становить 4–5 мільярдів доларів, що еквівалентно експорту майже 30 мільйонів тонн зерна / С. Поважнюк. – URL: https://zn.ua/ukr/energy_market/deformaciya-348532_.html

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.

94. Порадек С. В. Сокращение энергозатрат при производстве асфальбетонных смесей / С.В. Порадек // Строительно-дорожные машины. – №3. – 2000. – С. 35-42.

95. Про затвердження Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державно-го значення на 2018-2022 роки: Постанова Кабінету Міністрів України від 21 березня 2018 р. № 382. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/382-2018-%D0%BF#Text>

96. Про затвердження Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті : наказ Міністерства транспорту України N 43 від 10.02.98. – URL: https://zakononline.com.ua/ documents/ show/114417_581456.

97. Про затвердження Примірних норм витрат матеріалів на експлуатацію вулично-дорожньої мережі: Наказ Міністерства транспорту України від 30.11.2012 № 601. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua /rada/show/v0601858-12#Text>

98. Про схвалення Концепції Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 січня 2018 р. № 34-р.: UR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/34-2018-%D1%80#Text>.

99. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. №

430-р. – Режим доступа: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80/print>

100. Проблемы эксплуатации автомобильных дорог. Сб. научных трудов / ХАДТУ. – Х. – Знание, 1998. – 130 с.

101. Прусенко Е. Д. Основные направления совершенствования методов управления состоянием автомобильных дорог / Е. Д. Прусенко, В. Ф. Демишкан. – Харьков, Знание. – 1998. – С. 39-47

102. Ремонт дорожных одежд: Технологические карты / разраб. И. П. Нога, И. М. Кравченко. – К.: Будивельник, 1990. – 54 с.

103. Ремонт дорожных одежд: Технологические карты/ Разраб. И. П. Нога, И. М. Кравченко. – К.: Будивельник, 1990. – 54 с.

104. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в промышленности: Материалы конференции. 4-6 сентября 1996 г. Одесса/Г. П. Кременев (ред.). – К., 1996. – 160 с.

105. Рівненська обласна державна адміністрація. Веб-сайт: <https://www.rv.gov.ua/news/interaktivna-karta-remontu-dorig-ukrayini-vzhe-pracyuye>

106. Розробка методики визначення витрат палива та масових викидів забруднюючих речовин ТП/В. П. Матейчик, С. О. Никонович// Вісник НТУ, ТАУ. – 2011. – №25. – С. 93-98.

107. Руднев В. К. Эксплуатационные материалы для строительных и дорожных машин: Учеб. пособие / В. К. Руднев, Е. С. Венцель, Е. Н. Лысков; ХАДИ. – К., 1993. – 234 с.

108. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1977. – 304 с.

109. Содиков Ж.И. Методика расчета транспортно-эксплуатационных затрат с учетом зарубежного опыта / Ж.И. Содиков // Вестник Ташкентского института по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог. Выпуск 2.– 2018. УДК 625.7. Ташкентский институт по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.– URL:

<https://www.researchgate.net/publication/326655133>

110. СОУ 42.1-37641918-094:2017 ДМ та механізми. Норми витрат паливно-мастильних матеріалів. Видання офіційне./ К.: Укравтодор, 2017.- 51 с.

111. СОУ 45.2-00018112-006:2006 Безпека дорожнього руху. Порядок огороження та організація Дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт з будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг/ К.: Укравтодор – 2006. – 34с.

112. Стабровський О.І. Дослідження впливу різних факторів на параметри гальмування автомобіля / О.І. Стабровський // Криміналістика и судебная экспертиза. – 2013. – Вып.8(2). – С. 421-437.

113. Страхов Л. М. Совершенствование организации и технологии дорожного строительства / Л. М. Страхов, И. М. Кравченко, В. В. Комаров. – К.: Будівельник, 1988. – 88 с.

114. Строительство и ремонт асфальтобетонных покрытий с применением агрегированных смесей. Учеб. пособие для студентов специальн. «Строительство автомобильных дороги и аэродромов» / В. Г. Кравченко, В. Н. Чуб, А. М. Герасименко, Н. В. Табаков; ХАДИ. – К., 1993. – 136 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.

116. Тарасюк В. П. Методика визначення транспортних енерговитрат в межах перетинів з примусовим регулюванням руху / В. П. Тарасюк // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – 2016. –Вип. 8. – С. 373-381. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/enef_2016_8_62.

117. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України: П-Г.1-218-113-97/ В. А. Голубев та ін. (розроб.); Українська державна корпорація по будівництву, ремонту та

утриманню автомобільних доріг «Укравтодор».— К., 1997. —183 с.

118. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України / Укр. держ. корпорація по будівництву, ремонту та утриманню автомобільних доріг “Укравтодор”. — К., 1997. — 183 с.

119. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів / А. А. Тимченко — К. : «Либідь», 2000. — 271 с.

120. Україна через 5 років – енергонезалежна країна, через 10 – постачальник енергії в Європу. Український інститут майбутнього. URL <https://strategy.uifuture.org/ukraina-cherez-5-rokiv-energonezalezhna-kraina.html>

121. Україна через 5 років – незалежна країна, через 10 – постачальник енергії в Європу / Український інститут майбутнього. URL: <https://strategy.uifuture.org/ukraina-cherez-5-rokiv-energonezalezhna-kraina.html>.

122. Фандель Гюнтер. Теория производства и издержек / М. Г. Грещак (пер. с нем). — К. :Таксон, 1998. — 521 с.

123. Час реакції водія на небезпеку. Від чого залежить час реакції водія. Пішохід, що перетинає смугу нашого руху під прямим кутом. — Режим доступу: <https://gtshina.ru/uk/pokupka-avto/vremya-reakcii-voditelya-na-opasnost-ot-chego-zavisit-vremya-reakcii-voditelya/>.

124. Черчмен У. Введение в исследование операций / У. Черчмен, Р. Акоф, Л. Арноф. М.: «Наука». —1968. — 488 с.

125. Чижик В. В. Физические основы автомобильного транспорта: Учеб. пособие для студ. спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В. В. Чижик, П.В. Гель /Винницький политех. ин-т.— К., 1990. — 128 с.

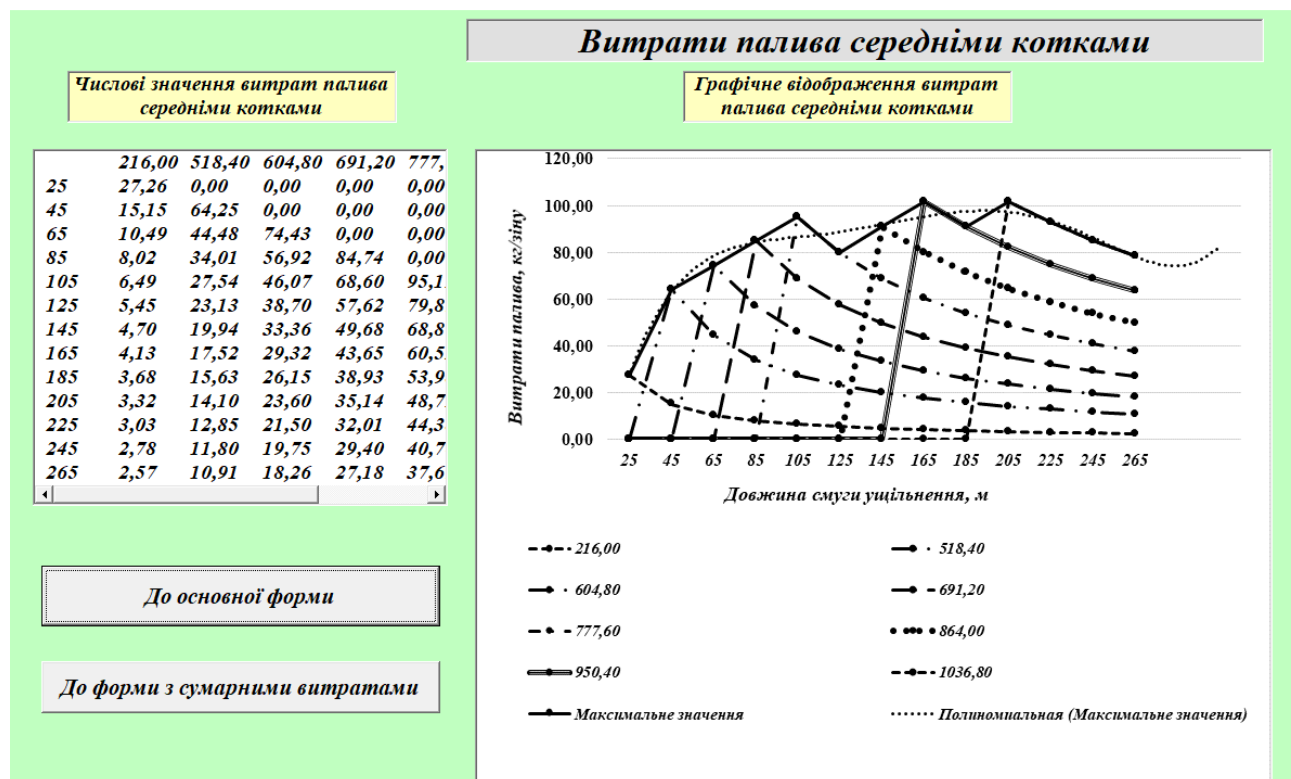
126. Шевченко В. І. Енергетика України: Який шлях обрати, щоб вижити? (Незалежне дослідження електроенергетики)/ В. І. Шевченко, Л. З. Півень — К.: Просвіта, 1999. — 186 с.

127. Шпиг А.Ю. Модель обґрунтування рівня обслуговування елементів автомобільних доріг / А.Ю. Шпиг // Вісник Національного транспортного університету: В 2-х частинах: Ч.1. — 2010. — Вип. 21. — с. 94-99.

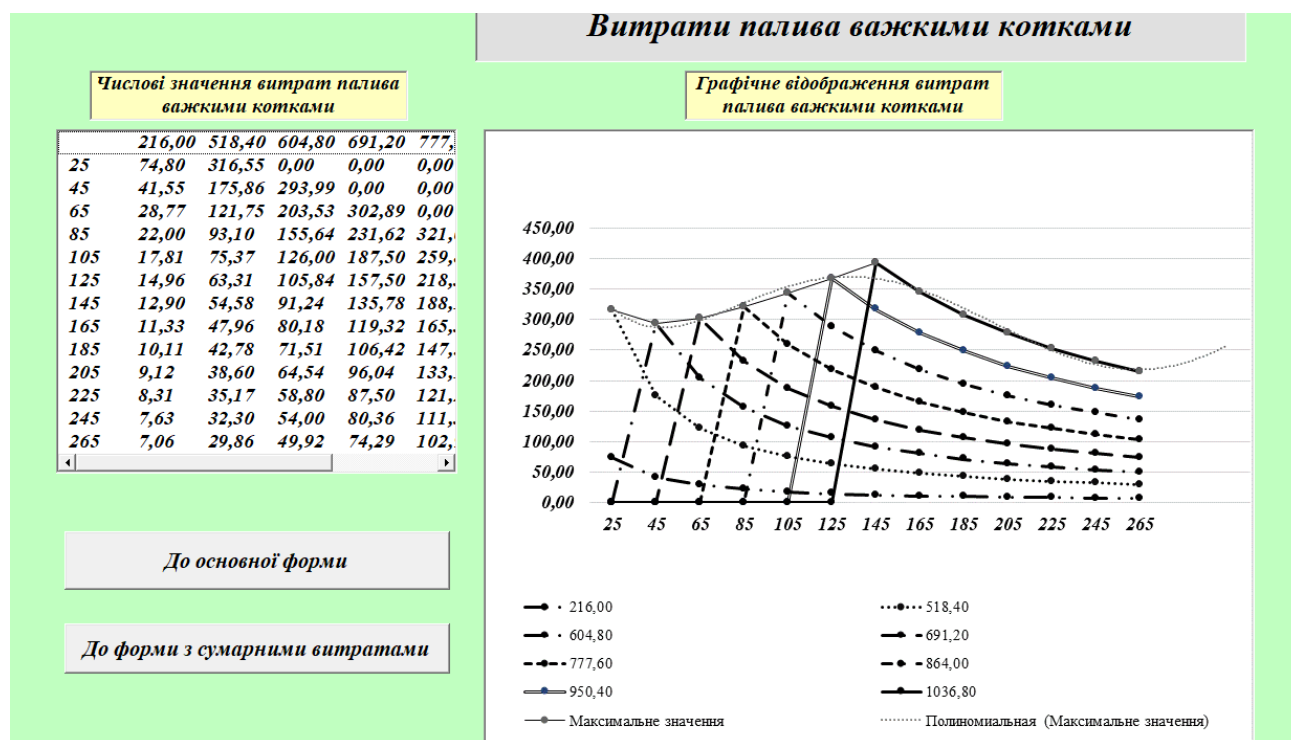
ДОДАТКИ

Додаток А. Інтерфейс Форм

Форма UserForm9 –



. Форма UserForm10 –



Додаток Б – Програма з процедурами UserForm1

```

'перехід до форми введення даних по середнім коткам
Private Sub AverRoller_Click()
UserForm1.Hide
UserForm5.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива важкими котками
Private Sub CommandButton10_Click()
UserForm1.Hide
UserForm10.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива дорожніми машинами
Private Sub CommandButton11_Click()
UserForm1.Hide
UserForm11.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива транспортним потоком
Private Sub CommandButton13_Click()
UserForm1.Hide
UserForm12.Show
End Sub

'перехід до форми введення даних по транспортному потоку
Private Sub CommandButton3_Click()
UserForm1.Hide
UserForm5.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива автомобілями-самоскидами
Private Sub CommandButton14_Click()
UserForm1.Hide
UserForm13.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива дорожніми машинами,
'транспортним потоком та автомобілями-самоскидами
Private Sub CommandButton15_Click()
UserForm1.Hide
UserForm15.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива асфальтоукладальником
Private Sub CommandButton7_Click()
UserForm1.Hide
UserForm7.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива легкими котками
Private Sub CommandButton8_Click()
UserForm1.Hide
UserForm8.Show
End Sub

'перехід до форми з результатами числових експериментів
'визначення витрат палива важкими котками
Private Sub CommandButton9_Click()
UserForm1.Hide
UserForm9.Show
End Sub

'перехід до форми з вихідними даними по дорожньому
полотну
'та автомобілям-самоскидам
Private Sub DumpTrack_Click()
UserForm1.Hide
UserForm14.Show
End Sub

'Завершення роботи програмного комплексу
Private Sub ExitForm_Click()
End
End Sub

'перехід до форми введення даних по асфальтоукладальнику
Private Sub GoToAsphaltPover_Click()
UserForm1.Hide
UserForm2.Show
End Sub

'перехід до форми введення даних по легким коткам
Private Sub GoToRollerLight_Click()
UserForm1.Hide
UserForm2.Hide
UserForm4.Show
End Sub

'перехід до форми введення даних по важким коткам
Private Sub HeavyRoller_Click()
UserForm1.Hide
UserForm6.Show
End Sub

'перехід до форми введення даних по характеристикам
'дорожнього полотна
Private Sub RepairArea_Click()
UserForm1.Hide
UserForm14.Show
Dim Label() As Object
Dim textbox() As Object
Dim frame() As Object
End Sub

'перехід до форми введення даних по характеристикам
'транспортного потоку
Private Sub TransportFlow_Click()
UserForm1.Hide
UserForm3.Show
End Sub

```

Програма з процедурами UserForm2

```

Option Base 1
Public Sub cbtExit_Click() 'вихід з програми
Sheets("AsphaltPaver").Cells(1, 2) = "Марка машини" ' оновлює комірку B1
End
End Sub
Public Sub cbtGoTo3_Click() 'перехід до наступної форми User Form4
Sheets("AsphaltPaver").Cells(1, 2) = "Марка машини" ' оновлює комірку B1
UserForm2.Hide
UserForm4.Show
End Sub
Public Sub cmbGoToGeneral_Click() 'перехід до основної форми
Sheets("AsphaltPaver").Cells(1, 2) = "Марка машини" ' оновлює комірку B1
UserForm2.Hide
UserForm1.Show
End Sub
'Введення в об'єкт ComboBox значень з діапазону комірок
Private Sub UserForm_Activate()
Dim UserForm2 As UserForm
With cmbType
.ColumnCount = 1
.ControlSource = "AsphaltPaver!B1"
.RowSource = "AsphaltPaver!B2:B7"
End With
End Sub
Public Sub cbtDataDownload_click()
'//Введення даних з таблиці в TextBox

Dim txbVolume As textbox
Dim txbProduct As textbox
Dim txbMinLineR As textbox
Dim txbMaxLineR As textbox
Dim txbMinIdleSpeed As textbox
Dim txbMaxIdleSpeed As textbox
Dim txbMinWorkSpeed As textbox
Dim txbMaxWorkSpeed As textbox
Dim txbRatedEnginePower As textbox
Dim txbFuelConsumtRate As textbox
Dim arrayValue() As String
Dim arrayTextBox As Object
Dim massNum As Long
Dim m As Integer
m = UserForm2.cmbType.ListIndex 'присвоєння змінній номера рядка в комбобокс,
'який активний
Dim n As Long
'присвоєння значення TextBox з
' комірки, яка знаходиться в стовпці поряд з вибраною в ComboBox
With UserForm2
.txbVolume.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 3)
.txbProduct.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 4)
.txbMinWorkSpeed.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 5)
.txbMaxWorkSpeed.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 6)
.txbMinIdleSpeed.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 7)
.txbMaxIdleSpeed.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 8)
.txbMinLineR.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 9)
.txbMaxLineR.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 10)
.txbRatedEnginePower.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 11)
.txbFuelConsumtRate.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 12)
.TextBox10.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltPaver").Cells(m + 2, 13)
End With

'Виведення даних в окрему таблицю на листі
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 1) = UserForm2.cmbType.Value
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 2) = UserForm2.txbVolume.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 3) = UserForm2.txbProduct.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 4) = UserForm2.txbMinWorkSpeed.Text

```

```

ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 5) = UserForm2.txbMaxWorkSpeed.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 6) = UserForm2.txbMinIdleSpeed.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 7) = UserForm2.txbMaxIdleSpeed.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 8) = UserForm2.txbMinLineR.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 9) = UserForm2.txbMaxLineR.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 10) = UserForm2.txbRatedEnginePower.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 12) = UserForm2.txbFuelConsumtRate.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 14) = UserForm2.TextBox9.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiseAsphPaver").Cells(2, 11) = UserForm2.TextBox10.Text
End Sub

```

Програма з процедурами UserForm3

```

Private Sub CommandButton1_Click() 'перехід до основної форми
UserForm3.Hide
UserForm1.Show
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton2_Click()
'перехід до результатів числового експеримента
UserForm3.Hide
UserForm15.Show
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()
'виведення даних з аркуша"MotorCar" в об'єкти TextBox
With UserForm3
.TextBox1.Text = ThisWorkbook.Sheets("MotorCar").Cells(4, 16)
.TextBox2.Text = ThisWorkbook.Sheets("MotorCar").Cells(5, 16)
.TextBox3.Text = ThisWorkbook.Sheets("MotorCar").Cells(6, 16)
End With
End Sub

```

Програма з процедурами UserForm4

Option Base 1

```

Private Sub CommandButton1_Click() 'перехід до основної форми
ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновляє комірку A1
UserForm4.Hide
UserForm1.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click() 'вихід з програми
ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновляє комірку A1
' повідомлення, що не всі дані введені
If UserForm4.TextBox9.Text = "" Or UserForm4.TextBox11.Text = "" Then
MsgBox "Ви ввели не всі вихідні дані", vbCritical
Else
End
End If
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton3_Click()
Dim TextBox1 As textbox
Dim TextBox2 As textbox
Dim TextBox3 As textbox
Dim TextBox4 As textbox
Dim TextBox5 As textbox
Dim TextBox6 As textbox
Dim TextBox7 As textbox
Dim TextBox8 As textbox
Dim TextBox9 As textbox
Dim TextBox10 As textbox
Dim arrayValue() As String

```

```

Dim arrayTextBox As Object
Dim massNum As Long
Dim m As Integer
'присвоєння змінній номера рядка в комбобокс, який активний
m = UserForm4.ComboBox1.ListIndex
Dim n As Long
'присвоєння значення TextBox з
' комірки, яка знаходиться в стовпці поряд з вибраною в ComboBox
With UserForm4
.TextBox1.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 2)
.TextBox2.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 3)
.TextBox3.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 4)
.TextBox4.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 5)
.TextBox5.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 6)
.TextBox6.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 7)
.TextBox7.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 8)
.TextBox8.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 9)
.TextBox10.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 10)
.TextBox12.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(m + 2, 14)
End With

'Виведення даних в окрему таблицю на листі
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 2) = UserForm4.ComboBox1.Value
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 3) = UserForm4.TextBox1.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 4) = UserForm4.TextBox2.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 5) = UserForm4.TextBox3.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 6) = UserForm4.TextBox4.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 7) = UserForm4.TextBox5.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 8) = UserForm4.TextBox6.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 9) = UserForm4.TextBox7.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 10) = UserForm4.TextBox8.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 11) = UserForm4.TextBox10.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 14) = UserForm4.TextBox11.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 15) = UserForm4.TextBox9.Text
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(2, 13) = UserForm4.TextBox12.Text
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click() 'перехід до наступної форми
ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновлює комірку A1
'повідомлення, що не всі дані введені
If UserForm4.TextBox9.Text = "" Or UserForm4.TextBox11.Text = "" Then
    MsgBox "Ви ввели не всі вихідні дані", vbCritical
Else
    End
End If
ThisWorkbook.Sheets("RollerLight").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновлює комірку A1
UserForm4.Hide
UserForm5.Show

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
'повідомлення про необхідність введення даних вручну
MsgBox "Виберіть марку котка в області" & vbCr & _
"ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТКА" & vbCr & _
"та введіть їх кількість та кількість проходів по одному місцю в області" & vbCr & _
"ВВЕСТИ ВРУЧНУ", vbExclamation
Dim UserForm4 As UserForm
With ComboBox1 'виведення в об'єкт ComboBox даних з аркуша "RollerLight"
.ColumnCount = 1
.ControlSource = "RollerLight!A1"

```



```
.RowSource = "RollerLight!A2:A7"
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm5

```
Private Sub CommandButton1_Click()
ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновляє комірку B1
UserForm5.Hide
UserForm1.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновляє комірку B1
If UserForm5.TextBox9.Text = " " Or UserForm5.TextBox11.Text = " " Then
MsgBox "Ви ввели не всі вихідні дані"
Else
End
End If
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
Dim TextBox1 As textbox
Dim TextBox2 As textbox
Dim TextBox3 As textbox
Dim TextBox4 As textbox
Dim TextBox5 As textbox
Dim TextBox6 As textbox
Dim TextBox7 As textbox
Dim TextBox8 As textbox
Dim TextBox9 As textbox
Dim TextBox10 As textbox
Dim TextBox11 As textbox
Dim TextBox12 As textbox
Dim arrayValue() As String
Dim arrayTextBox As Object
Dim massNum As Long
Dim m As Integer
m = UserForm5.ComboBox1.ListIndex 'присвоєння змінній номера рядка в комбобокс, який активний
Dim n As Long
'присвоєння значення TextBox з
' комірки, яка знаходиться в стовпці поряд з вибраною в ComboBox
With UserForm5
.TextBox1.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 2) ' ширина смуги ущільнення
.TextBox2.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 3) 'маса, т
.TextBox3.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 4) 'мінім швидк робочого ходу
.TextBox4.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 5) 'максимальна швидкість робочого ходу
.TextBox5.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 6) 'мінім швидк холостого ходу
.TextBox6.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 7) 'максимальна швидкість холостого ходу
.TextBox7.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 8) 'номінальна потужність двигуна
.TextBox8.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 9) 'Норма витрат палива, кг/маш.год
.TextBox10.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 10) 'Норма витрат палива, л/маш.год
.TextBox12.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(m + 2, 14) ' довжина бази котка
End With

'Виведення даних в окрему таблицю на листі
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 2) = UserForm5.ComboBox1.Value 'марка машинри
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 3) = UserForm5.TextBox1.Text ' ширина смуги ущільнення
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 4) = UserForm5.TextBox2.Text 'маса, т
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 5) = UserForm5.TextBox3.Text 'мінім швидк робочого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 6) = UserForm5.TextBox4.Text 'максимальна швидкість робочого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 7) = UserForm5.TextBox5.Text 'мінім швидк холостого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 8) = UserForm5.TextBox6.Text 'максимальна швидкість холостого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 9) = UserForm5.TextBox7.Text 'номінальна потужність двигуна
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 10) = UserForm5.TextBox8.Text 'Норма витрат палива, кг/маш.год
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 11) = UserForm5.TextBox10.Text 'Норма витрат палива, л/маш.год
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 15) = UserForm5.TextBox9.Text ' кількість машин
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 14) = UserForm5.TextBox11.Text ' кількість проходів
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(3, 13) = UserForm5.TextBox12.Text ' довжина бази котка
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton4_Click()
ThisWorkbook.Sheets("RollerAver").Cells(1, 1) = "Марка машини" ' оновляє комірку B1
UserForm5.Hide
UserForm6.Show
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
MsgBox "Виберіть марку котка в області" & vbCrLf & _
"ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТКА" & vbCrLf & _
"та введіть їх кількість та кількість проходів по одному місцю в області" & vbCrLf & _
"ВВЕСТИ ВРУЧНУ", vbExclamation
Dim UserForm5 As UserForm
With ComboBox1
.ColumnCount = 1
.ControlSource = "RollerAver!A1"
.RowSource = "RollerAver!A2:A7"
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm6

```
Private Sub CommandButton1_Click()
' оновлює комірку A1, прехід до основної форми
ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(1, 1) = "Марка машини"
UserForm6.Hide
UserForm1.Show
End Sub
Private Sub CommandButton2_Click()
' оновлює комірку A1
ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(1, 1) = "Марка машини"
' перевірка умови і виведення повідомлення про те, що не всі дані введені
If UserForm6.TextBox9.Text = "" Or UserForm6.TextBox11.Text = "" Then
MsgBox "Ви ввели не всі вихідні дані", vbCritical
Else
End
End If
End Sub
Private Sub CommandButton3_Click()
Dim TextBox1 As textbox
Dim TextBox2 As textbox
Dim TextBox3 As textbox
Dim TextBox4 As textbox
Dim TextBox5 As textbox
Dim TextBox6 As textbox
Dim TextBox7 As textbox
Dim TextBox8 As textbox
Dim TextBox9 As textbox
Dim TextBox10 As textbox
Dim TextBox11 As textbox
Dim TextBox12 As textbox
Dim arrayValue() As String
Dim arrayTextBox As Object
Dim massNum As Long
Dim m As Integer
' присвоєння змінній номера рядка в комбобокс, який активний
m = UserForm6.ComboBox1.ListIndex
Dim n As Long
' присвоєння значення TextBox з
' комірки, яка знаходиться в стовпці поряд з вибраною в ComboBox
With UserForm6
' ширина смуги ущільнення
.TextBox1.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 2)
' маса, т
.TextBox2.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 3)
' мінім швидк робочого ходу
```

```

.TextBox3.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 4)
'максимальна швидкість робочого ходу
.TextBox4.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 5)
'мінім швидк холостого ходу
.TextBox5.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 6)
'максимальна швидкість холостого ходу
.TextBox6.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 7)
'номінальна потужність двигуна
.TextBox7.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 8)
'Норма витрат палива, кг/маш.год
.TextBox8.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 9)

'Норма витрат палива, л/маш.год
.TextBox10.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 10)
'довжина бази котка
.TextBox12.Text = ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(m + 2, 14)
End With
'Виведення даних в окрему таблицю на листі
'марка машинри
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 2) = UserForm6.ComboBox1.Value
'ширина смуги ущільнення
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 3) = UserForm6.TextBox1.Text
'маса, т
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 4) = UserForm6.TextBox2.Text
'мінім швидк робочого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 5) = UserForm6.TextBox3.Text
'максимальна швидкість робочого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 6) = UserForm6.TextBox4.Text
'мінім швидк холостого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 7) = UserForm6.TextBox5.Text
'максимальна швидкість холостого ходу
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 8) = UserForm6.TextBox6.Text
'номінальна потужність двигуна
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 9) = UserForm6.TextBox7.Text
'Норма витрат палива, кг/маш.год
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 10) = UserForm6.TextBox8.Text
'Норма витрат палива, л/маш.год
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 11) = UserForm6.TextBox10.Text
'кількість машин
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 15) = UserForm6.TextBox9.Text
'кількість проходів
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 14) = UserForm6.TextBox11.Text
'довжина бази котка
ThisWorkbook.Sheets("ResultChoiceRollers").Cells(4, 13) = UserForm6.TextBox12.Text
End Sub
Private Sub CommandButton4_Click()
ThisWorkbook.Sheets("RollerHeavy").Cells(1, 1) = "Марка машини" 'оновляє комірку A1
UserForm6.Hide
UserForm3.Show
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
MsgBox "Виберіть марку котка в області" & vbCrLf & _
"ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТКА" & vbCrLf & _
"та введіть їх кількість та кількість проходів по одному місцю в області" & vbCrLf & _
"ВВЕСТИ ВРУЧНУ", vbExclamation
Dim UserForm6 As UserForm
With ComboBox1
.ColumnCount = 1
.ControlSource = "RollerHeavy!A1"
.RowSource = "RollerHeavy!A2:A7"
End With
End Sub

```

Процедури програми UserForm7

```
Private Sub CommandButton1_Click() 'перехід до основної форми
UserForm7.Hide
UserForm1.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click() 'перехід до форми з сумарними витратами палива в зоні ремонту
UserForm7.Hide
UserForm15.Show
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графік MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage1
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку для присвоєння об'єкту Image
UserForm7.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_asph_pover\Chart_asph_pover.gif")
With UserForm7.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedAsphPaverFuel!G19:n19"
End With
With UserForm7.ListBox2
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedAsphPaverFuel!G20:n20"
End With
With UserForm7.ListBox3
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedAsphPaverFuel!G22:n22"
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm8

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm8.Hide
UserForm1.Show
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm8.Hide
UserForm15.Show
End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module2.SaveSelectedChartAsImage2
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm8.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_light_roller\Chart_light_roller.gif")
With UserForm8.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
```

```

' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
' задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedRollersLightFuel!F91:N104"
End With
End Sub

```

Процедури програми UserForm9

```

Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm9.Hide
UserForm1.Show
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm9.Hide
UserForm15.Show
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage3
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm9.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_aver_roller\Chart_aver_roller.gif")
With UserForm9.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
' задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedRollersAverFuel!F91:N104"
End With
End Sub

```

Процедури програми UserForm10

```

Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm10.Hide
UserForm1.Show
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm10.Hide
UserForm15.Show
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage4
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm10.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_Heavy_roller\Chart_Heavy_roller.gif")
With UserForm10.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
' задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "CalculatedRollersHeavyFuel!F91:N104"
End With
End Sub

```

Процедури програми UserForm11

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm11.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm11.Hide
UserForm15.Show
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage5
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm11.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_work_mash\Chart_work_mash.gif")
With UserForm11.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "50;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "SummaryFuel!A3:I16"
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm12

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm12.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm12.Hide
UserForm15.Show
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage7
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm12.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_transp_flow\Chart_transp_flow.gif")
With UserForm12.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 2
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "150;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "MotorCar!K87:L94"
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm13

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm13.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm13.Hide
```

```
UserForm15.Show
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage6
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm13.Image1.picture = LoadPicture("D:\Charts\Charts_dump_track\Chart_dump_track.gif")
With UserForm13.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "150;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "DumpTruks!A107:I108"
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm14

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm14.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
UserForm14.Hide
UserForm15.Show
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
With UserForm14
'виведення в форму вихідних даних
.TextBox1.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(27, 2)
.TextBox2.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(27, 3)
.TextBox3.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(27, 4)
.TextBox4.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(28, 2)
.TextBox5.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(28, 3)
.TextBox6.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(28, 4)
.TextBox7.Text = ThisWorkbook.Sheets("DumpTruks").Cells(29, 2)
.TextBox8.Text = ThisWorkbook.Sheets("WorkingZone").Cells(4, 2)
.TextBox9.Text = ThisWorkbook.Sheets("WorkingZone").Cells(3, 2)
End With
End Sub
```

Процедури програми UserForm15

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm15.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()
End
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Activate()
'об'являємо Image як об'єкт
Dim Image1 As Object
'завантажуємо в папку з листа графіка MS Excel
Call Module1.SaveSelectedChartAsImage8
```

```
'вказуємо шлях до скопійованого в папку файлу графіку
UserForm15.Image1.picture =
LoadPicture("D:\Charts\Charts_summary_fuel\Chart_summary_fuel.gif")
With UserForm15.ListBox1
'задаємо кількість стовпців
.ColumnCount = 8
' задаємо ширину стовпців
.ColumnWidths = "150;50;50;50;50;50;50;50"
'задаємо діапазон в таблиці, з даними
.RowSource = "SummaryFuel!A52:I55"
End With
End Sub
```

Додаток В - Макроси

Макроси, розташовані в модулі Module1

```

Sub SaveSelectedChartAsImage1()
'експортування графіка з аркуша "ChartAsphPaverFuel" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(1).Export "D:\Charts\Charts_asph_pover\Chart_asph_pover.gif"
End Sub

Sub SaveSelectedChartAsImage3()
'експортування графіка з аркуша "ChartCalculatedRollersAverFuel" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(3).Export "D:\Charts\Charts_aver_roller\Chart_aver_roller.gif"
End Sub

Sub SaveSelectedChartAsImage4()
'експортування графіка з аркуша "ChartCalculatedRollersHeavyFuel" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(4).Export "D:\Charts\Charts_heavy_roller\Chart_heavy_roller.gif"
End Sub

Sub SaveSelectedChartAsImage5()
'експортування графіка з аркуша "ChartSumFuelWM" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(5).Export "D:\Charts\Charts_work_mash\Chart_work_mash.gif"
End Sub

Sub SaveSelectedChartAsImage6()
'експортування графіка з аркуша "ChartDumpTruks" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(6).Export "D:\Charts\Charts_dump_track\Chart_dump_track.gif"
End Sub

Sub SaveSelectedChartAsImage7()
'експортування графіка з аркуша "ChartMotorCar" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(7).Export "D:\Charts\Charts_transp_flow\Chart_transp_flow.gif"
End Sub

Sub SaveSelectedChartAsImage8()
'експортування графіка з аркуша "ChartSummaryFuel" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(8).Export "D:\Charts\Charts_summary_fuel\Chart_summary_fuel.gif"
End Sub

```

Макрос модуля Module2

```

Sub SaveSelectedChartAsImage2()
'експортування графіка з аркуша "ChartLightRollerFuel" в папку у
'вигляді рисунка .gif
Charts(2).Export "D:\Charts\Charts_light_roller\Chart_light_roller.gif"
With Charts("ChartCalculatedRollersLightFuel")
.HasLegend = True
.Legend.Font.ColorIndex = 5
End With
End Sub

```

Макрос модуля Module3

```

Public Sub StartProgram()
'Запуск програми з кнопки на листі Excel
UserForm1.Show
UserForm1.PictureSizeMode = fmPictureSizeModeZoom
End Sub

```


Макрос модуля Module5

```
' процедура пошуку номера обраного рядка зі списку ComboBox при кожному запуску
Public Sub cbtDataDownload_click()
Dim txbVolume As textbox
Dim txbProduct As textbox
Dim txbMinLineR As textbox
Dim txbMaxLineR As textbox
Dim txbMinIdleSpeed As textbox
Dim txbMaxIdleSpeed As textbox
Dim txbMinWorkSpeed As textbox
Dim txbMaxWorkSpeed As textbox
Dim txbRatedEnginePower As textbox
Dim txbFuelConsumtRate As textbox
Dim arrayValue() As String
Dim arrayTextBox As Object
Dim massNum As Long
Dim m As Integer
m = UserForm2.cmbType.ListIndex 'присвоєння змінній номера рядка в комбобокс, який активний
Dim n As Long
For i = 1 To LastColumn1
'присвоєння значення TextBox з
'копірки, яка знаходиться в стовпці поряд з вибраною в ComboBox
    With UserForm2
        .txbVolume.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltRover").Cells(m + 2, 2)
        .txbProduct.Text = ThisWorkbook.Sheets("AsphaltRover").Cells(m + 2, 3)
    End With
Next i
End Sub
```

Макрос модуля Module6

```
'макрос розрахунку кількості заповнених рядків
Public Sub LastRows()
Dim LastRow1 As Integer
LastRow1 = Sheets(1).Range("A" & Rows.Count).End(xlUp).Row
End Sub
'макрос розрахунку кількості заповнених рядків
Public Sub LastColumn()
Dim LastColumn1 As Integer
LastColumn1 = Sheets(1).Range(Colomns.Count & "1").End(xlToLeft).Columns
End Sub
```

Додаток Г. Таблиці вхідних даних ДМ

Таблиця вихідних даних для АУ, аркуш AsphaltPaver

№ з/п	Модель машини	Об'єм бункера-приймача, т	Продуктивність, т/год	Мінімальна швидкість робочого ходу, м/хв	Максимальна швидкість робочого ходу, м/хв	Мінімальна швидкість холостого ходу, м/хв	Максимальна швидкість холостого ходу, м/хв	Мінімальна ширина СУкл, м	Максимальна ширина СУкл, м	Номінальна потужність двигуна, кВт	Норма витрат палива, кг/маш.год	Норма витрат палива, л/маш.год
1	VOLVO Titan-325	13,50	700,00	5	16	1,00	3,60	3,00	10,00	126,00	16,50	19,41
2	VOLVO Titan-326	13,50	700,00	6	20	1,00	3,60	2,50	8,50	160,00	19,33	22,74
3	Vogele Super 1800	13,00	700,00	10	24	1,00	4,50	3,00	10,00	122,30	14,89	17,52
4	Vogele Super 1900	14,00	900,00	10	24	1,00	4,50	3,00	11,00	151,00	15,87	18,67
5	Vogele Super2100	14,00	1100,00	10	24	1,00	4,50	3,00	13,00	179,00	19,69	23,16

Таблиця вихідних даних для ЛК, аркуш RollerLight

Модель машини	Ширина вальця, м	Маса, кг	Мінімальна швидкість робочого ходу, км/год	Максимальна швидкість робочого ходу, км/год	Мінімальна швидкість холостого ходу, км/год	Максимальна швидкість холостого ходу, км/год	Номінальна потужність двигуна, кВт	Норма витрат палива, кг/маш.год	Норма витрат палива, л/маш.год	Довжина бази котка, м
JCB VMT 260-120	1,20	3050,00	8,00	11,00	2,00	17,00	26,10	2,89	3,40	2,49
Ammann AV 16-2k	0,94	1450,00	5,00	7,00	2,00	9,00	13,20	1,55	1,80	2,6
PACKAT RC-13 DD-01	2,10	1300,00	9,00	10,00	2,00	15,00	70,00	11,11	13,00	5

Таблиця вхідних даних для СК, аркуш RollerAver

Модель машини	Ширина трамбування, м	Маса, кг	Мінімальна швидкість робочого ходу, м/хв	Максимальна швидкість робочого ходу, км/год	Мінімальна швидкість холостого ходу, м/хв	Максимальна швидкість холостого ходу, км/год	Номінальна потужність двигуна, кВт	Норма витрат палива, кг/маш.год	Норма витрат палива, л/маш.год	Довжина бази котка
YZC 8	1,74	8000,00	4,00	6,50	8,00	13,00	51,00	5,35	6,30	3,68
ДУ-96	1,60	6600,00	8,00	10,50	5,00	8,00	47,80	9,82	11,50	4,10

Таблиця вхідних даних для СК, аркуш RollerHeavy

Модель машини	Ширина трамбування, м	Маса, кг	Мінімальна швидкість робочого ходу, м/хв	Максимальна швидкість робочого ходу, км/год	Мінімальна швидкість холостого ходу, м/хв	Максимальна швидкість холостого ходу, км/год	Номінальна потужність двигуна, кВт	Норма витрат палива, кг/маш.год	Норма витрат палива, л/маш.год	Довжина бази котка
HAMM HD 110	1,68	10530,00	8,00	10,00	12,00	15,00	100,00	14,44	17,00	4,6
Hamm GRW 15:	1,99	11680,00	9,00	11,50	17,00	21,20	88,20	8,07	9,50	4,745
ДУ-100	2,00	14000,00	3,00	5,50	17,00	20,00	72,00	15,00	17,66	4,80
ДУ-84	2,00	14000,00	3,00	5,40	6,00	8,00	158,00	23,76	27,80	6,00

Таблиця даних обраного АУ, аркуш ResultChoiseAsphPaver

Модель машини	Об'єм бункера-приймача, т	Продуктивність, т/год	Мінімальна швидкість робочого ходу, м/хв	Максимальна швидкість робочого ходу, м/хв	Мінімальна швидкість холостого ходу, м/хв	Максимальна швидкість холостого ходу, м/хв	Мінімальна ширина СУкл, м	Максимальна ширина СУкл, м	Номінальна потужність двигуна, кВт	Норма витрат палива, кг/маш.год	Норма витрат палива, л/маш.год	Питома витрата палива, г/кВт*год	Кількість машин
VOLVO Titan-325	13,5	700	5	16	1	3,6	3	10	126	19,41	16,5	112,62	1

Таблиця даних обраних котків, аркуш ResultChoiceRollers

Тип котка	Модель машини	Ширина ущільнення, мм	Маса, кг	Мінімальна швидкість робочого ходу, м/хв	Максимальна швидкість робочого ходу, км/год	Мінімальна швидкість холостого ходу, м/хв	Максимальна швидкість холостого ходу, км/год	Номінальна потужність двигуна, кВт	Норма витрат палива, кг/маш.год	Норма витрат палива, л/маш.год	Питома витрата палива, г/кВт*год	Довжина бази котка, м	кількість проходів	кількість машин
Котки легкі	Ammann AV 16-2k	0,94	1450,00	5,00	7,00	2,00	9,00	13,2	1,55	1,8	117,27	2,6	6	3
Котки середні	YZC 8	1,74	8000,00	4,00	6,5	8,00	13,00	51,00	5,35	6,3	106,24	3,68	6	3
Котки важкі	ДУ-100	2,00	14000,00	3,00	5,5	17,00	20,00	72,00	15,00	17,66	210,88	4,8	6	2

Додаток Д. Формули в MS Excel

Аркуш CalculatedAsphPaverFuel

Розрахунки		=ResultChoiseAsphPaver!		
Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження асфальтоукладальника	=B\$4*B\$3*B\$5*B\$6			
Індивідуальна норма витрати палива асфальтоукладальником на одиницю робочого часу, кг/год	=ResultChoiseAsphPaver!\$M\$2*ResultChoiseAsphPaver!			
Індивідуальна норма витрати палива асфальтоукладальником на одиницю робочого часу, кг/хв	=G\$3/60			
Швидкість робочого ходу асфальтоукладальника, м/хв	=ResultChoiseAsphPaver!\$D\$2	12	14	16
Швидкість робочого ходу асфальтоукладальника, км/год	=G5*0,06	=H5*0,06	=I5*0,06	=J5*0,06
Швидкість холостого ходу, км/год	=ResultChoiseAsphPaver!\$F\$2	2	3	4
Експлуатаційна продуктивність в залежності від швидкості руху, м2/год	=60*B\$7*G5*B\$2	=60*B\$7*H5*B\$2	=60*B\$7*I5*B\$2	=60*B\$7*J5*B\$2
Довжина смуги, що укладається за годину, м	=G8/B\$7	=H8/B\$7	=I8/B\$7	=J8/B\$7
Довжина змінної захватки, м	=G10	=H10	=I10	=J10
Індивідуальна норма витрат палива, л/зміну	=8*B\$2*G3			
Індивідуальна витрата палива асфальтоукладальником на одиницю довжини при різних швидкостях л/м	=G\$12/G10	=G\$12/H10	=G\$12/I10	=G\$12/J10
Коефіцієнт відношення витрат палива асфальтоукладальником на одиницю довжини дороги до довжини змінної захватки	=G14/G13	=H14/H13	=I14/I13	=J14/J13
Час, за який асфальтоукладальник проходить перші 20 м на початку зміни, хв	=20/ResultChoiseAsphPaver!E2			
Час, який асфальтоукладальник працює за зміну, хв	=500-WorkingZone!B12			
	Довжина змінної захватки, м			
	=G\$11	=H\$11	=I\$11	=J\$11
Індивідуальна витрата палива асфальтоукладальником на одиницю довжини при різних швидкостях л/м	=G\$13	=H\$13	=I\$13	=J\$13
Вартість витрат палива асфальтоукладальника на одиницю продукції, грн/м	=B\$8*G\$12/G\$11	=B\$8*G\$12/H\$13	=B\$8*G\$12/I\$13	=B\$8*G\$12/J\$13

CalculatedAsphPaverFuel

RollerLight

RollerAver

RollerHeavy

ResultChc ...



Додаток Д. Аркуш CalculatedRollersLightFuel

Вихідні дані для ЧЕ з ЛК

Коефіцієнт використання машини	0,79
Коефіцієнт використання двигуна по потужності	0,5
Коефіцієнт використання двигуна в часі	0,79
Коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання двигуна в часі	1,18
Коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна та щозмінне технічне обслуговування машини на початку зміни	1,015
Ширина СУкл, м	=WorkingZone!B3
Ширина смуги перекриття, м	0,2
Ширина валяця котка, м	=ResultChoiceRollers!C2
Кількість котків, шт	=ResultChoiceRollers!\$O\$2
Кількість проходів по 1 сліду, шт	6
Довжина бази котка, м	=ResultChoiceRollers!M2
Норма витрат палива, л/год	=RollerLight!\$I\$2
Номинальна потужність двигуна, кВт	=RollerLight!\$H\$2
Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка	=B\$3*B\$2*B\$5*B\$6
Питома витрата палива, г/кВт*год	=ResultChoiceRollers!L2
Вартість палива, грн/кг	28

Визначення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів. Враховуючи, що перші 2 проходи виконуються на пониженій робочій швидкості, а наступні варіюються.

12		<i>Довжина смуги ущільнення, м</i>
13	Швидкість робочого ходу, м/хв	25
14	=G5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2*\$G\$13/\$F\$14+(\$B\$11-3)*\$G\$13/\$F14+\$B\$11*\$G\$13/\$G\$7
15	=H5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2*\$G\$13/\$F\$14+(\$B\$11-3)*\$G\$13/\$F15+\$B\$11*\$G\$13/\$G\$7
16	=I5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2*\$G\$13/\$F\$14+(\$B\$11-3)*\$G\$13/\$F16+\$B\$11*\$G\$13/\$G\$7
17	=J5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2*\$G\$13/\$F\$14+(\$B\$11-3)*\$G\$13/\$F17+\$B\$11*\$G\$13/\$G\$7
18	=K5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2*\$G\$13/\$F\$14+(\$B\$11-3)*\$G\$13/\$F18+\$B\$11*\$G\$13/\$G\$7

Кількість смуг ущільнення по довжині ЗЗ в залежності від довжини СУщ

Довжина смуги ущільнення, м	Довжина змінної захватки								Середній час ущільнення
	=G9	=H9	=I9	=J9	=K9	=L9	=M9	=N9	
25	=G\$23/\$F24	=H\$23/\$F24	=I\$23/\$F24	=J\$23/\$F24	=K\$23/\$F24	=L\$23/\$F24	=M\$23/\$F24	=N\$23/\$F24	=G\$19
45	=G\$23/\$F25	=H\$23/\$F25	=I\$23/\$F25	=J\$23/\$F25	=K\$23/\$F25	=L\$23/\$F25	=M\$23/\$F25	=N\$23/\$F25	=H\$19
65	=G\$23/\$F26	=H\$23/\$F26	=I\$23/\$F26	=J\$23/\$F26	=K\$23/\$F26	=L\$23/\$F26	=M\$23/\$F26	=N\$23/\$F26	=I\$19
85	=G\$23/\$F27	=H\$23/\$F27	=I\$23/\$F27	=J\$23/\$F27	=K\$23/\$F27	=L\$23/\$F27	=M\$23/\$F27	=N\$23/\$F27	=J\$19
105	=G\$23/\$F28	=H\$23/\$F28	=I\$23/\$F28	=J\$23/\$F28	=K\$23/\$F28	=L\$23/\$F28	=M\$23/\$F28	=N\$23/\$F28	=K\$19
125	=G\$23/\$F29	=H\$23/\$F29	=I\$23/\$F29	=J\$23/\$F29	=K\$23/\$F29	=L\$23/\$F29	=M\$23/\$F29	=N\$23/\$F29	=L\$19
145	=G\$23/\$F30	=H\$23/\$F30	=I\$23/\$F30	=J\$23/\$F30	=K\$23/\$F30	=L\$23/\$F30	=M\$23/\$F30	=N\$23/\$F30	=M\$19
165	=G\$23/\$F31	=H\$23/\$F31	=I\$23/\$F31	=J\$23/\$F31	=K\$23/\$F31	=L\$23/\$F31	=M\$23/\$F31	=N\$23/\$F31	=N\$19
185	=G\$23/\$F32	=H\$23/\$F32	=I\$23/\$F32	=J\$23/\$F32	=K\$23/\$F32	=L\$23/\$F32	=M\$23/\$F32	=N\$23/\$F32	=O\$19
205	=G\$23/\$F33	=H\$23/\$F33	=I\$23/\$F33	=J\$23/\$F33	=K\$23/\$F33	=L\$23/\$F33	=M\$23/\$F33	=N\$23/\$F33	=P\$19
225	=G\$23/\$F34	=H\$23/\$F34	=I\$23/\$F34	=J\$23/\$F34	=K\$23/\$F34	=L\$23/\$F34	=M\$23/\$F34	=N\$23/\$F34	=Q\$19
245	=G\$23/\$F35	=H\$23/\$F35	=I\$23/\$F35	=J\$23/\$F35	=K\$23/\$F35	=L\$23/\$F35	=M\$23/\$F35	=N\$23/\$F35	=R\$19
265	=G\$23/\$F36	=H\$23/\$F36	=I\$23/\$F36	=J\$23/\$F36	=K\$23/\$F36	=L\$23/\$F36	=M\$23/\$F36	=N\$23/\$F36	=S\$19

Формули для розрахунку сумарної кількості часу, необхідного на ущільнення ЗЗ,

Довжина смуги ущільнення, м		
	=G57	=H57
25	=IF(\$B\$10=0;0,001;G58+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H58+\$O\$75)
45	=IF(\$B\$10=0;0,001;G59+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H59+\$O\$75)
65	=IF(\$B\$10=0;0,001;G60+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H60+\$O\$75)
85	=IF(\$B\$10=0;0,001;G61+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H61+\$O\$75)
105	=IF(\$B\$10=0;0,001;G62+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H62+\$O\$75)
125	=IF(\$B\$10=0;0,001;G63+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H63+\$O\$75)
145	=IF(\$B\$10=0;0,001;G64+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H64+\$O\$75)
165	=IF(\$B\$10=0;0,001;G65+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H65+\$O\$75)
185	=IF(\$B\$10=0;0,001;G66+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H66+\$O\$75)
205	=IF(\$B\$10=0;0,001;G67+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H67+\$O\$75)
225	=IF(\$B\$10=0;0,001;G68+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H68+\$O\$75)
245	=IF(\$B\$10=0;0,001;G69+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H69+\$O\$75)
265	=IF(\$B\$10=0;0,001;G70+\$O\$75)	=IF(\$B\$10=0;0,001;H70+\$O\$75)

Додаток Е. Аркуш CalculatedRollersAverFuel

Визначення часу на проходження 1 СУщ за визначену кількість проходів

Швидкість робочого ходу, м/хв	25	45	
=G5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2	=2*\$B\$12/\$G\$7+2	:
=H5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2	=2*\$B\$12/\$G\$7+2	:
=I5	=2*\$B\$12/\$G\$7+2	=2*\$B\$12/\$G\$7+2	:
Середній час	=AVERAGE(G14:G	=AVERAGE(H14:H	:
Час, через який вступає до роботи наступний коток, хв	10		
Кількість смуг ущільнення по довжині			
	=G9	=H9	:
25	=G\$22/\$F23	=H\$22/\$F23	:
45	=G\$22/\$F24	=H\$22/\$F24	:
65	=G\$22/\$F25	=H\$22/\$F25	:
85	=G\$22/\$F26	=H\$22/\$F26	:
105	=G\$22/\$F27	=H\$22/\$F27	:
125	=G\$22/\$F28	=H\$22/\$F28	:
145	=G\$22/\$F29	=H\$22/\$F29	:
165	=G\$22/\$F30	=H\$22/\$F30	:
185	=G\$22/\$F31	=H\$22/\$F31	:
205	=G\$22/\$F32	=H\$22/\$F32	:
225	=G\$22/\$F33	=H\$22/\$F33	:
245	=G\$22/\$F34	=H\$22/\$F34	:
265	=G\$22/\$F35	=H\$22/\$F35	:

Вертикальна вісь (значень) - основні лінії сітки

Кількість смуг ущільнення по довжині 33 в залежності від довжини СУщ

22		=G9	=H9	=I9	=J9	=K9	:
23	25	=G\$22/\$F23	=H\$22/\$F23	=I\$22/\$F23	=J\$22/\$F23	=K\$22/\$F23	:
24	45	=G\$22/\$F24	=H\$22/\$F24	=I\$22/\$F24	=J\$22/\$F24	=K\$22/\$F24	:
25	65	=G\$22/\$F25	=H\$22/\$F25	=I\$22/\$F25	=J\$22/\$F25	=K\$22/\$F25	:
26	85	=G\$22/\$F26	=H\$22/\$F26	=I\$22/\$F26	=J\$22/\$F26	=K\$22/\$F26	:
27	105	=G\$22/\$F27	=H\$22/\$F27	=I\$22/\$F27	=J\$22/\$F27	=K\$22/\$F27	:
28	125	=G\$22/\$F28	=H\$22/\$F28	=I\$22/\$F28	=J\$22/\$F28	=K\$22/\$F28	:
29	145	=G\$22/\$F29	=H\$22/\$F29	=I\$22/\$F29	=J\$22/\$F29	=K\$22/\$F29	:
30	165	=G\$22/\$F30	=H\$22/\$F30	=I\$22/\$F30	=J\$22/\$F30	=K\$22/\$F30	:
31	185	=G\$22/\$F31	=H\$22/\$F31	=I\$22/\$F31	=J\$22/\$F31	=K\$22/\$F31	:
32	205	=G\$22/\$F32	=H\$22/\$F32	=I\$22/\$F32	=J\$22/\$F32	=K\$22/\$F32	:
середнім котком							
		=G22	=H22				
25		=G23*\$O23	=H23*\$O23				
45		=G24*\$O24	=H24*\$O24				
65		=G25*\$O25	=H25*\$O25				
85		=G26*\$O26	=H26*\$O26				
105		=G27*\$O27	=H27*\$O27				
125		=G28*\$O28	=H28*\$O28				
145		=G29*\$O29	=H29*\$O29				
165		=G30*\$O30	=H30*\$O30				

Сумарна кількість часу, необхідного на ущільнення 33, якщо кількість котків дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки

	=G56
25	=G57+\$O\$73
45	=G58+\$O\$73
65	=G59+\$O\$73
85	=G60+\$O\$73
105	=G61+\$O\$73
125	=G62+\$O\$73

Витрати палива котками, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки

	=G91	=H91	=I91	=J91
25	=IF(G73<=\$K\$88;G73*\$G\$4;0)	=IF(H73<=\$K\$88;H73*\$H\$4;0)	=IF(I73<=\$K\$88;I73*\$I\$4;0)	=IF(J73<=\$K\$88;J73*\$J\$4;0)
45	=IF(G74<=\$K\$88;G74*\$G\$4;0)	=IF(H74<=\$K\$88;H74*\$H\$4;0)	=IF(I74<=\$K\$88;I74*\$I\$4;0)	=IF(J74<=\$K\$88;J74*\$J\$4;0)
65	=IF(G75<=\$K\$88;G75*\$G\$4;0)	=IF(H75<=\$K\$88;H75*\$H\$4;0)	=IF(I75<=\$K\$88;I75*\$I\$4;0)	=IF(J75<=\$K\$88;J75*\$J\$4;0)
85	=IF(G76<=\$K\$88;G76*\$G\$4;0)	=IF(H76<=\$K\$88;H76*\$H\$4;0)	=IF(I76<=\$K\$88;I76*\$I\$4;0)	=IF(J76<=\$K\$88;J76*\$J\$4;0)
105	=IF(G77<=\$K\$88;G77*\$G\$4;0)	=IF(H77<=\$K\$88;H77*\$H\$4;0)	=IF(I77<=\$K\$88;I77*\$I\$4;0)	=IF(J77<=\$K\$88;J77*\$J\$4;0)

Витрати палива СК, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки

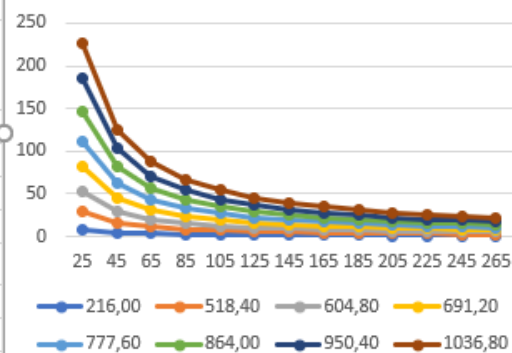
25	=G107*\$B\$17/G\$138	=H107*\$B\$17/G\$138
45	=G108*\$B\$17/G\$138	=H108*\$B\$17/G\$138
65	=G109*\$B\$17/G\$138	=H109*\$B\$17/G\$138
85	=G110*\$B\$17/G\$138	=H110*\$B\$17/G\$138
105	=G111*\$B\$17/G\$138	=H111*\$B\$17/G\$138
125	=G112*\$B\$17/G\$138	=H112*\$B\$17/G\$138
145	=G113*\$B\$17/G\$138	=H113*\$B\$17/G\$138
165	=G114*\$B\$17/G\$138	=H114*\$B\$17/G\$138

Вартість витрат палива на одиницю довжини покриття, якщо кількість котків не дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки, грн/м²

Додаток Ж. Аркуш CalculatedRollersHeavyFuel

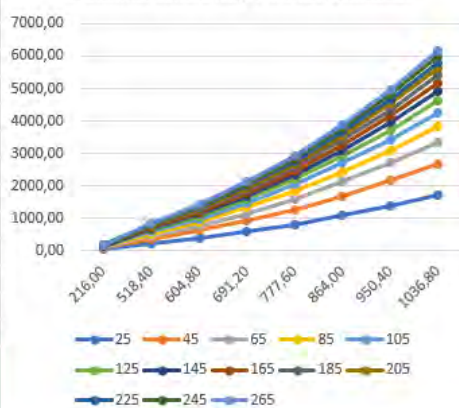
Вихідні дані для котків важких		Розрахунки для котків важких		=ResultChoiceRollers!\$B\$4				
Коефіцієнт використання машини	0,79	Нормативний коефіцієнт змінення витрат палива в залежності від завантаження котка	=B\$4*B\$3*B\$5*B\$6					
Коефіцієнт використання двигуна по потужності	0,5	Індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/год	=B\$13*B\$14*B\$15*10^(-1)					
Коефіцієнт використання двигуна в часі	0,79	Індивідуальна норма витрати палива котком на одиницю робочого часу, кг/хв	=G\$3/60					
Коефіцієнт, що враховує зміни питомої витрати палива в залежності від ступеня використання машини	1,18	Швидкість робочого ходу котка, м/хв	=G6*0,28*60	=H6*0,28*60	=I6*0,28*60	=J6*0,28*60	=K6*0,28*60	
Коефіцієнт, що враховує витрати палива на запуск та регулювання роботи двигуна та щозмінне технічне обслуговування машини на початку зміни	1,015	Швидкість робочого ходу котка, км/год	=ResultChoiceRollers!\$E\$4	=G6+1	=H6+1	=I6+0,5		
Ширина смуги укладання,	=WorkingZone!B3	Швидкість холостого ходу,	=RollerLight!G4*0,27*6					
Ширина смуги перекриття,	0,2	Довжина смуги ущільнення,	25	45	65	85	105	125

Кількість смуг ущільнення по довжині змінної захватки в залежності від довжини смуги ущільнення



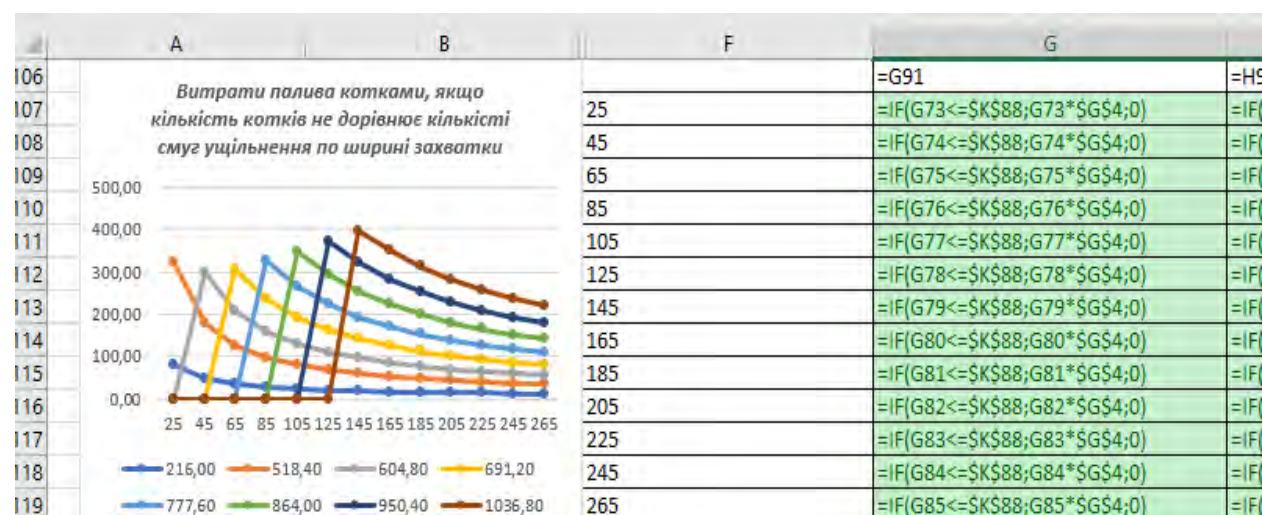
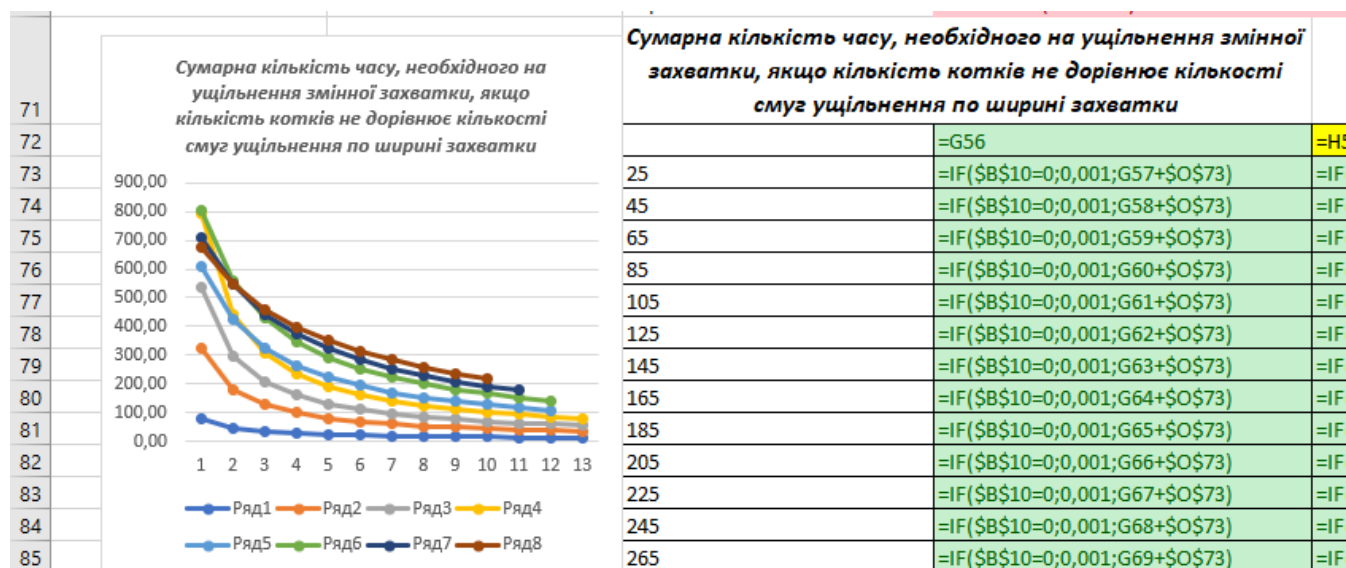
середній час	=AVERAGE(G14:G18)	=AVERAGE(H14:
через який вступає до роботи наступний коток, хв	10	
кількість смуг ущільнення по довжині змінної захватки в залежності від		
	=G9	=H9
25	=G\$22/\$F23	=H\$22/\$F23
45	=G\$22/\$F24	=H\$22/\$F24
65	=G\$22/\$F25	=H\$22/\$F25
85	=G\$22/\$F26	=H\$22/\$F26
105	=G\$22/\$F27	=H\$22/\$F27
125	=G\$22/\$F28	=H\$22/\$F28
145	=G\$22/\$F29	=H\$22/\$F29
165	=G\$22/\$F30	=H\$22/\$F30
185	=G\$22/\$F31	=H\$22/\$F31
205	=G\$22/\$F32	=H\$22/\$F32

Час, необхідний на ущільнення всієї змінної захватки довжиною, 1 легким котком



Час, необхідний на ущільнення всієї змінної захватки довжиною, 1 легким котком

	=G22	=H22
25	=G23*G\$19	=H23*H\$19
45	=G24*G\$19	=H24*H\$19
65	=G25*G\$19	=H25*H\$19
85	=G26*G\$19	=H26*H\$19
105	=G27*G\$19	=H27*H\$19
125	=G28*G\$19	=H28*H\$19
145	=G29*G\$19	=H29*H\$19
165	=G30*G\$19	=H30*H\$19
185	=G31*G\$19	=H31*H\$19
205	=G32*G\$19	=H32*H\$19
225	=G33*G\$19	=H33*H\$19
245	=G34*G\$19	=H34*H\$19
265	=G35*G\$19	=H35*H\$19
вступає останній коток даного типорозміру на захватці	=(\$B\$10-1)*10	



Вартість витрат палива на одиницю довжини покриття, якщо кількість котків дорівнює кількості смуг ущільнення по ширині захватки, грн/м2	
Довжина смуги ущільнення,	=G\$122
25	=G107*\$B\$17/G\$138
45	=G108*\$B\$17/G\$138
65	=G109*\$B\$17/G\$138
85	=G110*\$B\$17/G\$138
105	=G111*\$B\$17/G\$138
125	=G112*\$B\$17/G\$138
145	=G113*\$B\$17/G\$138
165	=G114*\$B\$17/G\$138
185	=G115*\$B\$17/G\$138
205	=G116*\$B\$17/G\$138
225	=G117*\$B\$17/G\$138
245	=G118*\$B\$17/G\$138
265	=G119*\$B\$17/G\$138

Додаток К. Аркуш WorkZone

	А	В
1		
2	Вихідні дані конструктивних властивостей дороги	
3	Ширина смуги укладання, м	7,5
4	Висота шару асфальтобетону, м	=DumpTruks!\$B\$7
8	Кількість котків легких	=ResultChoiceRollers!\$O\$2
9	Кількість котків середніх	=ResultChoiceRollers!\$O\$3
10	Кількість котків важких	=ResultChoiceRollers!\$O\$4
11	Всього котків в зоні ремонту	=SUM(\$B\$8:\$B\$10)
12	Час, через який вступають до роботи всі котки, враховуючи допуск на старт 1 котка після асфальтоукладальника	=10+\$B\$11*10

Додаток Л. Аркуш DumpTracks

	A	B	C	D
1				
2	Довжина змінної захватки	=CalculatedAsphPa	=CalculatedAsphPaverFuel!H\$11	=CalculatedAsphPz
3	Площа, що укладається за зміну	=B2*\$B\$6*\$B\$8	=C2*\$B\$6*\$B\$8	=D2*\$B\$6*\$B\$8
4				
5				
6	Ширина змінної захватки	=WorkingZone!\$B\$		
7	Висота шару а/б	0,05		
8	Кількість смуг укладання	1		
9				
10				
11			Потреба в асфальтобетоні, т/зм	
12	Асфальтобетонна суміш щільністю,	Обсяг т/1000 м ²	Довж	
13	т/м ³		=B2	=C2
14	2,5	=A14*51	=B14*B\$3/1000+B14*B\$3/1000*0,25	=B14*C\$3/1000+\$
15	2,55	=A15*51	=B15*B\$3/1000+B15*B\$3/1000*0,25	=B15*C\$3/1000+\$
16	2,6	=A16*51	=B16*B\$3/1000+B16*B\$3/1000*0,25	=B16*C\$3/1000+\$
17	2,65	=A17*51	=B17*B\$3/1000+B17*B\$3/1000*0,25	=B17*C\$3/1000+\$
18	2,7	=A18*51	=B18*B\$3/1000+B18*B\$3/1000*0,25	=B18*C\$3/1000+\$
19	2,75	=A19*51	=B19*B\$3/1000+B19*B\$3/1000*0,25	=B19*C\$3/1000+\$
20				
21				
22	Характеристика	ЗІЛ 45021	КАМАЗ-65115	КрАЗ-С20
23	Вантажопідйомність автосамоскида, т	6	14,5	20
24	Дальність транспортування матеріалу за різних умов руху (по ґрунтових дорогах та дорогах із твердим покриттям), км;	10	10	10
◀ ▶ ... CalculatedRollersHeavyFuel SummaryFuel MotorCar DumpTruks WorkingZone +				

	A	B	C	D	E
25	Середня робоча швидкість руху за різних дорожніх умов, км/год (при відстані перевезення до 1 км швидкість руху знижується на 20%);	60	70	70	
26	Час навантаження й розвантаження автомобіля, год	0,15	0,2	0,2	
27	Базова лінійна норма витрата палива, л/100 км	18	32,2	40	
28	тривалість робочої зміни, год;	8			
29	коефіцієнт використання робочого ча	0,85			
30	коефіцієнт використання вантажопід	0,9			
32	Продуктивність автосамоскидів т, зм	$= \$B\$28 * B23 / (2 * B24 / B25 + B26) * \$B\$28 * C23 / (2 * C24 / C25 + C26) * \$B\$29 * \$B\$30 = \$B\$28 * D23 / (2 * D24$			
33					
34					
35		Потреба в автосамоскидах ЗІЛ 45021			
36	Асфальтобетонна суміш щільністю, т/м ³	Довжина змінної захватки, м			
37		=B2	=C2	=D2	=E2
38	2,5	=ROUNDDOWN(C14/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(D14/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(E14/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(F14/\$B\$32;0)
39	2,55	=ROUNDDOWN(C15/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(D15/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(E15/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(F15/\$B\$32;0)
40	2,6	=ROUNDDOWN(C16/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(D16/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(E16/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(F16/\$B\$32;0)
41	2,65	=ROUNDDOWN(C17/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(D17/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(E17/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(F17/\$B\$32;0)
42	2,7	=ROUNDDOWN(C18/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(D18/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(E18/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(F18/\$B\$32;0)
43	2,75	=ROUNDDOWN(C19/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(D19/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(E19/\$B\$32;0)	=ROUNDDOWN(F19/\$B\$32;0)

	Довжина змінної захватки, м					
	=N37	=O37	=P37	=Q37	=R37	=S37
2,25	=MIN(B38;H38;N38)	=MIN(C38;I38;O38)	=MIN(D38;J38;P38)	=MIN(E38;K38;Q38)	=MIN(F38;L38;R38)	=MIN(G38;M38;S38)
2,3	=MIN(B39;H39;N39)	=MIN(C39;I39;O39)	=MIN(D39;J39;P39)	=MIN(E39;K39;Q39)	=MIN(F39;L39;R39)	=MIN(G39;M39;S39)
2,32	=MIN(B40;H40;N40)	=MIN(C40;I40;O40)	=MIN(D40;J40;P40)	=MIN(E40;K40;Q40)	=MIN(F40;L40;R40)	=MIN(G40;M40;S40)
2,34	=MIN(B41;H41;N41)	=MIN(C41;I41;O41)	=MIN(D41;J41;P41)	=MIN(E41;K41;Q41)	=MIN(F41;L41;R41)	=MIN(G41;M41;S41)
2,36	=MIN(B42;H42;N42)	=MIN(C42;I42;O42)	=MIN(D42;J42;P42)	=MIN(E42;K42;Q42)	=MIN(F42;L42;R42)	=MIN(G42;M42;S42)
2,38	=MIN(B43;H43;N43)	=MIN(C43;I43;O43)	=MIN(D43;J43;P43)	=MIN(E43;K43;Q43)	=MIN(F43;L43;R43)	=MIN(G43;M43;S43)
	- доцільне викорис					
	- доцільне викорис	Вертикальна вісь (значень) - основні лінії сітки				
	- доцільне викорис					

47	Характеристика	ЗІЛ 45021	КАМА3-65115	КрАЗ-С20
48	базова лінійна норма витрати палива на пробіг автомобіля-самоскида з урахуванням транспортної роботи, л/100 км	18	32,2	40
49	споряджена маса причепа або напівпричепа, т	4,825	10,55	13,02
50	Вантажопідйомність	6	14,5	20
51	Лінійна норма витрати палива, л/100 км	=BS48+BS\$53*(BS49+0,5*BS50)=CS48+BS\$53*(CS49+0,5*CS50)=DS48+BS\$53*(D		
52	норма витрати палива на їздку з вантажем автомобіля-норма витрати палива на транспорту роботу і	0,25		
53	споряджену масу причепа або	1,3		

55	Нормативні витрати палива ЗІЛ			
56	Довжина змінної захватки,			
57	=B2	=C2	=D2	=
58	2,5	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*B38*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*B38	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*C38*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*C38	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*D38
59	2,55	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*B39*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*B39	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*C39*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*C39	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*D39
60	2,6	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*B40*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*B40	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*C40*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*C40	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*D40
61	2,65	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*B41*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*B41	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*C41*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*C41	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*D41
62	2,7	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*B42*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*B42	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*C42*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*C42	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*D42
63	2,75	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*B43*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*B43	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*C43*2*(1+0,01*1)+\$B\$52*C43	=0,01*\$B\$51*\$B\$24*D43
64	Середнє значення	=AVERAGE(B58:B63)	=AVERAGE(C58:C63)	=AVERAGE(D58:D63)
65	Максимальне значення	=MAX(B58:B63)	=MAX(C58:C63)	=MAX(D58:D63)
66	Мінімальне значення	=MIN(B58:B63)	=MIN(C58:C63)	=MIN(D58:D63)
67	Коефіцієнт відношення макс до мін	=B65/B66	=C65/C66	=D65/D66

85	Довжина змінної захватки, м					
86						
87	Довжина змінної захватки, м	=B\$79	=C\$79	=D\$79	=E\$79	=F\$79
88	Витрати палива , л/зм	=B\$83	=C\$83	=D\$83	=E\$83	=F\$83
89	Вартість палива на 1 грн/м.по	=B87/B88	=C87/C88	=D87/D88	=E87/E88	=F87/F88

Додаток М. Аркуш MotorCar

1	Транспортний потік									
2	Тип транспортного засобу	Постійні коефіцієнти			Максимальна швидкість руху		Середня швидкість руху		Габарити транспортного засобу, м	
3		A	B	C	км/год	м/хв	км/год	м/хв	Ширина	Висота
4	Легковий автомобіль	0,31	0,0084	0,0033	142	=E4*0,26	=E4*0,8	=F4*0,8	1,8	1,62
5	Вантажний автомобіль	0,85	0,026	0,0035	80	=E5*0,26	=E5*0,8	=F5*0,8	2,37	2,86
6	Автобус	1,11	0,038	0,0032	102	=E6*0,26	=E6*0,8	=F6*0,8	2,56	2,96

14	Розрахункова швидкість руху, км/год	100	70	50	40						
15	Розрахункова швидкість руху, м/хв	=B14*0,28	=C14*0,28	=D14*0,28	=E14*0,28						
16	Коефіцієнт зчеплення	0,31	0,57	0,69	0,76						
17	Шлях гальмування, м	=B15^2/(2*\$B\$8*B16)	=C15^2/(2*\$B\$8*C16)	=D15^2/(2*\$B\$8*D16)	=E15^2/(2*\$B\$8*E16)						

26		Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V
27	Розрахункова швидкість по зонах, км/год	=B14*0,6	=C14*0,6	=D14*0,6	=E14*0,6	=F14*0,6
28	Швидкість по зонах, м/с	=B27*0,28	=C27*0,28	=D27*0,28	=E27*0,28	=F27*0,28
29	Середня швидкість, км/год	=B27	=(C27+B27)/2	=(D27+C27)/2	=(E27+D27)/2	=(F27+E27)/2
30	Середня швидкість, м/с	=B29*0,28	=C29*0,28	=D29*0,28	=E29*0,28	=F29*0,28
31	Шлях, який проходить автомобіль за час реагування	=B30*\$B\$9	=C30*\$B\$9	=D30*\$B\$9	=E30*\$B\$9	=F30*\$B\$9
32	Гальмівний шлях передніх автомобілів, що рухаються по зонам, м	=C17	=D17	=E17	=C17	=E17
33	Гальмівний шлях задніх автомобілів, що рухаються по зонам, м	=B17	=C17	=D17	8,41	=C17
34	Інтервал між автомобілями, що рухаються один за одним по зонах	=B31+ABS(B33-B32)	=C31+ABS(C33-C32)	=D31+ABS(D33-D32)	=E31+ABS(E33-E32)	=F31+ABS(F33-F32)

	A	B	C	D	E	F	
35	що рухаються один за одним по зонах без перешкоди	=B\$34	=B\$34	=B\$34	=B\$34	=B\$34	=B\$34
36							
37	Визначення пропускної здатності						
38	без перешкоди	=1000*\$C\$17/\$B\$35	=1000*\$C\$17/\$B\$35	=1000*\$C\$17/\$B\$35	=1000*\$C\$17/\$B\$35	=1000*\$C\$17/\$B\$35	=1
39	з перешкодою	=1000*B28/ABS(B34)	=1000*C30/C34	=1000*D30/D34	=1000*E30/E34	=1000*F30/F34	=1
40	Максимальна допустима пропускна здатність з перешкодою без заторів,						
41	Максимальна допустима пропускна здатність без перешкоди, авт/год	=MIN(B39:J39)					
42	Розрахункова довжина зони ремонту	=MAX(B39:J39)					
43							
44	Коефіцієнт опору повітря						
45	Легковий автомобіль	=0,35*1,2*(B\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,35*1,2*(C\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,35*1,2*(D\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,35*1,2*(E\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,35*1,2*(F\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0
46	Вантажний автомобіль	=0,5*1,2*(B\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(C\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(D\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(E\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(F\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0
47	Автобус	=0,5*1,2*(B\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(C\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(D\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(E\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0,5*1,2*(F\$28/60)^2/2*\$K\$5	=0
48							
49	Визначення прискорення на ділянках						
50	Розрахункове для зони ремонту	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV	Зона V	Зона VI
51	Довжина	150	100	75	60	=B42	60
52	Прискорення	=(C\$28^2-B\$28^2)/B\$51	=(D\$28^2-C\$28^2)/C\$51	=(E\$28^2-D\$28^2)/D\$51	=(F\$28^2-E\$28^2)/E\$51	=(G\$28^2-F\$28^2)/F\$51	=(H\$28^2-G\$28^2)/G\$51
53							

59	Розрахунок витрат палива одиночного транспортного засобу, л/100 км				
60	Тип транспортного засобу	Зона I	Зона II	Зона III	Зона IV
61	Легковий автомобіль	$=1/\$L4* (\$B4*B55+\$C4*B55^2*B\$27+\$D4* (\$O4*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K4*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q4*B55^2*\$O4*B\$52)$	$=1/\$L4* (\$B4*C55+\$C4*C55^2*B\$27+\$D4* (\$O4*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K5*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q5*B55^2*\$O5*B\$52)$	$=1/\$L4* (\$B4*C55+\$C4*C55^2*B\$27+\$D4* (\$O4*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K6*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q6*B55^2*\$O6*B\$52)$	$=1/\$L4* (\$B4*C55+\$C4*C55^2*B\$27+\$D4* (\$O4*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K7*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q7*B55^2*\$O7*B\$52)$
62	Вантажний автомобіль	$=1/\$L5* (\$B5*B56+\$C5*B56^2*B\$27+\$D5* (\$O5*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K5*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q5*B56^2*\$O5*B\$52)$	$=1/\$L5* (\$B5*C56+\$C5*C56^2*B\$27+\$D5* (\$O5*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K6*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q6*B56^2*\$O6*B\$52)$	$=1/\$L5* (\$B5*C56+\$C5*C56^2*B\$27+\$D5* (\$O5*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K7*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q7*B56^2*\$O7*B\$52)$	$=1/\$L5* (\$B5*C56+\$C5*C56^2*B\$27+\$D5* (\$O5*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K8*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q8*B56^2*\$O8*B\$52)$
63	Автобус	$=1/\$L6* (\$B6*B57+\$C6*B57^2*B\$27+\$D6* (\$O6*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K6*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q6*B57^2*\$O6*B\$52)$	$=1/\$L6* (\$B6*C57+\$C6*C57^2*B\$27+\$D6* (\$O6*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K7*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q7*B57^2*\$O7*B\$52)$	$=1/\$L6* (\$B6*C57+\$C6*C57^2*B\$27+\$D6* (\$O6*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K8*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q8*B57^2*\$O8*B\$52)$	$=1/\$L6* (\$B6*C57+\$C6*C57^2*B\$27+\$D6* (\$O6*\$B\$13+0,077*B\$45*\$K9*B\$27^2))-0,1*(1+\$Q9*B57^2*\$O9*B\$52)$
64					

	A	B	C	D	E	F	G	H
70	Розрахунок витрат палива одиночного транспортного засобу в зоні в залежності від складу транспортного потоку							
71	Легковий автомобіль	=B\$67*\$P4	=C\$67*\$P4	=D\$67*\$P4	=E\$67*\$P4	=F\$67*\$P4	=G\$67*\$P4	=H\$67*\$P4
72	Вантажний автомобіль	=B\$67*\$P5	=C\$67*\$P5	=D\$67*\$P5	=E\$67*\$P5	=F\$67*\$P5	=G\$67*\$P5	=H\$67*\$P5
73	Автобус	=B\$67*\$P6	=C\$67*\$P6	=D\$67*\$P6	=E\$67*\$P6	=F\$67*\$P6	=G\$67*\$P6	=H\$67*\$P6
74	Сумарна витрата палива по зонам в залежності від складу транспортного потоку з зоною ремонту, л/зона	=SUM(B71:B73)*\$B\$40	=SUM(C71:C73)*\$B\$40	=SUM(D71:D73)*\$B\$40	=SUM(E71:E73)*\$B\$40	=SUM(F71:F73)*\$B\$40	=SUM(G71:G73)*\$B\$40	=SUM(H71:H73)*\$B\$40
75	Всього в зоні витрачається л палива	=SUM(B74:J74)						
76								
77	Довжина зони V, м	Час, який витрачає автомобіль на проходження зони в залежності від довжини зони						
78	=B\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=D\$51/D\$28	=E\$51/E\$28	=F\$51/F\$28	=G\$51/G\$28	=H\$51/H\$28
79	=C\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=D\$51/D\$28	=E\$51/E\$28	=F\$51/F\$28	=G\$51/G\$28	=H\$51/H\$28
80	=D\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=D\$51/D\$28	=E\$51/E\$28	=F\$51/F\$28	=G\$51/G\$28	=H\$51/H\$28
81	=E\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=D\$51/D\$28	=E\$51/E\$28	=F\$51/F\$28	=G\$51/G\$28	=H\$51/H\$28
82	=F\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=D\$51/D\$28	=E\$51/E\$28	=F\$51/F\$28	=G\$51/G\$28	=H\$51/H\$28
83	=G\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=D\$51/D\$28	=E\$51/E\$28	=F\$51/F\$28	=G\$51/G\$28	=H\$51/H\$28

	A	B	C	I	J	L	M	N
76								
77	Довжина зони $V, \text{м}$	Час, який витрачає автомобіль на проходження зони в залежності від довжини зони				Всього транспортні засоби витрачають	Всього транспортні засоби витрачають	Різниця в часі
78	=B\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=I\$51/I\$28	=J\$51/J\$28	=K78/B\$28	=SUM(B78:J78)	=M78-L78
79	=C\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=I\$51/I\$28	=J\$51/J\$28	=K79/B\$28	=SUM(B79:J79)	=M79-L79
80	=D\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=I\$51/I\$28	=J\$51/J\$28	=K80/B\$28	=SUM(B80:J80)	=M80-L80
81	=E\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=I\$51/I\$28	=J\$51/J\$28	=K81/B\$28	=SUM(B81:J81)	=M81-L81
82	=F\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=I\$51/I\$28	=J\$51/J\$28	=K82/B\$28	=SUM(B82:J82)	=M82-L82
83	=G\$42	=B\$51/B\$28	=C\$51/C\$28	=I\$51/I\$28	=J\$51/J\$28	=K83/B\$28	=SUM(B83:J83)	=M83-L83
84	Розрахунок сумарної витрати палива всіма транспортними засобами в залежності від							
85	Довжина зони $V, \text{м}$	Витрати палива впродовж робочої зміни транспортним потоком				Сумарна витрата палива транспортним потоком		
86	=B\$42	=3600*8*B\$74/B78	=3600*8*C\$74/C78	=3600*8*I\$74/I78	=3600*8*J\$74/J78	=SUM(B86:J86)		
87	=C\$42	=3600*8*B\$74/B79	=3600*8*C\$74/C79	=3600*8*I\$74/I79	=3600*8*J\$74/J79	=SUM(B87:J87)		
88	=D\$42	=3600*8*B\$74/B80	=3600*8*C\$74/C80	=3600*8*I\$74/I80	=3600*8*J\$74/J80	=SUM(B88:J88)		
89	=E\$42	=3600*8*B\$74/B81	=3600*8*C\$74/C81	=3600*8*I\$74/I81	=3600*8*J\$74/J81	=SUM(B89:J89)		
90	=F\$42	=3600*8*B\$74/B82	=3600*8*C\$74/C82	=3600*8*I\$74/I82	=3600*8*J\$74/J82	=SUM(B90:J90)		
91	=G\$42	=3600*8*B\$74/B83	=3600*8*C\$74/C83	=3600*8*I\$74/I83	=3600*8*J\$74/J83	=SUM(B91:J91)		
92								
93		=B86*B\$18	=C86*B\$18	=I86*B\$18	=J86*B\$18	=L86*B\$18		
94		=B87*B\$18	=C87*B\$18	=I87*B\$18	=J87*B\$18	=L87*B\$18		
95		=B88*B\$18	=C88*B\$18	=I88*B\$18	=J88*B\$18	=L88*B\$18		
96		=B89*B\$18	=C89*B\$18	=I89*B\$18	=J89*B\$18	=L89*B\$18		
97		=B90*B\$18	=C90*B\$18	=I90*B\$18	=J90*B\$18	=L90*B\$18		
98		=B91*B\$18	=C91*B\$18	=I91*B\$18	=J91*B\$18	=L91*B\$18		

Додаток Н. Аркуш SummaryFuel

X	✓	<i>fx</i>	=IF(CalculatedRollersLightFuel!G111>0+AND(CalculatedRollersAverFuel!G108>0;+AND(CalculatedRollersHeavyFuel!G11>0));CalculatedRollersLightFuel!G111+CalculatedRollersAverFuel!G108+CalculatedRollersHeavyFuel!G108++CalculatedAsphPaverFuel!\$G\$12;0)
B			

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

Витрати палива на 1 м довжини змінної захватки в залежності від довжини смуги укладання					
35					
36		=CalculatedAsphPaverFuel!G\$11	=CalculatedAsphPaverFuel!G\$11	=CalculatedAsphPaverFuel!G\$11	=CalculatedAsphPaverFuel!G\$11
37	=A4	=IF(B21=0;" ";B21/B\$36)	=IF(C21=0;" ";C21/C\$36)	=IF(D21=0;" ";D21/D\$36)	=IF(E21=0;" ";E21/E\$36)
38	=A5	=IF(B22=0;" ";B22/B\$36)	=IF(C22=0;" ";C22/C\$36)	=IF(D22=0;" ";D22/D\$36)	=IF(E22=0;" ";E22/E\$36)
39	=A6	=IF(B23=0;" ";B23/B\$36)	=IF(C23=0;" ";C23/C\$36)	=IF(D23=0;" ";D23/D\$36)	=IF(E23=0;" ";E23/E\$36)
40	=A7	=IF(B24=0;" ";B24/B\$36)	=IF(C24=0;" ";C24/C\$36)	=IF(D24=0;" ";D24/D\$36)	=IF(E24=0;" ";E24/E\$36)
41	=A8	=IF(B25=0;" ";B25/B\$36)	=IF(C25=0;" ";C25/C\$36)	=IF(D25=0;" ";D25/D\$36)	=IF(E25=0;" ";E25/E\$36)
42	=A9	=IF(B26=0;" ";B26/B\$36)	=IF(C26=0;" ";C26/C\$36)	=IF(D26=0;" ";D26/D\$36)	=IF(E26=0;" ";E26/E\$36)
43	=A10	=IF(B27=0;" ";B27/B\$36)	=IF(C27=0;" ";C27/C\$36)	=IF(D27=0;" ";D27/D\$36)	=IF(E27=0;" ";E27/E\$36)
44	=A11	=IF(B28=0;" ";B28/B\$36)	=IF(C28=0;" ";C28/C\$36)	=IF(D28=0;" ";D28/D\$36)	=IF(E28=0;" ";E28/E\$36)
51	Витрати палива з зони ремонту				
52		Довжина змінної захватки			
53		=B36	=C36	=D36	=E36
54	Транспортним потоком	=MotorCar!L86/100	=MotorCar!L87/100	=MotorCar!L88/100	=MotorCar!L89/100
55	Автосамоскидами	=DumpTruks!B83	=DumpTruks!C83	=DumpTruks!D83	=DumpTruks!E83
56	Дорожніми машинами	=B17	=C17	=D17	=E17

Мода
$$Mo := a_r + (a_{r+1} - a_r) \cdot \frac{m_r - m_{r-1}}{2 \cdot m_r - m_{r-1} - m_{r+1}} = 105 \quad (4.38)$$

Коефіцієнт асиметрії $n = 8$

$$\mu_3 := \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - m_s)^3 \quad (4.39)$$

$$A := \frac{\mu_3}{s^3} = 0.085 \quad (4.40)$$

Екссес
$$\mu_4 := \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - m_s)^4$$

$$E := \frac{\mu_4}{s^4} - 3 = -1.446 \quad (4.41)$$

Визначення емпіричного закону розподілу генеральної сукупності:
щільність нормального розподілу з параметрами m_s, s

$$f(x) := n \cdot \Delta a \cdot \text{dnorm}(x, m_s, s) \quad (4.42)$$

$$\frac{1}{n} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 10 \quad (4.43)$$

Середини інтервалів:

$$u_i := \frac{a_i + a_{i+1}}{2} \quad (4.44)$$

Емпірична функція розподілу F :

$$j := 1..k \quad F_j := \sum_{i=1}^j m_i \quad (4.45)$$

$$F^T =$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	2	3	3	3	3	4	4	...

Теоретична функція розподілу G з параметрами m_s і s $G_j := n \cdot \text{pnorm}(u_j, m_s, s)$ (4.46)

Значення теоретичної функції розподілу в точці Me

$$G_0 := n \cdot \text{pnorm}(Me, m_s, s) = 3.856 \quad (4.47)$$

Додаток Р. Акти впровадження та свідоцтво про реєстрацію авторського права

Товариство з обмеженою відповідальністю
науково-впроваджувальне підприємство
"ДОРБУДМАТЕРІАЛИ"

"08" листопада 2020 р.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження «Інформаційна модель впливу організаційних параметрів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт»
Дехтяр Марини Михайлівни
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Цим актом підтверджуємо, що результати дисертаційної роботи Дехтяр Марини Михайлівни за темою «Інформаційна модель впливу організаційних параметрів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології» впроваджені в діяльність підприємства при виконанні науково-технічних розробок, а також проектних робіт, а саме:

- методику розрахунку витрат паливно-мастильних матеріалів дорожніми машинами при проведенні дорожньо-ремонтних робіт в залежності від щільності асфальтобетонної суміші із застосуванням інформаційних технологій,;

- методику визначення економічної ефективності від впровадження запропонованих організаційних заходів;

Впровадження вказаних розробок забезпечило зниження витрат паливно-мастильних матеріалів та знизило вартість проведення дорожньо-ремонтних робіт.

В.о. директора



С.Г. Сидоренко



ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження «Інформаційна модель впливу організаційних параметрів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт»
Дехтяр Марини Михайлівни
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології

Цією довідкою підтверджуємо, що результати дисертаційної роботи Дехтяр Марини Михайлівни за темою «Інформаційна модель впливу організаційних параметрів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології» впроваджені в діяльність ДП «ДерждорНДІ», а саме:

- методику розрахунку витрат паливно-мастильних матеріалів дорожніми машинами при проведенні дорожньо-ремонтних робіт залежно від продуктивності провідної машини – асфальтоукладача та довжини змінної захватки із застосуванням інформаційних технологій;
- методику визначення економічної ефективності від впровадження запропонованих організаційних заходів.

Впровадження вказаних розробок забезпечило зниження витрат паливно-мастильних матеріалів при розробці норм та, відповідно, знизило вартість проведення дорожньо-ремонтних робіт.

Заступник директора з наукової роботи
ДП «ДерждорНДІ»



Володимир КАСЬКІВ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор з навчальної роботи
 Національного транспортного
 університету
 к. т. н., професор
 О. К. Гришук
 «...» ... 2021 р.



АКТ

Впровадження результатів дисертаційної роботи Дехтяр Марини Михайлівни «Інформаційна модель впливу організаційних параметрів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт» в навчальний процес кафедри Інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного Транспортного університету.

Комісія у складі: Голови комісії завідувача кафедри Інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного Транспортного університету д.т.н., проф. Аль-Амморі Алі, члени комісії: к.т.н. доцент кафедри Інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Кривенко В.І., к.т.н., доцент кафедри Інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Наумова Н. М. склали наступний акт в тому, що результати науково-дослідної роботи «Інформаційна модель впливу організаційних параметрів на енергозбереження при проведенні дорожньо-ремонтних робіт» впроваджена в навчальний процес кафедри Інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки Національного транспортного університету, а саме:

- використання при виконанні курсових та дипломних проектів.
- при розробці моделей визначення енерговитрат транспортними потоками;
- в алгоритмів програм, що визначають вплив організаційних параметрів на енергозбереження по курсу «Інформаційні технології на транспорті».

Голова комісії: завідувач кафедри
 Інформаційно-аналітичної діяльності
 та інформаційної безпеки д.т.н., проф.



Аль-Амморі Алі

Члени комісії: к.т.н. доцент кафедри
 Інформаційно-аналітичної діяльності
 та інформаційної безпеки



В.І. Кривенко

к.ф.-м.н. доцент кафедри Інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки



Н. М. Наумова

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 59659

Науковий твір "Програмне забезпечення моделі формування оптимального туристичного маршруту"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Компанець Катерина Андріївна, Дехтяр Марина Михайлівна**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Компанець Катерина Андріївна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Дехтяр Марина Михайлівна, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010; Національний транспортний університет, вул. Суворова, 1, м. Київ, 01010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

Дата реєстрації 15.05.2015

Голова Державної служби інтелектуальної власності України
 **А.Г.Жарінова**

