

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО
СТАНУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності

208 «Агроінженерія» денної форми навчання

МИХАЙЛОВ Юрій Віталійович

Керівник:

кандидат технічних наук, доцент

КОМАРНІЦЬКИЙ Сергій Петрович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« _____ » _____ 2025 р.

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми

«Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»,

кандидат технічних наук,

доцент

_____ **ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович**

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ФІЗИЧНОГО СТАНУ ЕКІПАЖУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ	9
1.1 Особливості формування підходів до організації дистанційного інтелектуального моніторингу технічного стану вантажних транспортних засобів і режимів праці та відпочинку водіїв у процесі експлуатації.....	9
1.2 Огляд інструментів та технологій для організації дистанційного моніторингу технічного стану вантажних транспортних засобів.....	10
1.3 Огляд та оцінка засобів для організації моніторингу фізичного стану водія.....	11
Висновки до розділу 1.....	12
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ ЕКІПАЖІВ	13
2.1 Структурно-логічна схема реалізації системного підходу до інформаційного моніторингу технічного стану вантажного транспортного засобу, режимів праці та відпочинку і фізичного стану водія з використанням засобів ITS.....	13
2.2 Аргументація створення та застосування інформаційно-аналітичної системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в процесі його експлуатації.....	15
2.3 Формування інформаційно-аналітичної системи моніторингу транспортного засобу у частині режиму праці та відпочинку водія.....	20
2.4 Особливості розробки алгоритму ідентифікації ТЗ з причепом, РПВВ та ФСВ за допомогою засобів ITS в ІКК «СМV».....	22
Висновки до розділу 2.....	28
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ В РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	30
3.1 Плани та цілі проведення експериментального дослідження.....	30
3.2 Об'єкти експериментальних досліджень. Прилади та обладнання для оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації.....	36
3.3 Методика проведення експериментальної роботи з використанням комплексу СМV на автоматизованому робочому місці дослідної системи моніторингу.....	40
Висновки до розділу 3.....	51

4 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І РОЗРАХУНКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СИСТЕМІ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	52
4.1 Висновки з експериментальних досліджень.....	52
4.2 Аналіз руху транспортного засобу на всій ділянці маршруту.....	52
4.3 Дослідження руху ТЗ на окремих ділянках з застосуванням геозон під час їх формування.....	55
4.4 Визначення параметрів для забезпечення ефективної витрати палива вантажним транспортом з причепом в умовах експлуатації через систему формування методу його реалізації за допомогою засобів ITS.....	63
ВИСНОВКИ.	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
доцент _____ Василь ДУГАНЕЦЬ
„___” _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу

Здобувачу МИХАЙЛОВУ Юрію Віталійовичу

1. Тема роботи: **«УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»**
2. Керівник роботи: КОМАРНІЦЬКИЙ Сергій Петрович, доцент

Затверджено наказом ЗВО «ПДУ» від «04» квітня 2025 року № 355с.

Строк подання студентом закінченої роботи 14 листопада 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

1. Матеріали виробничої практики.
2. Науково-технічна література.
3. Аналіз стану питання теоретичних і практичних розробок щодо методів контролю технічного стану, режимів роботи та фізичного стану екіпажа транспортного засобу в умовах експлуатації.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ

1. Аналіз теоретичних і практичних розробок щодо методів контролю технічного стану, режимів роботи та фізичного стану екіпажа транспортного засобу в умовах експлуатації
2. Теоретичні дослідження забезпечення оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в різних умовах експлуатації й варіантах застосування екіпажів
3. Експериментальне дослідження режимів руху транспортних засобів та їх технічного стану в умовах експлуатації
4. Результати розрахунково-теоретичних досліджень в системі оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації

Висновки

Перелік використаних джерел

Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Мета і завдання досліджень.
2. Структурно-логічна схема вирішення проблеми системного визначення проблеми інформаційного моніторингу технічного стану вантажного ТЗ в залежності від РПВВ і ФСВ засобами ITS.
3. Вплив умов експлуатації та динамічних якостей ТЗ на його ефективність роботи, де виділені елементи – місця запланованого впливу в роботі.
4. Блок-схема дистанційного інформаційного обміну між елементами інформаційно-аналітичної системи оперативного контролю технічного стану ТЗ.
5. Алгоритм ідентифікації ТЗ з причепом, РПВВ, ФСВ засобами ITS в ІКК «СМV».
6. Загальна методика моделювання та побудови інформаційної системи дистанційного моніторингу ВТЗ з причепом, РПВВ, ФСВ на основі бортової частини ІКК.
7. Зовнішній вигляд передавального пристрою RUPTELA FM-TCO4 HCV / HCV 3G, трекеру компанії «Відеокомпроекти», наручного годинника.
8. Загальна характеристика об'єкта досліджень.
9. Блок-схема інформаційного обміну між сукупностями елементів оперативного контролю технічного стану ТЗ в умовах експлуатації.
10. Дослідний маршрут Амстердам (Нідерланди) – Київ (Україна) у вигляді трекінгу ТЗ на мапі спостереження під час рейсу та моніторинг основних параметрів експлуатації ТЗ по всій дільниці під час рейсу за маршрутом Амстердам (Нідерланди) - Київ (Україна).
11. Моніторинг основних параметрів експлуатації ТЗ.
12. Фінальний звіт про рух дослідного автомобіля з урахуванням геозон.
13. Зміна значення відносного коефіцієнта зміни швидкості руху та коефіцієнта використання швидкості внаслідок покращення режиму праці та відпочинку водія.

Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Консультант з нормоконтролю	Девін В.В., доцент		

Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів роботи		Підпис керівника
		планово	фактично	
1.	Вступ	14.04.2025	14.04.2025	
2.	Аналіз теоретичних і практичних розробок щодо методів контролю технічного стану, режимів роботи та фізичного стану екіпажа транспортного засобу в умовах експлуатації	23.05.2025	23.05.2025	
3.	Теоретичні дослідження забезпечення оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в різних умовах експлуатації й варіантах застосування екіпажів	18.07.2025	18.07.2025	
4.	Експериментальне дослідження режимів руху транспортних засобів та їх технічного стану в умовах експлуатації	18.09.2025	18.09.2025	
5.	Результати розрахунково-теоретичних досліджень в системі оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації	24.10.2025	24.10.2025	
6.	Висновки	04.11.2025	04.11.2025	
7.	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	07.11.2025	07.11.2025	

Здобувач

Керівник роботи, доцент

Юрій МИХАЙЛОВ

Сергій КОМАРНИЦЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

У запропонованій системі моніторинг і керування на основі сигналів зворотного зв'язку — тобто результатів діагностування та прогнозування — здійснюються шляхом формування кількох типів прогнозів щодо зміни технічного стану автомобіля під час його експлуатації. Отримані прогнози дають змогу коригувати раніше ухвалені управлінські рішення.

Прогнозування стану транспортного засобу проводиться на основі збору та обробки різноманітних даних. Вихідною інформацією є значення умов і параметрів експлуатації технічного стану ТЗ, його окремих агрегатів і систем, прогнозовані зміни цього стану, а також енергетичні, екологічні показники, параметри ФСВ, РПВВ та безпеки перевезень. Уся ця інформація надходить до центру діагностики в режимі реального часу за допомогою комп'ютеризованих діагностичних засобів і зберігається у відповідних базах даних.

Після формування масивів нормативно-довідкової та діагностичної інформації, необхідних для організації процесу прогнозування, вони передаються до системи управління безпекою експлуатації та працездатності транспортних засобів для подальшої обробки. Цей етап виконується за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення.

Покрокова обробка отриманої інформації фактично становить процес прогнозування, що надходить із центру діагностики. Метою цієї процедури є розв'язання двох основних груп завдань: власне прогнозування та статистична обробка даних. Необхідність забезпечення прогнозування технічного стану вантажних транспортних засобів в автоматизованій системі визначається характером цих завдань і умовами їх виконання, що потребують змін у структурі та складі програмного й технічного забезпечення.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробленні методів дистанційного оперативного контролю й управління технічним станом ТЗ, ФСВ і РПВВ, які забезпечують ідентифікацію, моніторинг, діагностування та прогнозування їхнього стану в мінливих умовах експлуатації.

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми роботи.

У практиці експлуатації вантажних транспортних засобів в Україні значну увагу приділяють отриманню даних про технічний стан ТЗ, витрату палива та швидкість руху. Проте автоматизоване дистанційне поєднання цих параметрів з умовами експлуатації, режимами праці та відпочинку водія (РПВВ) і його фізичним станом (ФСВ) досі не здійснювалося. Аналіз змін експлуатаційних параметрів ТЗ стає складним без точної та оперативної інформації щодо РПВВ і ФСВ. Зазвичай такі дані надходять до технічних служб із суттєвим запізненням, що змушує транспортні підприємства використовувати лише окремі показники роботи транспортних засобів, пов'язані з окремими параметрами РПВВ. Контроль і аналіз дотримання РПВВ у реальних умовах відбуваються вже після повернення ТЗ з рейсу. Водночас сучасна практика експлуатації потребує забезпечення дистанційного оперативного моніторингу технічних параметрів і витрати палива у взаємозв'язку зі змінами РПВВ, ФСВ та умовами руху.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності технічної експлуатації транспортних засобів шляхом удосконалення методів оперативного контролю їх технічного стану з урахуванням змін режимів праці та відпочинку, а також фізичного стану водіїв в умовах реальної експлуатації. Це передбачається досягнути через розроблення та впровадження інформаційно-аналітичної системи дистанційного моніторингу.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі основні завдання дослідження:

- здійснити аналіз наявних теоретичних напрацювань і практичних рішень щодо методів контролю технічного стану вантажного транспортного засобу, а також режимів праці та відпочинку і фізичного стану водіїв у змінних умовах експлуатації;
- розробити методику системної взаємодії та формування інформаційно-аналітичної системи моніторингу параметрів технічного стану вантажного автомобіля з причепом у поєднанні з режимами праці та відпочинку і фізичним станом водіїв, використовуючи морфологічну матрицю та інструменти інтелектуальних транспортних систем (ITS) в умовах змінної експлуатації;
- створити моделі інформаційно-аналітичної системи оцінювання параметрів технічного стану вантажного ТЗ з причепом з урахуванням змін у режимах праці та відпочинку і фізичному стані водіїв під час експлуатації;
- розробити структуру та принцип функціонування інформаційно-аналітичної системи оперативного дистанційного контролю технічного стану вантажного автомобіля з причепом у змінних умовах експлуатації з урахуванням РПВВ та ФСВ, базуючись на можливостях інформаційно-комунікаційного комплексу (ІКК) ITS;

- провести експериментальні дослідження, виконати аналіз і узагальнення отриманих даних щодо ідентифікації, моніторингу, діагностування та прогнозування технічного стану вантажного ТЗ з причепом з урахуванням змін режимів праці й відпочинку та фізичного стану водіїв засобами ITS;

- підтвердити достовірність запропонованих положень дипломної роботи та впровадити рекомендації щодо практичного застосування інформаційних систем моніторингу транспортних засобів.

Об'єкт дослідження – процес здійснення контролю технічного стану вантажного транспортного засобу під час його експлуатації.

Предмет дослідження – способи оперативного контролю технічного стану вантажного автомобіля з причепом у реальних умовах експлуатації та методи їх реалізації за допомогою засобів ITS.

Методи дослідження.

Методологічну основу становлять принципи системного підходу, застосовані під час формування можливих варіантів структур інформаційної системи контролю технічного стану транспортного засобу, причепа, а також режимів праці та відпочинку та фізичного стану водія. Використовуються методи морфологічного аналізу, теорії множин, математичної статистики, регресійного аналізу, теорії інформації, реляційних баз даних, теорії графів, а також методи моделювання інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану вантажного ТЗ з причепом та параметрів РПВВ і ФСВ. Під час проведення експериментальних досліджень застосовувалися методи натурних випробувань.

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота включає вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки.

1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ФІЗИЧНОГО СТАНУ ЕКІПАЖУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ УМОВАХ

1.1 Особливості формування підходів до організації дистанційного інтелектуального моніторингу технічного стану вантажних транспортних засобів і режимів праці та відпочинку водіїв у процесі експлуатації

Процес експлуатації автотранспортних засобів (АТЗ) супроводжується рядом негативних наслідків, серед яких значні витрати палива та істотний вплив на довкілля. З огляду на вплив цих факторів на навколишнє середовище та необхідність розробки ефективних заходів протидії, виникає потреба у своєчасному та достовірному отриманні інформації про параметри експлуатації АТЗ.

Автомобільний транспорт (АМТ) залишається найбільш ресурсозатратним видом наземного транспорту як для суспільства, так і для довкілля. На його частку припадає понад 60% споживання нафтопродуктів, близько 70% трудових ресурсів у транспортній галузі, а також понад 96% дорожньо-транспортних пригод. За оцінками, АМТ формує 40–50% загального обсягу забруднення навколишнього середовища, у містах – 60–70%, а в мегаполісах – понад 85%. При цьому щонайменше 25% забруднень пов'язано з технічним станом автомобілів та виробничими процесами автотранспортної галузі [14].

Технічна експлуатація автотранспортних засобів (ТЕАТЗ) є ключовою підсистемою АМТ і, водночас, складовою транспортної інфраструктури держави, що функціонує у межах складної транспортно-комунікаційної системи [2]. Транспортний комплекс — це велика, динамічна та багатокомпонентна система, а сам транспорт є необхідним елементом суспільного розвитку, забезпечуючи задоволення фундаментальної потреби людини — у пересуванні.

Потреба у якісному визначенні сучасних елементів адаптивної системи ремонту й технічного обслуговування (РТО) підтверджується складністю структурної схеми інтелектуальних транспортних систем управління. Загалом аналіз існуючих та перспективних адаптивних систем РТО підкреслює важливість розвитку інформаційного забезпечення таких систем.

Розвиток інформаційного супроводу автотранспортних процесів є:

По-перше, необхідною умовою переходу до автоматизованого управління технічним станом транспортних засобів на базі гнучких адаптивних систем, що забезпечують індивідуальне коригування періодичності та обсягів технічного обслуговування.

По-друге, інформаційне забезпечення комп'ютеризованого оперативного планування РТО та прогнозування технічного стану і можливих відмов автомобілів є важливою передумовою автоматизації контролю їхнього технічного стану та працездатності.

По-третє, формування локальних інформаційно-обчислювальних комплексів на основі сучасних комп'ютеризованих діагностичних засобів та новітніх технологій обробки

даних становить фундамент сучасної автоматизації процесів в автотранспорті.

По-четверте, комп'ютеризація діагностичного обладнання є одним із провідних напрямів розвитку сучасної автомобільної діагностики.

По-п'яте, ефективність застосування комп'ютерної техніки на автомобільному транспорті значною мірою визначається якістю організації процесів ремонту й технічного обслуговування [3, 4].

Суть такої системи полягає в тому, що технічні впливи виконуються лише тоді, коли контрольовані параметри досягають критичних значень, тобто гранично допустимого стану. Для впровадження подібної системи РТО на практиці необхідні спеціальні контрольні-діагностичні засоби та належна кваліфікація інженерно-технічних фахівців, які мають здатність здійснювати безперервний або періодичний контроль діагностичних параметрів. Сьогодні такі системи активно впроваджуються провідними зарубіжними компаніями під назвою «Condition Monitoring», а в сучасній термінології ТЕАТЗ вони відомі як «індивідуальні» або «адаптивні» системи РТО.

1.2 Огляд інструментів та технологій для організації дистанційного моніторингу технічного стану вантажних транспортних засобів

Контроль або моніторинг транспортних засобів є ефективним інструментом для відстеження місцезнаходження, переміщення та технічного стану автотранспорту.

Сучасні технологічні рішення для моніторингу і контролю ТЗ мають спільну мету — оперативно надавати точну інформацію про транспортний засіб та його розташування, яка далі може використовуватися відповідно до бізнес-потреб користувача.

Телематичне обладнання зазвичай виконане у вигляді компактного пристрою, що за формою нагадує USB-флешку, і підключається до OBD-роз'єму автомобіля.

Принцип роботи систем моніторингу полягає у відстеженні просторових і тимчасових координат ТЗ. Існують два основні підходи до збору даних:

- онлайн-передача — інформація надсилається в режимі реального часу;
- офлайн-передача — дані зчитуються з пристрою після прибуття ТЗ у диспетчерську і аналізуються пізніше.

В онлайн-системах у транспортному засобі встановлюється мобільний пристрій, який включає приймач супутникових сигналів, модуль обробки даних і трансляції координат, що передає інформацію через стільникові мережі.

Офлайн-системи не потребують GSM-модуля, що дозволяє економити на мобільному зв'язку. Проте вони втрачають актуальність через необхідність підключення до комп'ютера для отримання даних, що займає додатковий час і створює незручності, навіть якщо використовується Bluetooth.

1.3 Огляд та оцінка засобів для організації моніторингу фізичного стану водія

Щороку збільшується кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП), спричинених втомою або зниженням уваги водія [9], що призводить до травматизму серед населення в усьому світі. Багато водіїв навіть не усвідомлюють, що перебувають у стані втоми або зниженого рівня уваги під час керування транспортним засобом. За даними National Highway Traffic Safety Administration, до дев'яти відсотків усіх ДТП пов'язані саме з втомою водіїв [10].

Дослідження AAA Foundation for Traffic Safety [11], присвячене аналізу поведінки водіїв у стані сонливості, показало, що навіть короткий сон подвоює ризик потрапляння в аварію порівняно з тими, хто спав рекомендовані сім і більше годин. Ризик ДТП значно зростає при нестачі сну: менше 4 годин — у 11,6 разів, 4–5 годин — у 4,6 рази, 5–7 годин — у 1,6 рази, 6–8 годин — у 1,8 рази. Встановлено, що недосипання та пов'язана з ним сонливість, уповільнення реакції та зниження концентрації уваги можуть бути настільки ж небезпечними, як стан алкогольного сп'яніння.

Серед сучасних технологій, які формують системи допомоги водієві, можна виділити:

- систему контролю сліпих зон (СКСЗ);
- систему попередження про сходження зі смуги (СПСС), яка обчислює час до перетину розмітки і попереджає водія про можливе відхилення;
- систему виявлення пішоходів і велосипедистів (СВПВ);
- систему розпізнавання дорожніх знаків (СРДЗ);
- систему попередження про фронтальні зіткнення та пом'якшення наслідків аварії (СПФЗ);
- систему контролю дотримання безпечної дистанції (СКДБД).

Компанія **Continental** виступає партнером у розробці та системним інтегратором рішень у сфері автономного водіння, співпрацюючи з іншими компаніями, такими як BMW Group, Intel і Mobileye. Для забезпечення водіїв сучасними системами допомоги під час керування транспортом, Continental AG пропонує широкий спектр продуктів і послуг: датчики контролю навколишнього середовища, моделі оточення, функції для водія, системну архітектуру, забезпечення функціональної безпеки, блоки управління, гальмівні системи та людино-машинні інтерфейси.

Компанія спеціалізується на розробці систем із використанням багатофункціональних камер, включаючи камери «риб'яче око» для кругового огляду, а також радарів ближньої та дальньої дії. Для правильної роботи відеокамер спостереження за навколишнім середовищем необхідне їхнє точне налаштування.

Особливу увагу приділяють організації робочого часу водія та контролю за дотриманням режиму праці та відпочинку під час рейсу [12]. Дотримання РПВВ безпосередньо впливає на фізичний стан водія (втома) та його здоров'я, що визначає безпеку дорожнього руху та якість перевезень вантажів.

Розробка контрольних приладів, зокрема тахографів, дозволила вести облік робочого часу водія в рейсі. Ці пристрої фіксують параметри роботи транспортного засобу та визначають час перерв у його експлуатації.

За оцінкою фахівців у сфері дорожнього руху, для зменшення кількості ДТП, спричинених втомою водіїв, та підвищення безпеки автомобільних перевезень необхідно обладнувати транспортні засоби тахографами. Це забезпечує контроль за режимами праці та відпочинку водіїв, дотриманням швидкісного режиму під час руху, а також дає власникам транспортних засобів можливість відслідковувати поведінку водія протягом рейсу та його дотримання режиму роботи і відпочинку.

Висновки до розділу 1

1. На основі проведеного аналізу стратегій і методів ремонту та технічного обслуговування автотransпортних засобів (РТО АТЗ) можна зробити висновок, що традиційна система РТО, сформована протягом багатьох років, вже не відповідає сучасним вимогам технічної експлуатації автотransпортних засобів (ТЕАТЗ).

2. Моніторинг якості руху та технічного стану транспортних засобів дозволяє технічним службам отримувати інформацію про залишкову працездатність транспортних засобів і своєчасно проводити профілактичні заходи на основі параметрів їхнього технічного стану.

3. Основним недоліком існуючих систем і програм комплексного контролю експлуатації транспортних засобів є неможливість забезпечення взаємозв'язку між витратою палива, параметрами технічного стану ТЗ та режимами праці та відпочинку водія, відсутність оперативної оцінки впливу дорожніх та експлуатаційних умов, а також обмежені функціональні можливості окремих компонентів системи.

4. Особливу увагу приділяють організації робочого часу водія та контролю за дотриманням режимів праці і відпочинку під час рейсу. Дотримання РПВВ впливає на фізичний стан водія та рівень його втоми, що безпосередньо визначає безпеку дорожнього руху та якість перевезення вантажів.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЗА РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ВИКОРИСТАННЯ ЕКІПАЖІВ

2.1 Структурно-логічна схема реалізації системного підходу до інформаційного моніторингу технічного стану вантажного транспортного засобу, режимів праці та відпочинку і фізичного стану водія з використанням засобів ITS

Інформаційно-аналітична система оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації («Systems of Operative Control of a Technical Condition of the Vehicle in Operating Conditions», надалі — CMV), розроблена спільно ХД МА, НТ У та ХНАД У, є одним із перспективних варіантів систем моніторингу вантажних ТЗ в процесі експлуатації [78]. Її особливістю є можливість одночасного моніторингу параметрів ТЗ, дистанційної перевірки режимів праці та відпочинку (РПВВ), фізичного стану водія, екологічних показників, дотримання швидкісного режиму тощо за допомогою сучасного інформаційно-комунікаційного комплексу (ІКК) та засобів ITS.

На основі сучасного аналізу параметрів технічного стану ТЗ [14], таких як витрата палива, швидкість руху, РПВВ та ФСВ, можна зробити такі висновки:

- у практиці експлуатації вантажних ТЗ в Україні недостатньо уваги приділяється параметрам технічного стану, крім витрати палива та швидкості;
- реєстрація РПВВ у режимі реального часу під час експлуатації ТЗ автоматично разом із параметрами технічного стану не здійснюється. Такі дані фіксуються лише після завершення рейсу, що унеможлиблює відстеження змін параметрів ТЗ при наявності точної інформації про РПВВ водія;
- власники ТЗ при моніторингу параметрів стану автомобіля бачать лише середню витрату палива, яка корелює тільки з середньою швидкістю руху. Інші параметри технічного стану для них недоступні. РПВВ реєструється без використання дистанційного моніторингу, виключно через прилади в кабіні ТЗ.

Таким чином, через обмежені можливості існуючих в Україні систем дистанційного моніторингу отримання повної системної інформації про зміну параметрів стану ТЗ з урахуванням РПВВ, ФСВ, кваліфікації та досвіду водія наразі неможливе.

Для вирішення зазначеної задачі було запропоновано проведення дослідження з метою розробки системних методів та засобів, що дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг технічного стану вантажного транспортного засобу та режимів праці і відпочинку (РПВВ) водіїв з урахуванням умов експлуатації. Структурно-логічна схема, створена для системного визначення технічного стану вантажного ТЗ та РПВВ водіїв за допомогою засобів інформаційного моніторингу, наведена на рис. 2.1. Такі системи, враховуючи умови експлуатації, здатні охоплювати практично всі завдання дослідження, зокрема дистанційне оцінювання змін РПВВ залежно від стану ТЗ та фізичного стану водія (ФСВ), змін умов експлуатації та технічного стану вантажного ТЗ, а також

формування інформаційної моделі РПВВ.

Для зручності проведення дослідження його було запропоновано розділити на етапи:

Перший етап — аналіз проблематики, завдань і мети дослідження;

Другий етап — розробка сучасних засобів і методів дистанційного контролю технічного стану вантажного ТЗ та РПВВ водіїв з урахуванням умов експлуатації;

Третій та четвертий етапи — обґрунтування методик, засобів і механізмів реалізації системи моніторингу ТЗ і РПВВ. Це включає вибір методик формування інформаційної моделі моніторингу РПВВ та технічного стану ТЗ, розробку інформаційно-комунікаційного комплексу (ІКК) і моделей баз даних інформаційної системи, а також обґрунтування інших методичних підходів у реальних умовах експлуатації;

П'ятий етап — проведення теоретико-експериментальних досліджень у залежності від РПВВ і ФСВ водіїв для оцінки контролю технічного стану ТЗ та перевірки адекватності отриманих результатів;

Шостий етап — після проведення досліджень підсистем та елементів інформаційної системи моніторингу оцінюється адекватність методик, визначаються залежності між показниками технічного стану ТЗ, РПВВ та ФСВ, а також розробляються рекомендації щодо організації контролю та прогнозування основних експлуатаційних показників.

Для забезпечення можливості дистанційної оцінки параметрів технічного стану вантажного ТЗ, режимів праці та відпочинку (РПВВ) і фізичного стану водія (ФСВ) необхідно виконати перелічені дії (рис. 2.1). Використовуючи накопичений досвід та аналізуючи отримані результати, з'являється можливість системно координувати взаємодію між службами технічної експлуатації, обліку та планування. Одночасно це дозволяє коригувати технічний і людський потенціал для забезпечення безаварійного оптимального режиму роботи ТЗ, зокрема враховуючи кваліфікацію водіїв, їх фізичний стан, швидкісний режим та витрату палива під час рейсу за допомогою диспетчерської служби.

На кожному етапі дослідження здійснювався вибір оптимальних рішень для зазначених підсистем, а також формувалися та визначалися показники ефективності розроблюваної інформаційної системи моніторингу вантажного ТЗ.

Особливе значення приділялося показникам екології, економіки, енергоспоживання та безпеки експлуатації вантажного транспортного засобу.

Параметр ефективності інформаційної системи дистанційного моніторингу вантажного ТЗ [18] визначався як співвідношення сумарного ефекту від роботи системи до витрат на її створення та експлуатацію. Інакше кажучи, оцінювався вплив прийнятих дистанційних рішень на ключові енергетичні, економічні, часові та екологічні показники роботи транспортного засобу в цілому.

Під час аналізу системи інформаційного моніторингу транспортних засобів в Україні, зокрема в частині визначення режимів праці та відпочинку водія, була розроблена структурно-логічна схема для вирішення завдання оцінки технічного стану ТЗ, РПВВ та

фізичного стану водія (ФСВ) в системі моніторингу. Запропонована схема передбачає створення інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ, РПВВ і ФСВ в умовах експлуатації шляхом реалізації шести послідовних етапів дослідження.

2.2 Аргументація створення та застосування інформаційно-аналітичної системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в процесі його експлуатації

2.2.1 Аргументація необхідності інтеграції засобів оцінки умов експлуатації з показниками ефективності роботи транспортного засобу

Ефективність роботи транспортного засобу зазвичай оцінюють за основними та додатковими показниками. До основних відносять продуктивність, собівартість та безпеку руху, тоді як до додаткових — витрату палива та екологічну безпеку.

На рис. 2.2 представлено залежність швидкості руху транспортних засобів від умов експлуатації (дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних, рівня культури праці) та динамічних характеристик ТЗ (максимальна швидкість, потужність, маневреність). Швидкість руху, у свою чергу, суттєво впливає на всі основні та додаткові показники ефективності роботи транспортного засобу.

Річна продуктивність вантажних автомобілів у тонах, відповідно до положень [7], визначається за наступною формулою:

$$P_p = \frac{D_p \cdot \alpha_v \cdot T_{ні} \cdot q_i \cdot \gamma_i \cdot \beta_i \cdot V_{ai}}{l_{zi} + V_{ai} \cdot \beta_i \cdot t_{пр}} \text{ т/рік} \quad (2.1)$$

де D_p — кількість робочих днів у році; α_v — коефіцієнт випуску автомобілів на лінію; $T_{ні}$ — тривалість робочого часу в наряді за добу, годин; q_i — вантажопідйомність автомобіля, т; γ_i — коефіцієнт використання вантажопідйомності; β_i — коефіцієнт використання пробігу; V_{ai} — середня технічна швидкість руху, км/год; l_{zi} — довжина завантаженої поїздки, км. Значення $T_{ні}$, q_i , γ_i , β_i , V_{ai} , l_{zi} визначаються інформаційною системою моніторингу на основі даних дистанційного контролю параметрів ТЗ.

З формули видно, що продуктивність вантажних автомобілів зростає лінійно зі збільшенням кількості робочих днів у році (D_p), часу в наряді ($T_{ні}$), вантажопідйомності (q_i) та коефіцієнта її використання (γ_i).

Водночас продуктивність (P_p) зменшується за гіперболічним законом у залежності від часу простою під навантаженням та розвантаженням ($t_{пр}$).

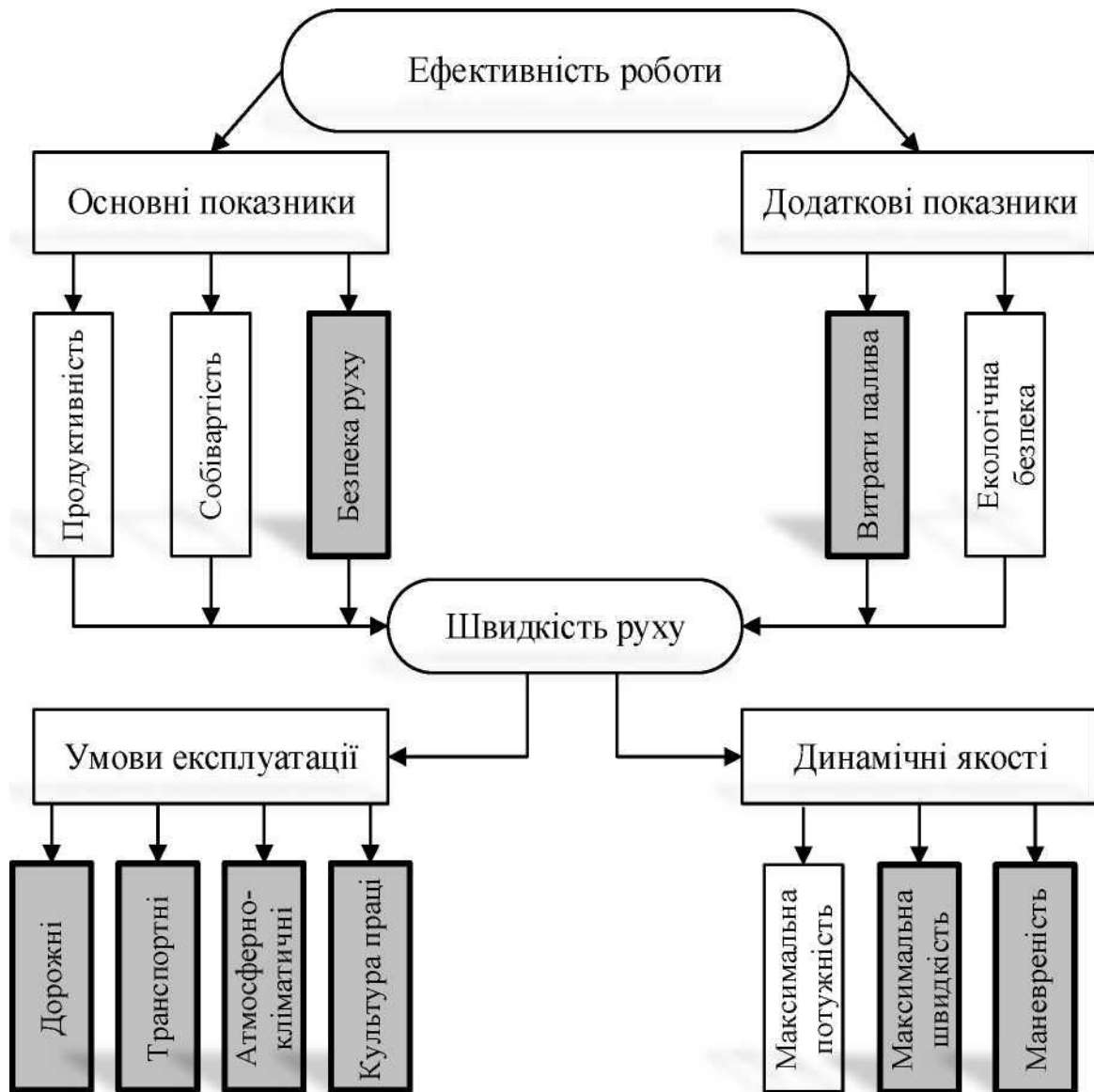


Рисунок 2.2 - Вплив умов експлуатації та динамічних характеристик транспортного засобу на його ефективність роботи з виділенням ключових елементів, що визначають точки планованого впливу, розглянуто в кваліфікаційній роботі.

2.2.2 Розробка та побудова системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в процесі його експлуатації

Існуючі системи моніторингу транспортних засобів не враховують вплив режимів праці та відпочинку водія (РПВВ) на виконання перевезень та не забезпечують оперативний контроль технічного стану ТЗ [22]. Особливістю запропонованої інформаційної системи моніторингу ТЗ, обладнаного тахографом [23], є можливість інтегрованої перевірки РПВВ у сучасному інформаційно-комунікаційному комплексі (ІКК) під час оцінки параметрів технічного стану транспортного засобу.

Удосконалення методів контролю та управління режимами роботи ТЗ і його технічним станом в умовах експлуатації є ключовим завданням дослідження. Таке вдосконалення підвищує достовірність і ефективність обробки інформації під час контролю та діагностування, одночасно визначаючи параметри працездатності ТЗ, РПВВ та фізичного стану водія (ФСВ). Це, у свою чергу, забезпечує підвищення якості управління експлуатацією вантажних транспортних засобів у реальному часі за допомогою систем ITS. Для цього використовуються коректування умов експлуатації ТЗ, сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології, ймовірнісні математичні моделі та серійне спеціалізоване обладнання.

Згідно з запропонованим методом дистанційного контролю та управління технічним станом і режимами роботи ТЗ з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) (рис. 2.3), процес здійснюється за допомогою системного оснащення датчиками та лініями стандарту OBD-II, адаптера (сканера) OBD-II, підключення до сумісного пристрою через ШВ, Wi-Fi або Bluetooth, а також бортового інформаційно-комунікаційного комплексу (ІКК). Додатково встановлюються бортові датчики та трекер (контролер-сканер-комунікатор) і пристрій реєстрації РПВВ. Передача даних здійснюється через GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet або локальну мережу на Web-сервер, базу даних та програмне забезпечення інтелектуального комплексу «СМV». Оперативна інформація надходить через Internet до учасників процесу експлуатації та на автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі (АРМВМ) і забезпечує зворотний зв'язок.

Структура функціональних можливостей бортового інформаційно-комунікаційного комплексу (ІКК) передбачає системну взаємодію та обмін інформацією в межах існуючих стандартних протоколів із датчиками транспортного засобу, підключеними через спеціальні дротові лінії: K-line, L-line та CAN. Система підтримує роботу з різними інтерфейсами програмних комплексів, ідентифікацію ТЗ у потоці, передачу даних, взаємодію між функціями, а також експлуатацію ТЗ з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) [24].

Це дозволяє визначати параметри ТЗ з ДВЗ під час його роботи та відслідковувати їх зміну, планові ТО та ремонти, оцінювати працездатність транспортного засобу, контролювати термінові (годинні) стани експлуатації, формувати геозони в межах параметрів експлуатації, забезпечувати безпеку (відео-, фото-, аудіо-спостереження та фіксацію), навігацію (роботу з картами та сервісами), вхід та вихід до серверних додатків, обробку даних, а також допомогу водієві шляхом інформування про помилки та несправності, усунення їх на місці та передачу інформації до зовнішніх сховищ. Крім того, система дозволяє оцінювати вплив режимів праці та відпочинку водія (РПВВ) на параметри роботи ТЗ.

Особливістю інформаційної системи моніторингу ТЗ, оснащеної засобом реєстрації РПВВ, є можливість контролю РПВВ та фізичного стану водія за допомогою сучасного ІКК під час визначення параметрів технічного стану ТЗ із одночасним фіксуванням показників (рис. 2.3). Бортовий ІКК може вимірювати більшість параметрів ТЗ з ДВЗ, реєструвати їх на віддаленому комп'ютері та забезпечувати відповіді на запити

інформаційно-диспетчерського контролю (ІДК) щодо координат ТЗ (з виділенням геозон), витрати палива, швидкості, часу руху та зупинок, а також параметрів РПВВ у вигляді відповідних звітів.

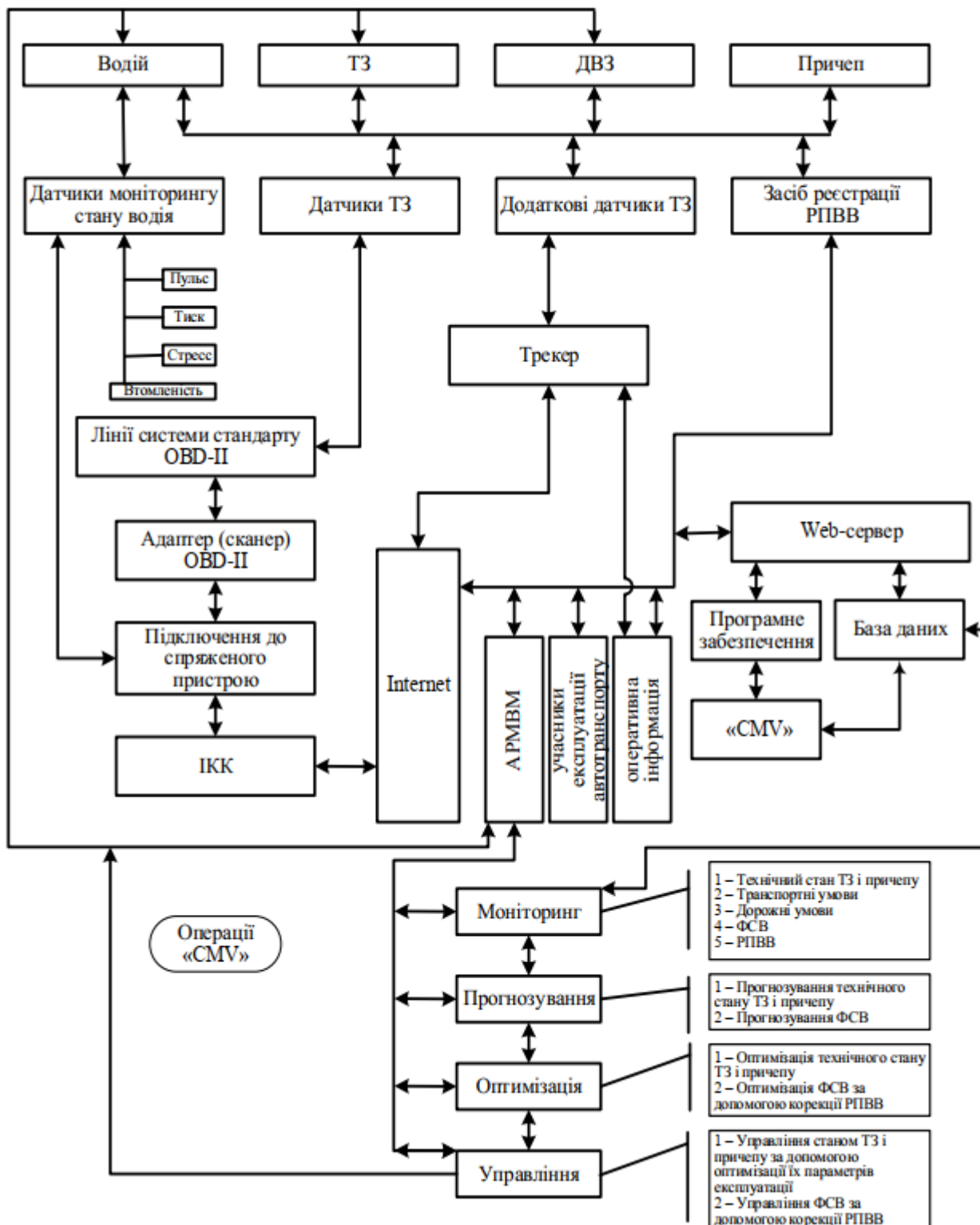
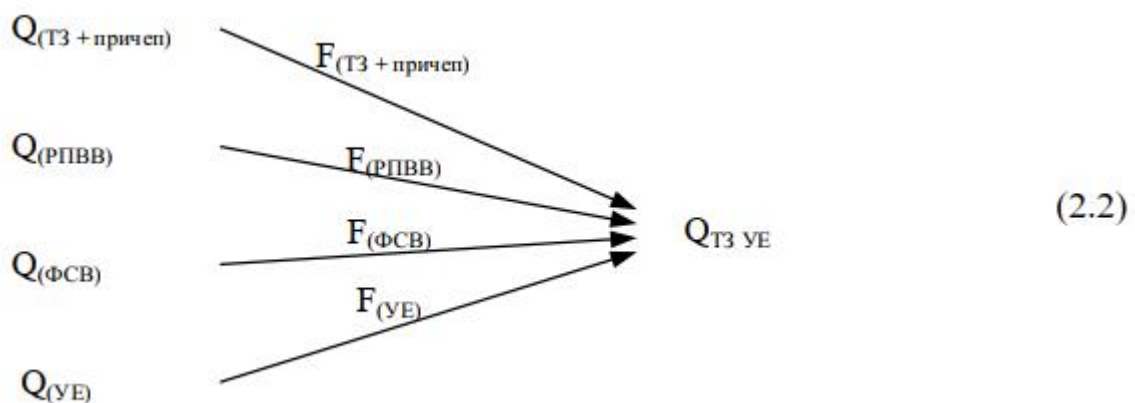


Рисунок 2.3 - Блок-схема дистанційного обміну інформацією між компонентами інформаційно-аналітичної системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу

Таким чином, повний контроль і моніторинг технічного стану транспортного засобу, безпеки його експлуатації, режимів праці та відпочинку водія (РПВВ) і фізичного стану водія (ФСВ) забезпечується за допомогою серійного спеціалізованого обладнання та ймовірнісної математичної моделі ІКК. Дистанційне коригування умов експлуатації ТЗ дозволяє підвищити точність і ефективність обробки даних під час контролю та діагностування, одночасно визначаючи параметри працездатності ТЗ, РПВВ та ФСВ, що в результаті сприяє підвищенню якості управління експлуатацією вантажних транспортних засобів у реальному часі за допомогою систем ITS.

2.2.3 Формування методу системної взаємодії параметрів та моделі моніторингу технічного стану ТЗ в умовах експлуатації

Модель моніторингу параметрів технічного стану транспортного засобу (ТЗ), режимів праці та відпочинку водія (РПВВ) і фізичного стану водія (ФСВ) використовується як основа загального підходу до дослідження системи «Вантажний ТЗ – причеп – ФСВ – РПВВ – умови експлуатації – інфраструктура експлуатації автомобіля». Цей підхід передбачає системну взаємодію складових компонентів моніторингу: автомобіля (ТЗ) та причепа з водієм і ІКК; умов експлуатації ТЗ (дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних умов та культури праці) [7]; а також транспортної та дорожньої інфраструктури. (рис. 2.2)



Де $Q_{(ТЗ+причеп)}$ – множина моделей параметрів технічного стану ТЗ та причепа, $Q_{(РПВВ)}$ – множина моделей параметрів режимів праці та відпочинку водія, $Q_{(ФСВ)}$ – множина моделей параметрів фізичного стану водія, $Q_{(УЕ)}$ – множина моделей параметрів умов експлуатації.

$F_{(ТЗ+причеп)}$ – функціональне відображення моделей параметрів технічного стану ТЗ та причепа, $F_{(РПВВ)}$ – функціональне відображення моделей параметрів режимів праці та відпочинку водія, $F_{(ФСВ)}$ – функціональне відображення моделей параметрів фізичного стану водія, $F_{(УЕ)}$ – функціональне відображення моделей параметрів умов експлуатації.

Формування моделі управління параметрами технічного стану ТЗ, ФСВ та РПВВ представлено у рівнянні

$$\begin{array}{ccccc} & & Q'_{\text{ТЗ}} & & \\ & \nearrow & & \nwarrow & \\ Q_{\text{ТЗ УЕ}} & \rightarrow & & \leftarrow & Q_{\text{Упр.ТЗУЕ}} \\ & \searrow & & \nearrow & \\ & & Q'_{\text{РПВВ}} & & \\ & & Q'_{\text{ФСВ}} & & \end{array} \quad (2.3)$$

Де корекція $Q_{\text{Упр.ТЗУЕ}}$ – множина моделей параметрів управління ТЗ в умовах експлуатації, яка можлива за допомогою:

$Q_{\text{ТЗ}}$ – зміна швидкості руху (витрати палива) та технічного стану ТЗ;

$Q_{\text{РПВВ}}$ – зміна режиму роботи екіпажу;

$Q_{\text{ФСВ}}$ – зміна фізичного стану екіпажу або зупинка ТЗ.

2.3 Формування інформаційно-аналітичної системи моніторингу транспортного засобу у частині режиму праці та відпочинку водія

Для реалізації управління та моніторингу ТЗ у частині режимів праці та відпочинку водія була розроблена система **СМV**.

Основне призначення системи полягає у забезпеченні контролю та управління технічним станом і режимами роботи транспортного засобу в умовах експлуатації. Вона дозволяє при визначених умовах роботи та заданому рівні експлуатаційної надійності зводити до мінімуму трудові та матеріальні витрати на підтримку рухомого складу у технічно справному стані.

У запропонованій системі зворотний зв'язок під час моніторингу та управління реалізується на основі результатів діагностування і прогнозування. Це дозволяє здійснювати різні види прогнозів змін технічного стану вантажного ТЗ у процесі експлуатації та коригувати раніше прийняті управлінські рішення.

Передбачається впровадження постійного моніторингу на базі діагностування та прогнозування, що забезпечує більш об'єктивне визначення своєчасності технічних впливів на ТЗ.

Інформаційно-аналітична система управління технічним станом і безпекою ТЗ

функціонує як замкнена система керування зі зворотним зв'язком. Керуючий орган (адаптивна система управління та її програмна складова, у вигляді відділу управління технічним станом ТЗ) отримує сигнали від датчиків (станції діагностування) і передає команди виконавчому органу (зона РТО), який підтримує задане значення регульованої величини – технічного стану ТЗ. Регульованим об'єктом є стан транспортного засобу, а станція прогнозування та діагностування виконує функцію датчика.

Завдання індивідуального управління та прогнозування технічного стану і режимів роботи ТЗ є ключовим для функціонування системи CMV і визначає основний резерв її вдосконалення та підвищення ефективності.

Відповідно до Директиви №2002/15/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 11 березня 2002 року щодо організації робочого часу осіб, які здійснюють мобільну автотранспортну діяльність, та Регламенту ЄС №1071/2009 Європейського Парламенту та Ради від 21 жовтня 2009 року [1], що встановлює загальні правила допуску операторів автомобільних перевезень до роботи та скасовує Директиву Ради №96/26ЄС, у запропонованій системі вперше введено бази даних параметрів безпеки перевезень і режимів роботи водія [1]:

- дата та час останнього контролю водія;
- щоденні звіти про діяльність, включаючи початок і завершення роботи (час, місце розташування, одометр);
- види діяльності з позначенням часу початку і закінчення;
- дата та час останнього контролю перевищення швидкості;
- максимальна та середня швидкість руху;
- найбільш серйозні перевищення швидкості за останні десять днів;
- дата та час початку роботи попередніх водіїв;
- діапазон обертів двигуна та тривалість його роботи;
- зміни стану роз'ємів та їх тривалість.

Збір цих параметрів здійснюється за допомогою електронного тахографа. Інформація на дисплеї тахографа подається у вигляді трьох типів повідомлень залежно від ступеня важливості події:

Повідомлення – інформує про завершені процеси, проблеми з картою водія або нагадує про необхідність зробити перерву;

Попередження – сигналізує про потенційні порушення або ризики;

Несправності – повідомляють про технічні збої тахографа.

Повідомлення відносяться до інформаційних даних, які не зберігаються та не підлягають друку.

Попередження виникають у разі порушень правил, наприклад, при перевищенні швидкості, або якщо тахограф не може зафіксувати дані з певних причин. Вони відображаються на дисплеї як спливаюче вікно або блимаючий сигнал. Попередження зберігаються та можуть бути роздруковані.

Несправності мають більш критичний характер і сигналізують про поломки тахографа, датчиків, карти водія або про втручання в обладнання. Несправності також зберігаються та підлягають друку.

Під управлінням технічним станом та режимами роботи транспортного засобу розуміють комплекс технічних впливів, спрямованих на запобігання відмовам та відновлення параметрів технічного стану до необхідного рівня.

Система управління технічним станом транспортних засобів базується на достовірних даних про поточний стан елементів автомобіля, які можна отримати лише через їхнє діагностування в умовах експлуатації. Для цього необхідно мати параметри технічного стану та умови експлуатації, отримані безпосередньо з транспортного засобу, з інфраструктури автомобільних доріг та інших джерел.

Програма моніторингу та управління технічним станом і режимами роботи транспортного засобу передбачає виконання необхідних технічних дій, якщо діагностичні параметри виходять за допустимі межі. Для інших параметрів розроблені аналогічні заходи ремонтного впливу при перевищенні граничних нормативних значень. У разі одночасного перевищення допустимих значень декількох параметрів програма надає рекомендації щодо найбільш ефективних технічних впливів.

Ще одна підсистема — «Умови експлуатації у процесах моніторингу», яка збирає інформацію про дорожні, транспортні, природно-кліматичні умови та культуру праці. Додатково функціонує підсистема «Учасники процесу управління безпекою та працездатністю транспортних засобів», яка отримує дані про інших користувачів автотранспортної інфраструктури.

2.4 Особливості розробки алгоритму ідентифікації ТЗ з причепом, РПВВ та ФСВ за допомогою засобів ITS в ІКК «СМV»

Першим кроком інформаційної моделі ІКК «СМV» є отримання даних про транспортний засіб і водія під час процесу їх ідентифікації. Одночасно відбувається ідентифікація діагностичного (ідентифікаційного) обладнання. Важливість цього етапу зумовлена тим, що якість розпізнавання обладнання безпосередньо впливає на точність ідентифікації водія та транспортного засобу [29], для яких далі можливо здійснювати прогнозування параметрів технічного стану.

Особливості використання засобів реєстрації режимів роботи водія на транспортних засобах:

Ідентифікація водія здійснюється за допомогою картки водія, вставленої у слот тахографа. Під час цього процесу система отримує інформацію про ідентифікаційний номер картки та країну видачі, прізвище та ім'я водія, ідентифікаційний номер тахографа та одометра, а також види діяльності з зазначенням часу початку та завершення, а також дані про останній контроль, якому піддавався водій.

Встановлені правила щодо часу водіння, перерв та періодів відпочинку водіїв

транспортних засобів, що виконують вантажні та пасажирські перевезення, ґрунтуються на міжнародних угодах. Основна мета таких нормативних актів — підвищення безпеки дорожнього руху, уніфікація умов конкуренції та покращення умов праці водіїв у транспортній сфері.

Відповідно до основного правила, обов'язковим є дотримання норм часу водіння та періодів відпочинку, а також використання тахографа при керуванні наступними транспортними засобами:

- вантажними транспортними засобами, чия допустима максимальна маса (з причепом або без нього) перевищує 3,5 тонни;
- пасажирськими транспортними засобами, спочатку призначеними або тимчасово переобладнаними для перевезення понад дев'ять осіб, включно з водієм, та призначеними для таких цілей.

Варто зазначити, що не має значення, чи надаються транспортні послуги комерційно, чи перевезення здійснюється власним коштом та з власними документами. Також не важливо, чи транспортується вантаж, чи транспортний засіб порожній, хоча ці обставини можуть мати значення в випадках, коли використання тахографа не є обов'язковим. Не має значення і статус особи за кермом — професійний водій, власник транспортного засобу, представник компанії чи інший водій, а також довжина маршруту.

Загалом, якщо максимальна маса вантажного транспортного засобу перевищує 3,5 тонни, водій зобов'язаний використовувати тахограф і дотримуватися норм робочого часу, часу водіння та періодів відпочинку. Крім того, водій має пред'явити контролеру записи про свою діяльність за попередні 28 календарних днів.

Тахограф також обов'язковий для водія автопоїзда, якщо маса тягача менша за 3,5 тонни, але загальна маса автопоїзда перевищує цей поріг. Наприклад, якщо тягач масою 3,2 тонни (категорія N1) з причепом масою 1 тону утворює автопоїзд загальною масою 4,2 тонни, використання тахографа є обов'язковим.

Виняток становлять транспортні засоби масою понад 3,5 тонни, які не призначені виробником для вантажних або пасажирських перевезень (спеціалізована техніка для виконання конкретних робіт). У таких транспортних засобів відсутні вантажні відсіки, платформи або резервуари, необхідні для перевезення вантажу.

Тахографи поділяються на два покоління: аналогові, які реєструють інформацію на паперових носіях, та цифрові, що застосовуються з 1 травня 2006 року і працюють за принципом цифрової реєстрації.

Тахограф, встановлений на транспортному засобі, необхідно перевіряти кожні два роки. Після перевірки контролер наклеює установчу пластину на тахограф, дверну коробку, лобове скло або раму водійського сидіння. На пластині зазначаються важливі для роботи тахографа параметри: характерний коефіцієнт, число імпульсів, периметр шини, дані контролера та дата перевірки. Пластина покривається захисною плівкою, що підтверджує відповідність тахографа встановленим вимогам.

Як аналогові, так і цифрові тахографи автоматично фіксують рух транспортного засобу, тобто час водіння. Крім того, водій повинен вести облік повного робочого часу,

часу готовності до роботи (чергування), перерв і періодів відпочинку. Для правильного відображення цих даних необхідно щодня і своєчасно використовувати перемикачі режимів роботи тахографа.

Також проводиться ідентифікація транспортного засобу за VIN-кодом, країною реєстрації та реєстраційним номером ТЗ (VRN). VIN-код містить інформацію про виробника, сам транспортний засіб і рік випуску, що робить його надійним способом ідентифікації автомобіля та захисту від угону. Сучасна структура VIN-коду базується на стандартах ISO 3779:1983 («Дорожні транспортні засоби. Ідентифікаційний номер транспортного засобу. Зміст і структура») та ISO 3780:1983 («Дорожні транспортні засоби. Код ідентифікації світового виробника»), прийнятих Міжнародною організацією зі стандартизації ISO у 1979 та 1980 роках. Сумісні версії цих стандартів були також ухвалені ЄС та США.

VIN-код — це унікальний ідентифікаційний код транспортного засобу, що складається з 17 літерних та цифрових символів і присвоюється лише одному ТЗ. Він є обов'язковим елементом маркування і забезпечує індивідуальність автомобіля протягом 30 років. Світових єдиних стандартів для формування VIN-коду немає, і кожен виробник може створювати захисний код самостійно. Проте при експорті дотримуються стандартів, прийнятих у 24 країнах-членах ISO.

Концепція інформаційної системи моніторингу стану транспортного засобу в умовах ITS, яка інтегрує спостереження, аудит і прогноз експлуатації, а також базується на використанні морфологічної матриці, описана в роботі [17] як метод ідентифікації та моніторингу ТЗ.

Принцип роботи автомобільного трека полягає у зборі даних про місцезнаходження об'єкта, його швидкість та стан підключених датчиків. Зібрана інформація передається через мобільний інтернет на сервер GPS-моніторингу для подальшої обробки та відображення у персональному кабінеті користувача.

Сучасні GPS-трекери оснащені спеціалізованим програмним забезпеченням, яке обробляє дані та передає їх на сервер двома потоками. Перший канал передає інформацію про останні зміни координат, швидкості та підключених датчиків (контроль палива, навантаження на вісь, тиск і температура в шинах), а другий потік фільтрує сирі дані, усуваючи періодичні помилкові сигнали. Трекер підключається до роз'єму OBD-II автомобіля, що дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан транспортного засобу.

Обмін даними між трекером і сервером відбувається у вигляді «пакетів», що містять координати, час та параметри автомобіля, упаковані спеціальним чином для передачі за протоколом зв'язку. Користувач отримує дані у зручному форматі через веб-інтерфейс, мобільні додатки або спеціалізоване програмне забезпечення АРМ-диспетчера.

Особливості дистанційної ідентифікації режимів роботи та відпочинку водія у сучасному ІПК реалізовані алгоритмічно. На рис. 2.4 показано алгоритм ідентифікації ТЗ, причепу, режимів роботи водія та вантажу в межах ІПК «CMV» в умовах ITS.

Розроблений алгоритм починається з блоку 1, де перед стартом роботи необхідно

запустити програмне забезпечення для діагностики ТЗ (блок 2), причепу, режимів роботи водія та вантажу в бортовому обладнанні для моніторингу і діагностування. У блоці 3 здійснюється встановлення та вибір параметрів моніторингу технічного стану ТЗ, причепу, режимів роботи водія та вантажу.

Далі, у блоці 4, встановлюється діагностичне обладнання ТЗ. Через роз'єм OBD-II (CAN-шина) здійснюється підключення моніторингового обладнання до вантажного транспортного засобу [6, 32].

Проте наявність діагностичного роз'єму на вантажному ТЗ, яке не обладнане блоком управління діагностикою, не гарантує можливості повного діагностування за допомогою спеціального програмного забезпечення. Тобто сам по собі роз'єм не забезпечує працездатність системи моніторингу.

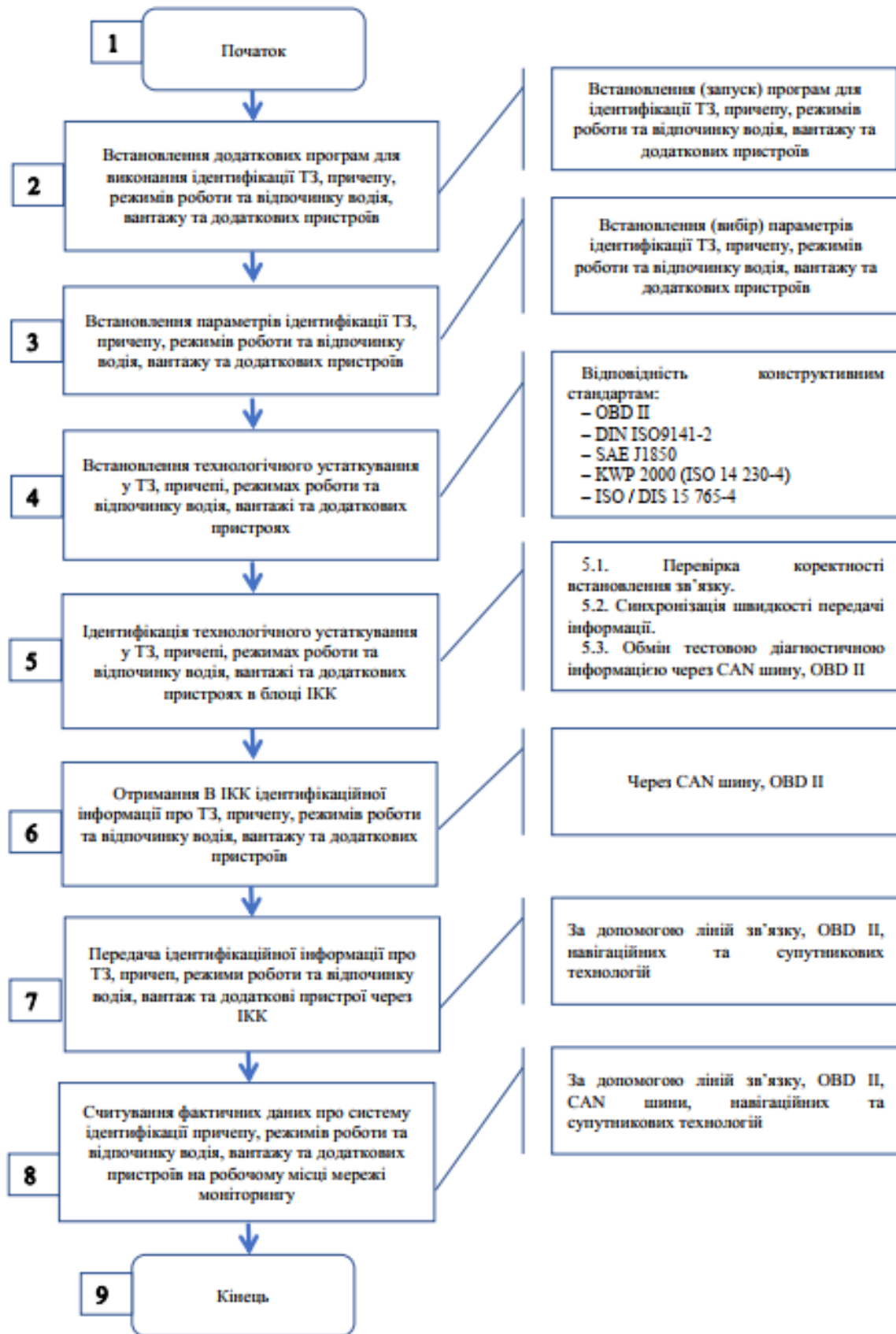


Рисунок 2.4 - Алгоритм ідентифікації транспортного засобу з причепом, режимів праці та відпочинку водія та фізичного стану водія за допомогою засобів ITS у складі ІКК «CMV»

Азучучись на стандарті ISO 9141-2, забезпечується зв'язок між пристроєм сканування (діагностики) та спеціальним блоком керування вантажного ТЗ (блок 4), що є продовженням відповідного етапу. Стандарт ISO 9141-2 узгоджується зі стандартом OBD II, що дозволяє уніфікувати умови обміну даними між блоками управління вантажного транспортного засобу та діагностичним обладнанням. Основною відмінністю ISO 9141-2 є метод передачі даних, тоді як порядок перевірок, контрольних заходів та процедур діагностування визначається саме цим стандартом.

Як альтернатива стандарту SAE J 1850, передача даних в OBD II здійснюється відповідно до ISO 9141-2. Крім того, застосовується стандарт KWP2000 (ISO 14230-4), який також допускається для використання.

На сьогодні методи зв'язку для стандартів OBD II та EOBD включають:

- для європейських автовиробників: низькошвидкісний зв'язок (5 бод) — ISO 9141-2;
- для європейських автовиробників: високошвидкісний і низькошвидкісний зв'язок — ISO 14230-4 (KWP 2000);
- для американських автовиробників — стандарт SAE J 1850;
- для діагностування систем випуску відпрацьованих газів та CAN-контролера — ISO/DIS 15765-4.

У блоці 5 відбувається ідентифікація (ініціалізація) діагностичного обладнання ТЗ, причепу, режимів роботи водія та вантажу через бортовий інформаційно-комунікаційний комплекс за допомогою ліній передачі даних. Стандарти описують варіанти проведення діагностики та ініціалізації блоків управління. Діагностичне обладнання дозволяє, наприклад, ініціалізувати систему за допомогою 5-бодового генератора адресації згідно ISO 9141-2.

На початковому етапі прилади перевіряють коректність зв'язку по лінії передачі даних, надсилаючи закодоване слово у зворотному порядку (логічні «0» замінюються на «1»). У відповідь блок управління передає адресу 33H також у зворотному порядку.

Процес синхронізації швидкості зв'язку встановлює стабільний контакт між блоком управління вантажного ТЗ та діагностичним приладом. Час синхронізації становить близько 2 мс або трохи більше, залежно від довжини біта.

Для виробників комплектуючих та автомобілів комітет FAKRA з автомобільної стандартизації надає кодові слова, причому їх завжди два. Під час перевірки каналів передачі даних між блоками управління вантажного ТЗ та діагностичним блоком використовуються логічні елементи «1» та «0» [93].

На сьогодні виділяють такі системи обміну даними:

- по К- або L-проводах у одному напрямі — унідирекційна передача;
- по К-проводу у двох напрямках — бідирекційна передача.

Обмін даними зі збоями після ініціалізації сигналу заборонений, за що відповідає виробник ТЗ [21].

Діагностичні прилади, що описані у стандарті ISO 15031-4, повинні автоматично розпізнавати тип обміну інформацією із системою управління технічним станом ТЗ, причепу, режимами роботи та відпочинку водія, вантажу і додаткового обладнання. Крім

того, прилад повинен відображати оригінальний VIN-код або ідентифікаційний номер ТЗ та додаткову інформацію про нього під час ідентифікації, що необхідно враховувати на етапах блоків 4 та 5.

У блоці 6 здійснюється зчитування ідентифікаційної інформації ТЗ з блоку керування через роз'єм OBD II (CAN-шину) для використання у моніторингу технічного стану.

У блоці 7 відбувається передача цієї інформації до ІКК і ІПК через лінії зв'язку системи моніторингу ТЗ (OBD II, CAN-шина).

У блоці 8 здійснюється зчитування фактичних даних системи ідентифікації ТЗ через лінії зв'язку, як показано на рис. 2.4 (ТЗ системи моніторингу) через роз'єм OBD II.

Результати ідентифікації ТЗ, причепу, режимів роботи та відпочинку водія, вантажу і додаткового обладнання в умовах ITS за допомогою ІКК «СМV» представлені у розділі 4.

Висновки до розділу 2

Обґрунтована і запропонована методика побудови і дослідження моделей контролю і управління технічним станом та режимами роботи транспортного засобу в умовах експлуатації, за допомогою якої можливо проводити дистанційний оперативний моніторинг технічного стану ТЗ.

Використання морфологічного аналізу дозволило сформувавши можливі варіанти схем інформаційної системи оперативного контролю за технічним станом транспортного засобу в умовах експлуатації в частинах забезпечення виконання: ідентифікації ТЗ, збирання даних про технічний стан ТЗ, проведення моніторингу і прогнозування параметрів технічного стану ТЗ, з метою проведення синтезу і аналізу.

Розроблена інформаційно-аналітична модель предметної області інформаційної системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації. Описані особливості предметної області інформаційної системи за допомогою DFD-діаграми. створена структурована інформаційна модель ІКК «СМV», яка фактично забезпечує роботу інформаційної системи дистанційного моніторингу технічного стану вантажного ТЗ в умовах експлуатації.

Сформовані графи інформаційних структурних елементів моделі системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації, які дозволяють визначити множину інформаційних елементів підсистем моніторингу

Обґрунтовано та запропоновано методику побудови та дослідження моделей контролю і управління технічним станом і режимами роботи транспортного засобу в умовах експлуатації, що дозволяє здійснювати дистанційний оперативний моніторинг ТЗ.

Застосування морфологічного аналізу дало змогу сформувавши можливі варіанти схем інформаційної системи оперативного контролю за технічним станом ТЗ у частинах: ідентифікації ТЗ, збору даних про його технічний стан, проведення моніторингу та прогнозування параметрів технічного стану для подальшого синтезу та аналізу.

Розроблено інформаційно-аналітичну модель предметної області системи

оперативного контролю технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, описано її особливості за допомогою DFD-діаграми. Створено структуровану інформаційну модель ІКК «СМV», яка забезпечує функціонування системи дистанційного моніторингу технічного стану вантажного ТЗ у реальних умовах експлуатації.

Сформовано графи інформаційних та структурних елементів моделі системи оперативного контролю технічного стану ТЗ, що дозволяють визначити множину інформаційних елементів підсистем моніторингу.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ РЕЖИМІВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ В РЕАЛЬНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Плани та цілі проведення експериментального дослідження

Мета експериментальних досліджень полягає у зборі даних для побудови та перевірки адекватності математичних моделей окремих елементів, підсистем та системи в цілому при застосуванні заходів підвищення ефективності перевезення вантажів і пасажирів. При цьому враховується вплив технічного стану транспортного засобу (ТЕАТЗ), ремонтно-технічного обслуговування (РТО), режимів праці та відпочинку водія (РПВВ) та фізичного стану водія (ФСВ) на транспортний процес і можливості оперативного контролю руху ТЗ, а також удосконалення систем контролю технічного стану ВТЗ і систем допомоги водієві.

Відповідно до поставленої мети, програма експериментальних робіт включала:

- розробку та впровадження системи дистанційного моніторингу ВТЗ CMV як технічного засобу автоматизації та комп'ютеризації процесів управління безпекою і працездатністю автотранспортних засобів;
- визначення та формування структури функціональних можливостей системи CMV;
- розробку структури інформаційної взаємодії між елементами CMV у процесах моніторингу ВТЗ;
- адаптацію та впровадження спеціалізованих алгоритмів дистанційної ідентифікації, моніторингу та діагностування з можливістю прогнозування параметрів технічного стану ВТЗ у системі CMV;
- забезпечення виконання моніторингу параметрів технічного стану ВТЗ і РПВВ в умовах експлуатації, а також перевірку коректності розроблених методик у процесах моніторингу;
- експериментальне визначення параметрів технічного стану ВТЗ в умовах експлуатації з використанням бортової частини ІКК та засобів моніторингу транспортної інфраструктури.

Для реалізації цих завдань було проведено комплекс експериментальних досліджень представленої системи моніторингу в реальних експлуатаційних умовах.

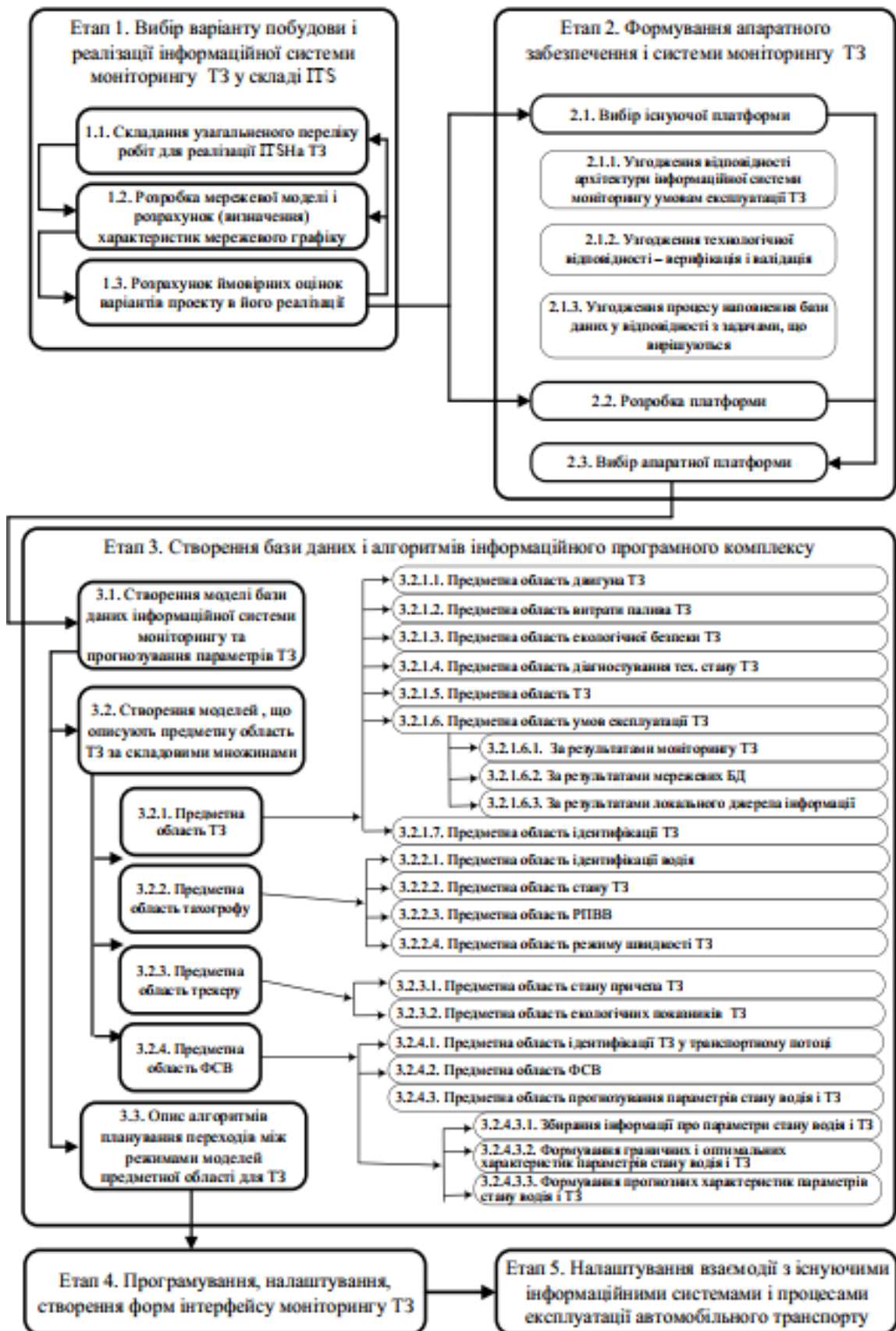


Рисунок 3.1 - Методика комплексного моделювання та розробки інформаційної системи дистанційного моніторингу вантажних транспортних засобів з причепом

3.1.1 Створення системи дистанційного моніторингу транспортного засобу з причепом, режимами праці та відпочинку водія і фізичним станом водія на базі бортової частини ІКК

Для досягнення поставленої мети експериментальної програми в умовах ITS була розроблена загальна методика моделювання та побудови системи дистанційного моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, режимів праці та відпочинку водія, фізичного стану водія та причепа. Запропонована методика визначає принципи системної взаємодії та побудови інформаційної системи моніторингу на основі ІКК.

При розробці інформаційної системи дистанційного моніторингу ТЗ, РПВВ, ФСВ та причепа з використанням бортової частини ІКК в умовах ITS були враховані функціональні можливості ІКК. Було здійснено узагальнення, порівняння та аналіз наявних даних щодо застосування ITS на транспортних засобах, зосереджуючись на тих компонентах та рішеннях, де інформатизація ТЗ і автотранспортного комплексу є найбільш ефективною.

Розроблена система забезпечує безперервний контроль у реальному часі в умовах ITS. Основні етапи роботи щодо структури системи дистанційного моніторингу ТЗ на базі бортового інформаційного комплексу були реалізовані та описані (рис. 3.1). Особлива увага приділялася етапу 3, де створювалися моделі, що відображають предметну область ТЗ, РПВВ, ФСВ та причепа через відповідні множини складових, як це показано на рис. 3.1.

Функціональна структура розробленого ІКК

Структура та взаємозв'язки функціональних можливостей ІКК для збору інформації про стан ТЗ, ФСВ, РПВВ та причепа на базі бортової частини ІКК наведені на рис. 3.2. Основою системної взаємодії є ключові функції ІКК, серед яких: визначення положення ТЗ у просторі (трекінг), моніторинг параметрів технічного стану ТЗ, причепа, ФСВ та РПВВ, організація взаємодії водія (екіпажу) з ТЗ в процесі експлуатації та забезпечення безпеки руху. Виконання цих функцій забезпечується інтеграцією конструктивних особливостей ТЗ та складових елементів ITS, зокрема: прокладання маршрутів, робота з картами, ідентифікація водія та ТЗ з причепом, збір і обробка параметрів технічного стану ТЗ та причепа, ФСВ, інформації від датчиків через K-line, L-line, CAN та їх протоколи, діагностика і прогнозування ФСВ та технічного стану, передача даних про порушення РПВВ, ПДР, похибки, несправності ТЗ та викиди забруднюючих речовин у зовнішнє сховище інформації.

Далі зібрана інформація системно розподіляється між основними інформаційними блоками об'єктів автоматизації ТЗ для формування бази даних про технічний стан і умови експлуатації на основі ITS. До таких блоків належать:

- блок збору та передачі даних від двигуна ТЗ;
- блок збору та передачі інформації про витрату палива;

- блок збору даних про значення викидів забруднюючих речовин;
- блок передачі результатів діагностування технічного стану ТЗ;
- блок збору параметрів технічного стану транспортного засобу;
- блок передачі інформації про умови експлуатації ТЗ;
- блок ідентифікації ТЗ;
- блок збору даних про фізичний стан водія;
- блок ідентифікації тахографа, водія та ТЗ;
- блок фіксації порушень правил ПДР та режимів праці і відпочинку водія (РПВВ);
- блок збору і передачі даних про робочий час екіпажу;
- блок моніторингу швидкості ТЗ через тахограф;
- блок збору інформації про робочий стан ТЗ;
- блок збору даних про технічний стан ТЗ та причепа (додаткове обладнання);
- блок моніторингу параметрів викидів забруднюючих речовин (додаткове обладнання).

Ця структура забезпечує комплексний і системний контроль стану транспортного засобу та його експлуатаційних параметрів в режимі реального часу.

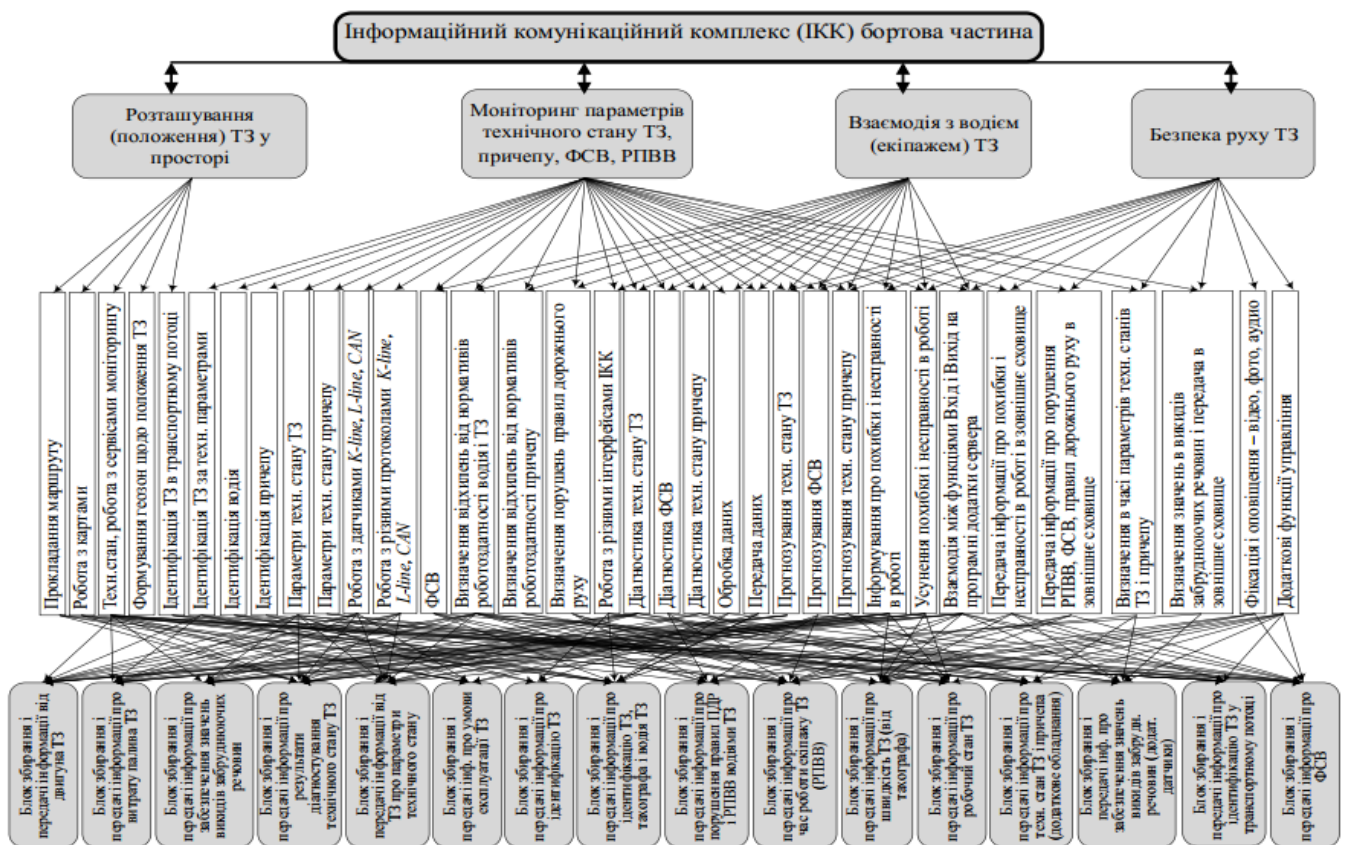


Рисунок 3.2 – Структура та взаємозв’язки функціональних можливостей бортового інформаційно-комунікаційного комплексу

Обмін інформацією між елементами бортової частини ІКК ТЗ, транспортною інфраструктурою та дорожньою мережею у процесі моніторингу параметрів технічного

стану ТЗ і причепа, ФСВ та РПВВ здійснювався в ручному, автоматизованому та повністю автоматичному режимах. В результаті такого моніторингу всі дані надходили в реальному часі. Для передачі параметрів від бортового ІКК ТЗ до зовнішнього сервера та АРМ оператора використовувалися декілька каналів зв'язку.

В якості основного високопродуктивного пристрою відстеження застосовувався Ruptela FM-Tco4 HCV / HCV 3G четвертого покоління з низьким енергоспоживанням, що підключається безпосередньо до OBD-роз'єму ТЗ. Підтримка 3G раніше була недоступна для пристроїв FM4, і ця функція FM-Tco4 HCV 3G є ключовою перевагою порівняно з попередньою моделлю FM-Tco4 HCV.

Пристрій сумісний із різними периферійними пристроями, що значно розширює його функціональні можливості. FM-Tco4 HCV / HCV 3G обладнаний інтерфейсами RS232, RS485, 1-Wire, CAN і K-Line.

Підключення периферії:

- 1-Wire: до 4-х температурних датчиків DS18B20 / DS18S20 (10 мА при 5 В), 1 х іButton DS1990 / DS1971 з пасивною фішкою.
- Цифрові виходи: 1 х зумер / світлодіод, 1 х панель EcoDrive (живлення від 1-Wire, 40 мА при 5 В), 1 х блокування запалювання (включаючи блокування при глушенні сигналу GSM).
- Аналогові входи: 2 х аналогових датчика рівня палива / температурних датчика.
- RS232 (порт А/В): 2 х цифрових датчика рівня палива, 1 х Garmin (обмін повідомленнями та маршрутами), 2 х RFID-зчитувачі, 1 х зчитувач карток водія (тахограф), підтримка ThermoKing (порт В), Optitemp, Carrier Vector 1550, система зважування, управління розсіювачем, датчик алкоголю, Touchprint реєстратор даних (ThermoKing), зчитувач магнітних карт.
- RS485 (порт С): до 10 цифрових датчиків рівня палива, 1 х інтерфейс J1708, J1708 + DTC, прозорий канал.
- CAN: зчитування даних шини CANbus (FMS), тахографа (включаючи скачування файлів), параметрів OBD і кодів помилок (залежно від моделі автомобіля), система попередження зіткнень MobilEye, дані причепа, J1939 + DTC.
- K-Line: зчитування інформації з тахографа та параметрів OBD (залежно від моделі ТЗ).
- 1-Wire: DS1971.

Таким чином, FM-Tco4 HCV / HCV 3G забезпечує комплексний збір, обробку та передачу даних про ТЗ, водія та периферійні пристрої для ефективного моніторингу та контролю в умовах експлуатації.

Існує можливість одночасного налаштування одного CAN-інтерфейсу для зчитування даних OBD, а іншого – для фільтрації параметрів двигуна, таких як загальна витрата палива, оберти двигуна, швидкість ТЗ за колесами, маса причепа та маса вантажу.

Дані від додаткових датчиків технічного стану ТЗ і причепа, а також інформація про викиди забруднюючих речовин та інші параметри, зчитувалися і передавалися за допомогою трекера компанії. Це компактний /GPS/GSM-термінал, призначений для

визначення координат транспортного засобу та їх передачі через мережу GSM.



Рисунок 3.3 - Зовнішній вигляд передавального модуля



Рисунок 3.4 - Зовнішній вигляд трекера



Рисунок 3.5 - Зовнішній вигляд браслетного годинника

GPS-трекер дозволяє оперативно визначати місцезнаходження віддалених рухомих об'єктів, включаючи вантажні та легкові автомобілі. У разі втрати зв'язку пристрій здатний зберігати до 32 000 записів, які автоматично передаються через GPRS після відновлення зв'язку, що дозволяє зберегти інформацію про координати, дані датчиків та інші параметри. Трекер також може виконувати віддалений моніторинг стану двигуна, контроль дверей вантажного автомобіля та інші завдання.

Особливості: компактні розміри, легкий монтаж, підтримка GPS (за вимогою – ГЛОНАСС), можливість налаштування параметрів прийому та передачі даних (див. табл. 3.1).

Вбудовані функції: аналіз стилю водіння (прискорення, повороти, порушення), що допомагає знизити експлуатаційні витрати; контроль перевищення швидкості; онлайн-моніторинг; інтелектуальна система збору даних (час, відстань, кут, запалювання); передача даних через GPRS (TCP/IP); робота в роумінгу; реєстрація подій на I/O з передачею через GPRS або SMS; оптимізація GPRS-трафіку в зоні роумінгу.

Сфери застосування: системи моніторингу автотранспорту, допомога на дорогах, міжнародна логістика, відстеження легкових та комерційних автомобілів, управління автопарками.

Для моніторингу та передачі параметрів фізичного стану водія (ФСВ) у режимі реального часу використовувався наручний годинник, а для передачі зібраних даних на зовнішній сервер — мобільний телефон.

Для конвертації файлів із формату CSV у XLSM на мові програмування VBA (Visual Basic for Applications) були створені спеціальні програмні рішення.

3.2 Об'єкти експериментальних досліджень. Прилади та обладнання для оперативного контролю технічного стану транспортного засобу в умовах експлуатації

Експерименти проводилися на вантажному автомобілі марки Mercedes-Benz Actros 1841 LS.

Відома німецька автомобільна компанія Mercedes-Benz славиться високоякісною продукцією, що включає як легкові, так і вантажні автомобілі. Особливою популярністю користуються тягачі цієї марки з різними колісними формулами. Сідельний тягач Mercedes-Benz Actros 184 L має колісну формулу 4×2 і призначений для буксирування напівпричепів у складі автопоїзда на дорогах загального користування.

Цей вантажний автомобіль обладнаний комфортною двомісною кабіною зі спальними місцями, бортовою діагностичною системою, автономним обігрівачем, електроприводом дзеркал і стекол, холодильником, кондиціонером, ресорною або

пневматичною підвіскою, блокуванням диференціалу, паливним баком об'ємом 650 літрів, спойлером та дисковими гальмами. Тягач оснащується сучасною гальмівною системою з ABS та ASR, автоматичним регулюванням гальм, системою протидії відкату, спіральними шлангами, стабілізаторами передньої та задньої осі, а також багатофункціональним кермом.

Mercedes-Benz Actros 184 L відрізняється надійною ходовою частиною, високим рівнем безпеки, стійкістю на дорозі та підвищеною прохідністю. Він сумісний із напівпричепами різних виробників, як вітчизняних, так і зарубіжних. Тягач обладнаний потужним двигуном великого робочого об'єму, високою кабіною, ергономічною панеллю приладів, півсферичним дефлектором для запобігання запотіванню скла та сидіннями з пневматичною підвіскою. Для зниження витрати палива і оптимізації управління автомобілем використовується автоматизована коробка передач Mercedes PowerShif 2.

Стандартне обладнання та оснащення транспортного засобу Mercedes-Benz Actros 184 L включає: вигнуту балку переднього моста; головну передачу з передаточним числом $i = 2,846$ (HL6); передню вісь на 7,5 т і задній міст H6 на 13 т із веденою шестернею 440 мм; блокування диференціала заднього моста; блок підготовки повітря з підігрівом; дискові гальма на передній та задній осях; гальмівну систему Telligent з ABS та ASR; двоконтурну пневматичну гальмівну систему з автоматичним регулюванням гальм; роз'єми для двоконтурної гальмівної системи причепа; спіральні шланги та кабелі для з'єднання з причепом; противідкатну систему; рульове управління LS6/LS8; стабілізатори передньої та задньої осі; регульовану рульову колонку та багатофункціональне рульове колесо; 15-контактний роз'єм для причепа; електросклопідйомники дверей; дзеркала водія та пасажирів з широким кутом огляду, обігрівом та електроприводом; рампове дзеркало; центральний замок; повітряний фільтр та систему вентиляції кабіни; систему опалення та кондиціонування; комбіновану приладову панель з графічним дисплеєм; модульний тахограф (1 день + 2 водія); показники зовнішньої температури та витрати палива; фари з прозорою оптикою, лампи освітлення сходів, переривник для додаткових показників повороту; круїз-контроль TEMPOMAT; повітрязабірник та фільтр на рамі; двигун Євро 3, V6, LA, 300 кВт / 408 к.с., 1800 об/хв; однопоршневий компресор без обмежувача максимального тиску; систему підігріву палива; моторне гальмо з постійним дроселем; антимоскітну сітку; систему охолодження коробки передач; задню підвіску з двома пневмоелементами; колісні диски 9.00x22.5; запасне колесо з тримачем; відкидне пасажирське сидіння та водійське сидіння з пневмопідвіскою Isringhausen; заходи зі зниження шуму відповідно до ЄС 96/20; гарантію на двигун і трансмісію 3 роки або 450 000 км; сходи та майданчик за кабіною; передній нижній обтічник; комплект інструментів і домкрат 12 т. Виконання та оснащення автомобіля могли відрізнитися залежно від країни призначення та були адаптовані для правостороннього руху.

Транспортний засіб мав штатне оснащення у частині двигуна та конструкції автомобіля.

3.2 Методика проведення експериментальних досліджень технічного стану транспортного засобу в реальних умовах експлуатації

Водій, транспортний засіб із двигуном внутрішнього згоряння, причеп, а також перелік датчиків та ліній систем стандарту OBD-II утворили сукупність I – внутрішні мережі транспортного засобу (ВМ ТЗ) (Рис. 3.7). Трекер у вигляді контролера-сканера з бортовим інтелектуальним діагностичним комплексом та засобом контролю РПВВ сформував сукупність II – автоматизований комплекс дистанційного контролю та обстеження технічного стану водія, причепа, РПВВ, двигуна та транспортного засобу (АК ДКОТС) (Рис. 3.7). Web-сервер із базою даних та автоматизованим робочим місцем внутрішньої мережі склав сукупність III – автоматизоване робоче місце інженера-механіка технічної служби (АРМ ІМТС) (Рис. 3.7). Інтелектуальний програмний комплекс «СМV» разом із програмним забезпеченням та учасниками процесу експлуатації автотранспорту утворюють сукупність IV – АСВР УЕТЗ (автоматизована система визначення працездатності та управління експлуатацією транспортних засобів) (Рис. 3.4).

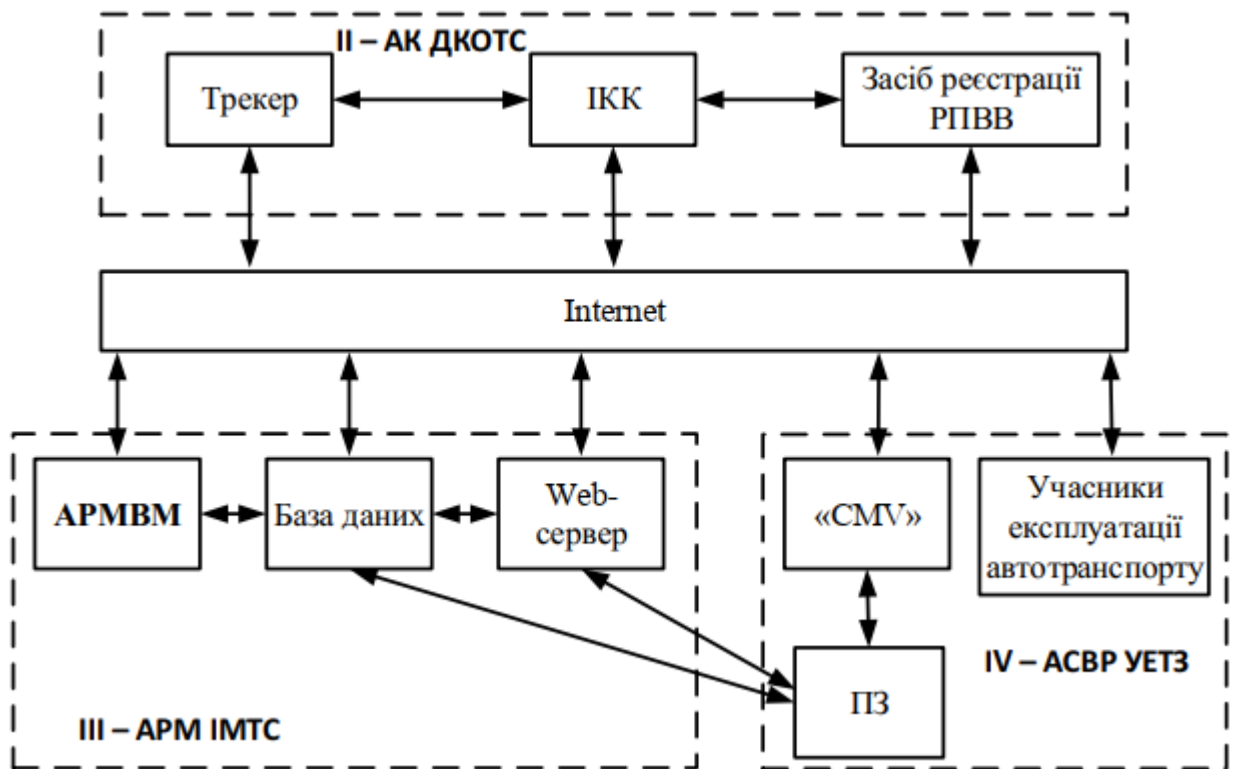


Рисунок 3.7 – Схема інформаційного обміну між компонентами системи оперативного контролю технічного стану транспортного засобу під час експлуатації

Інформація про зміну параметрів вантажного транспортного засобу (Рис. 2.3) зчитується за допомогою адаптера (сканера) OBD-II для вантажних ТЗ, що відповідають стандарту OBD-II, із сукупності I — внутрішніх мереж ТЗ за допомогою встановлених датчиків. При підключенні адаптера (сканера) OBD-II до відповідного пристрою через USB, Wi-Fi або Bluetooth (Рис. 3.7), а також через інтегрований діагностичний комплекс (ІДК) сукупності II — автоматизованого комплексу дистанційного контролю та обстеження технічного стану ТЗ, отримані дані передаються на III — автоматизоване робоче місце інженера-механіка технічної служби, після чого надходять до Web-сервера та бази даних. При цьому, залежно від поставлених завдань під час експлуатації ТЗ, інформація може бути передана також на автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі (Рис. 3.7).

Зокрема, через адаптер OBD-II з внутрішньої мережі ТЗ отримуються дані з додаткових датчиків, такі як витрата палива (GT), витрата повітря (GB), частота обертання двигуна, швидкість ТЗ (V), кут повороту органу керування ($\Theta_{ок}$), температура охолоджуючої рідини ($t^{\circ}C$) та інші параметри. Дані передаються через контролер-сканер (трекер) разом із GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet або локальною мережею до автоматизованого комплексу дистанційного контролю.

Аналогічним чином відбувається моніторинг режимів роботи та відпочинку водія (РПВВ). Фізичний стан водія, включаючи пульс, артеріальний тиск, рівень стресу та втому, контролюється за допомогою додаткових датчиків, встановлених на транспортному засобі.

Автоматизоване робоче місце внутрішньої мережі системи дистанційного контролю може перебувати у підключеному або відключеному стані. Відповідно, управління, працездатність ТЗ та режим роботи і відпочинку водія здійснюються автоматично або в автоматизованому режимі. Основна різниця між цими режимами полягає у підключенні «CMV» та коригуванні спектра експлуатаційних умов ТЗ, ФСВ і РПВВ.

Інформація передається від Web-сервера та баз даних через GPRS, GPS, ГЛОНАСС, a-GPS, SBAS, Internet або локальні мережі до інтелектуального програмного комплексу «CMV» та учасників процесу експлуатації транспортних засобів у складі IV — автоматизованої системи визначення працездатності й управління експлуатацією транспортних засобів.

Принцип роботи ІКК базується на визначенні параметрів ТЗ, РПВВ, ВТЗ та причепу, точному визначенні місця розташування кожного вантажного ТЗ та передачі цих даних на III — автоматизоване робоче місце інженера-механіка технічної служби. Через GPRS-приймач ІКК визначаються координати та точний час на основі даних навігаційних супутникових систем.

Обмін інформацією відбувається між III — автоматизованим робочим місцем інженера-механіка, IV — автоматизованою системою управління експлуатацією транспортних засобів і II — автоматизованим комплексом дистанційного контролю та обстеження технічного стану вантажного ТЗ через GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet або локальні мережі (Рис. 3.7). Це забезпечує передачу цифрових, відео- та

голосових даних.

ІДК є інтелектуальним пристроєм, здатним самостійно контролювати РПВВ та технічні параметри ТЗ з ДВЗ під час руху. В його пам'яті закладається перелік контрольованих даних, про зміни яких можливо повідомити водія або інженера-механіка техслужби. Під час роботи підтримується постійний двосторонній зв'язок.

Сформована система оперативного контролю технічного стану ТЗ в умовах експлуатації призначена для вирішення виробничих завдань автомобільного транспорту та оптимізації роботи парку вантажних ТЗ. Вона забезпечує комплексний моніторинг і управління життєвим циклом ТЗ на етапі експлуатації, включаючи безперервне спостереження за станом ТЗ, РПВВ та фізичним станом водія.

3.3 Методика проведення експериментальної роботи з використанням комплексу CMV на автоматизованому робочому місці дослідної системи моніторингу

Для проведення дослідження були використані технічні можливості розробленого ІКК «CMV». Обмін інформацією в системі моніторингу відбувався через мережі зв'язку, що дозволяє передавати цифрові, відео- та голосові дані. Вихідні параметри ТЗ та дані для роботи ІКК в складі АК ДКОТС зберігаються в пам'яті системи. Для зручності оперативного управління забезпечено двосторонній зв'язок між АРМ ІМТС та АСВР УЕТЗ (див. рис. 3.7).

Основною метою дослідження було забезпечення працездатності розробленої інформаційної системи та належної взаємодії даних моніторингу технічного стану ТЗ, причепа, РПВВ та ФСВ.

Під час моніторингу технічного стану ТЗ, причепа, РПВВ та ФСВ зчитувались дані з штатних та додаткових датчиків. Отримана інформація проходила алгоритмічну обробку для формування повідомлень і масивів даних, які передавались на сервер та до автоматизованого робочого місця інженера-механіка технічної служби, а також до учасників процесу експлуатації транспортних засобів.

Після запуску програмного забезпечення на екрані монітора працівника автоматизованого робочого місця інженера-механіка з'являється стартове вікно «CMV» => «Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ), причепа і водія» (рис. 3.8). Це вікно містить інформацію про номер державної реєстрації ТЗ або VIN-код ТЗ, номер реєстрації або VIN-код причепа, а також дані про ідентифікацію водія, включаючи ППП, дані про дозвільні документи, кваліфікацію тощо.

Також є можливість використовувати вікно користувача для налаштування експлуатаційних умов (ЕУ) ТЗ, що дозволяє підключати різні джерела інформації через розділ «Умови експлуатації ТЗ» > «Підключення джерел інформації» (див. рис. 3.8). Користувач може вибирати підключення до таких параметрів експлуатації ТЗ:

- стан і положення ТЗ та причепа;

- стан водія;
- транспортні умови;
- дорожні умови;
- ідентифікація ТЗ та причепа;
- РПВВ.

Цю інформацію можна вводити один раз під час реєстрації ТЗ в системі «СМV» через сервер за допомогою мережі Інтернет або використовувати вже наявні дані з бази даних через Інтернет та користувацькі програми. Зокрема:

- номер державної реєстрації ТЗ, який може включати цифри, літери та знаки;
- VIN-код ТЗ;
- список працівників підприємства.

Після підключення через додаткові кнопки, що відповідають параметрам стану і положення ТЗ, транспортним умовам, стану водія, атмосферно-кліматичним умовам, дорожнім умовам, ідентифікації ТЗ та причепу, а також РПВВ, можна здійснити підключення джерел інформації для визначення ЕУ ТЗ.

Після відкриття робочої області та реєстрації ТЗ (або пошуку вже зареєстрованого ТЗ) відкривається робоче вікно «СМV» => «Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ), причепу та екіпажу» => Інформація вихідна в умовах ITS з розширеною робочою областю (див. рис. 3.9).

На цьому етапі одноразово вводиться така інформація:

- марка ТЗ (наприклад, Mercedes-Benz Actros, вводиться користувачем);
- марка причепа;
- група ТЗ (легкові автомобілі, автобуси масою 2,5–5,0 т, автобуси масою більше 5 т (дизелі), вантажні автомобілі масою менше 3,5 т, вантажні автомобілі масою 3,5–12,0 т, вантажні автомобілі масою більше 12 т (дизелі));
- тип ТЗ;
- тип причепа;
- модифікація ТЗ (базовий автомобіль, сідельний тягач з одним або двома причепами, самоскид з 1 або 2 причепами, спеціалізований);
- модифікація причепа;
- рік випуску ТЗ (вибирається користувачем);
- рік випуску причепа (вибирається користувачем);
- ППП водія №1 або №2 (вводиться вручну або обирається зі списку);
- наявність приладів забезпечення контролю ФСВ водія №1 або №2 (вибирається користувачем).

Якщо інформацію необхідно відредагувати, слід натискати кнопку «Редагувати». Після перевірки даних, потрібно натиснути кнопку «Так» (див. рис. 3.9). Наступним кроком буде заповнення форми. (рис. 3.10).

CMV

Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ), причепу і водія

ТЗ

Номер державної реєстрації ТЗ: AA5106TA

або VIN-код ТЗ: WDB93403210201120

Прицеп

Номер державної реєстрації причепу: AA9711XP

або VIN-код причепу: WKESD000000892999

Ідентифікація водія: Зінченко Сергій Петрович

Умови експлуатації ТЗ

Підключення джерел інформації

- Параметри стану і положення ТЗ і причепу
- Параметри стану водія
- Транспортні умови
- Атмосферно-кліматичні умови
- Дорожні умови
- Ідентифікація ТЗ
- РПВВ

Далі >

Рисунок 3.8 – Початкове вікно програмного забезпечення

CMV

Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ), причепу і водія

Інформація вихідна в умовах ITS

Номер державної реєстрації ТЗ: AA5106TA

або VIN-код ТЗ: WDB93403210201120

Марка ТЗ: Mercedes-Benz Actros 3 1

Група ТЗ: вантажний

Тип ТЗ: вантажний - НЗ

Модифікація ТЗ: базовий

Рік випуску: 2017

Ідентифікація водія 1: Зінченко Сергій Петрович

Контроль ФСВ водія 1: Так Ні

Номер державної реєстрації причепу: AA9711XP

або VIN-код причепу: WKESD000000892999

Марка причепу: Alka

Тип причепу: напівприцеп - O4

Модифікація причепу: базовий

Рік випуску причепу: 2016

Ідентифікація водія 2: Петренко Василь Володимир

Контроль ФСВ водія 2: Так Ні

Підтвердити дані

Далі >

Рисунок 3.9 – Робоче вікно з розширеною інформацією про ТЗ, причеп і екіпаж

Виводиться робоче вікно ПК з розширеною областю «СМV» => «Ідентифікація транспортного засобу (ТЗ), причепу і водія» => База даних для обробки GPS-даних. Далі проводиться одноразове введення наступної інформації:

- номер двигуна ТЗ (вводиться користувачем самостійно або через Інтернет за допомогою відповідних сайтів);
- тип палива двигуна (бензин, газ, дизель тощо);
- екологічний клас двигуна ТЗ (Євро-1, Євро-2, Євро-3, Євро-4, Євро-5, Євро-6);
- об'єм двигуна ТЗ (вводиться користувачем самостійно);
- витрата палива двигуном ТЗ (цифри, що вказані в паспорті двигуна, вводяться користувачем).

Натискання кнопки «Параметри причепу» переміщає користувача до підвікна (рис. 3.11) «СМV» => «Параметри причепу» => «База даних параметрів причепу», де знову відбувається одноразове введення інформації, зокрема:

- стан будки (відкрито/закрито), отримане від додаткових датчиків.

Рисунок 3.10 – Вікно ПК з розширеною робочою областю.

Робоче вікно. Моніторинг параметрів причепу

CMV
Моніторинг параметрів причепу ТЗ
База даних параметрів причепів ТЗ

Номер державної реєстрації причепу або VIN-код причепу: AA9711XP / WKESD00000892999

Відкрита (закрита) будки, кількість: -

Температура у термобудці (°C): -

Кількість зчеплень з ТЗ за рейс: 1

Разом: 1

Сформувати звіт

Початок дата: 20.04.2021 час: 14:45:31

Кінець дата: 20.04.2021 час: 17:23:45

Друк звіту

< Назад Далі >

Параметри причепу **Формування звіту** **Кнопки «Назад» та «Далі»**

Рисунок 3.11 Робоче вікно ІКК для моніторингу параметрів причепа

Номер державної реєстрації або VIN-код причепа вводиться у відповідному робочому вікні з розширеною робочою областю «Інформація про ТЗ, причеп і екіпаж». Користувач має можливість сформулювати звіт за вибраний період та роздрукувати його або перейти до попереднього чи наступного етапу.

За допомогою кнопки «Параметри ФСВ» можна перейти до підвікна ІКК (рис. 3.12) «СМV» => «Моніторинг параметрів ФСВ у складі екіпажу» => «База даних обробки параметрів ФСВ». Тут вводяться дані про фізичний стан кожного водія, що відповідають встановленим нормам, зокрема:

- пульс водія (вводиться на основі результатів медичного огляду);
- тиск водія (вводиться на основі результатів медичного огляду);
- параметри стресу водія (вводяться за результатами медичного огляду);
- стомленість водія (розраховується на основі пульсу, тиску, рівня стресу та стилю водіння ТЗ).

Фактичні показники ФСВ знімаються за допомогою датчиків, встановлених у наручному годиннику Gear Sport марки Samsung із програмою Samsung Health, та передаються через смартфон в ІКК «СМV». Це включає:

- пульс водія (дані з датчиків);
- тиск водія (дані з датчиків);
- параметри стресу водія (дані з датчиків);
- стомленість водія (розраховується на основі пульсу, тиску, стресу та стилю водіння ТЗ).

Різниця між нормальними та фактичними показниками ФСВ обчислюється таким чином:

- Δ пульсу водія;
- Δ тиск водія;
- Δ параметрів стресу водія;
- Δ стомленості водія.

CMV
Моніторинг параметрів ФСВ у складі екіпажу ТЗ
База даних обробки ФСВ

Водій 1:
 Початок часового інтервалу дата: 20.04.2020 час: 14:45:31
 Кінець часового інтервалу дата: 20.04.2020 час: 17:23:45
 ПІП: Зінченко Сергій Петрович

Пульс	норма: 60	фактично: 72	Δ: +12
Тиск	норма: 120/80	фактично: 130/85	Δ: +10/5
Стрес	норма: -	фактично: -	Δ: -
Стомленість	норма: -	фактично: -	Δ: -

Водій 2:
 Початок часового інтервалу дата: 20.04.2020 час: 14:45:31
 Кінець часового інтервалу дата: 20.04.2020 час: 17:23:45
 ПІП: Петренко Василь Володимирович

Пульс	норма: 60	фактично: 66	Δ: +6
Тиск	норма: 120/80	фактично: 110/70	Δ: -10/10
Стрес	норма: -	фактично: -	Δ: -
Стомленість	норма: -	фактично: -	Δ: -

Підтвердити дані:

Рисунок 3.12 Робоче вікно ІКК для моніторингу параметрів фізичного стану водія (ФСВ)

Для здійснення моніторингу поточних параметрів стану транспортного засобу (ТЗ) користувач переходить до робочого вікна (рис. 3.13): «CMV» => Моніторинг параметрів стану ТЗ, причепа і ФСВ => Параметри технічного стану та положення ТЗ, причепа і ФСВ. В процесі моніторингу технічного стану ТЗ, причепа та фізичного стану водія (ФСВ) у верхній частині вікна відображаються основні технічні характеристики ТЗ. Сюди входять такі параметри: частота обертання колінчатого валу двигуна ТЗ (хв-1), тиск моторної оливи (за наявності необхідного значення, кольорове позначення: червоний — відсутність тиску, зелений — відповідність нормам), температура охолоджуючої рідини (°C), середня швидкість ТЗ (км/год). Для визначення цифрових значень цих параметрів на конкретну дату і час потрібно активувати функцію «сформувати звіт». Після цього з'являються поля для введення інформації про початок і кінець звіту. Користувач може переглядати зміни параметрів, використовуючи колесо прокрутки миші, і при необхідності роздрукувати звіт, натиснувши кнопку «друк звіту».

Кнопка «Показати тиск повітря» відкриває нове вікно (рис. 3.14): «CMV» =>

Моніторинг параметрів стану ТЗ, причепа і ФСВ => Моніторинг тиску повітря в шинах ТЗ і причепа. В цьому вікні показано значення тиску повітря в шинах, які отримуються від датчиків. Дані представлені для різних типів ТЗ: двоосний, триосний, чотириосний, а також для причепів (напівпричеп, причеп). Для кожної конструкції транспортного засобу обчислюється середній тиск у шинах. Це значення дублюється в попередньому вікні (рис. 3.14) «Робоче вікно ПК». Крім того, є можливість сформувати звіт за обраний період часу або перейти до попереднього чи наступного вікна за допомогою відповідних кнопок.

Для дослідження та оцінки експлуатаційних умов (ЕУ) у процесі моніторингу параметрів технічного стану ТЗ використовуються засоби моніторингу інфраструктури автомобільного транспорту та доріг, а також дані від тахографа і додаткових датчиків. Для формування звітів про моніторинг технічного стану ТЗ, причепа і РПВВ користувач переходить до робочого вікна (рис. 3.15): «CMV» => Моніторинг параметрів стану ТЗ, причепа і РПВВ => Параметри технічного стану ТЗ, причепа і РПВВ. У цьому вікні обираються дані для визначення інтервалу моніторингу ТЗ, після чого програма здійснює пошук відповідних даних для заданого періоду часу. Результати моніторингу технічного стану ТЗ, причепа і РПВВ відображаються в робочому вікні (рис. 3.15).

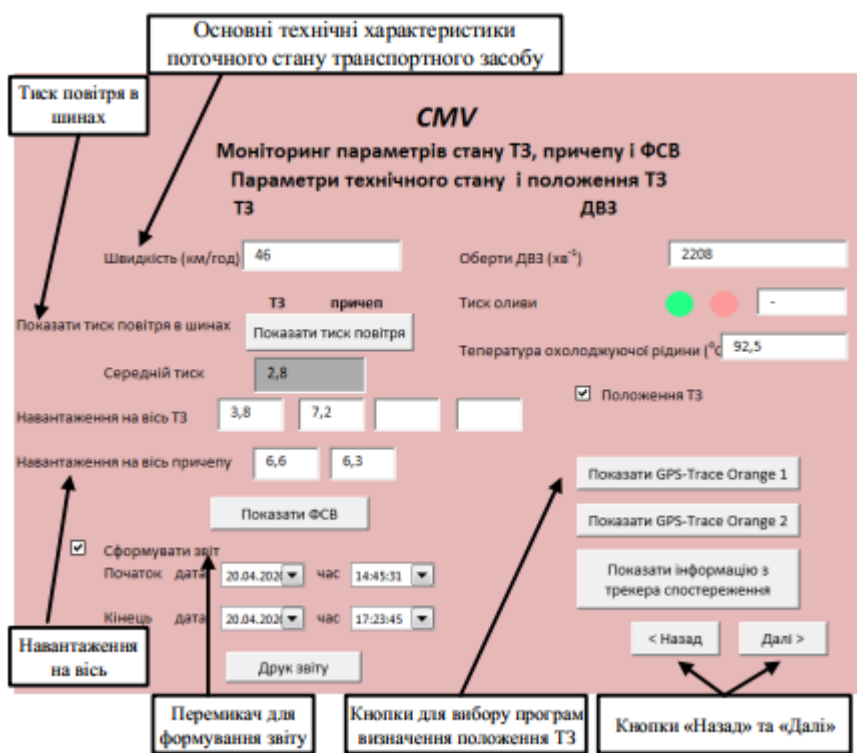


Рисунок 3.13 – Робоче вікно інтелектуального комплексу контролю

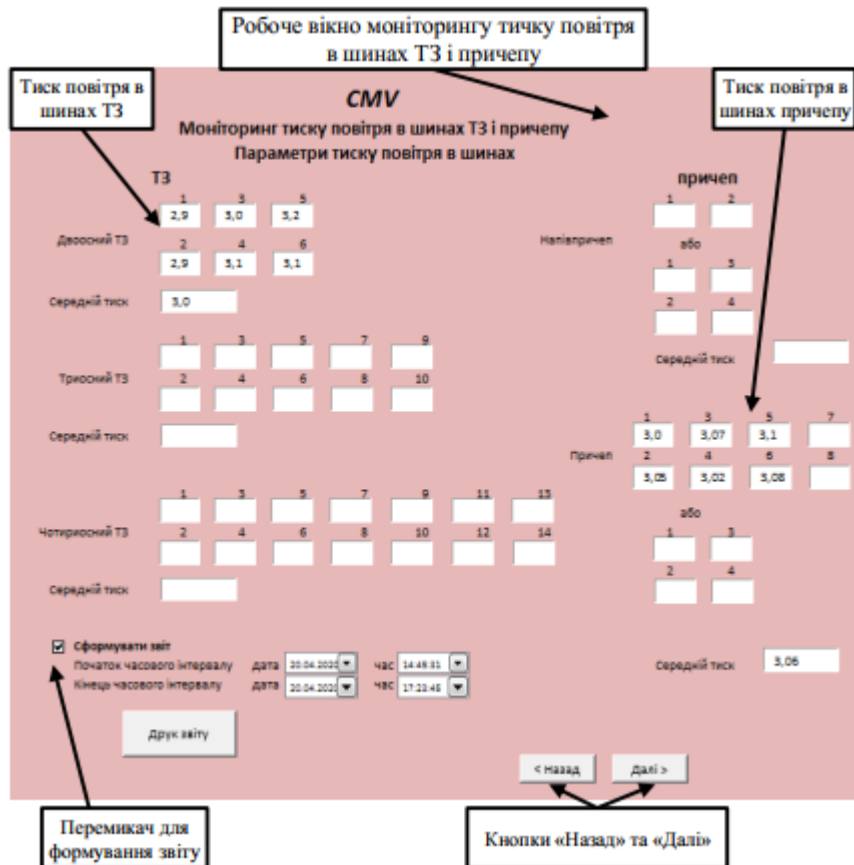


Рисунок 3.14 Робоче вікно ІКК. Моніторинг рівня тиску в шинах транспортного засобу та причепа

У верхній частині робочого вікна (рис. 3.15) вказуються дата і час для визначення меж початку і кінця часового інтервалу моніторингу. У цьому вікні також відображаються назви файлів з вихідними даними моніторингу. Після натискання кнопки «Огляд» у відповідному діалоговому вікні (рис. 3.15) з'являється повний перелік файлів моніторингу ТЗ для вказаного інтервалу часу. Дані, отримані в результаті моніторингу, повинні бути переконвертовані і підготовлені для подальшого використання відповідно до алгоритму обробки.

Для заданого часового інтервалу, при використанні програмного модуля Трекера спостереження, у нижній частині робочого вікна (рис. 3.15) відображаються результати моніторингу: загальна кількість повідомлень, пробіг за заданий період, часова зона клієнта, дата та час формування моніторингової інформації, загальний пробіг, середня та максимальна швидкість ТЗ, кількість поїздок, час простою і стоянок, час без GPS-сигналу, тиск у гальмівній системі, час роботи водія за рейс та загальний час, час відпочинку водія та інші показники, включаючи кількість порушень РПВВ.

Для друку результатів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ використовується кнопка «Друк» (рис. 3.15), а для вибіркового друку — кнопка «Перегляд друку». Для огляду результатів моніторингу застосовується кнопка «Огляд», а для формування підсумкового звіту — кнопка «Підсумковий звіт». При натисканні цієї кнопки

виводяться результати моніторингу для різних програмних модулів одночасно.

Для збору даних про технічний стан та діагностики ТЗ, а також для отримання і розшифрування кодів несправностей переходимо в робоче вікно, представлене на рис. 3.16: «CMV» => «Діагностика параметрів технічного стану ТЗ, причепа, ФСВ і порушень РПВВ» => «Програмні повідомлення про технічний стан і результати діагностики ТЗ, причепа, ФСВ і порушень РПВВ». Під час формування звітів про моніторинг і діагностику технічного стану ТЗ, причепа, ФСВ і РПВВ відображаються програмні повідомлення про технічний стан та результати діагностики, отримані з тахографа і ФСВ.

Процес діагностики починається після натискання кнопки «Оновити» (рис. 3.16). Після цього система проводить пошук і відображає кількість знайдених кодів помилок у вікні «Наявність помилок і несправностей». Для перегляду журналу несправностей за відповідний період можна натискати кнопку «Завантажити журнал несправностей» (рис. 3.16).

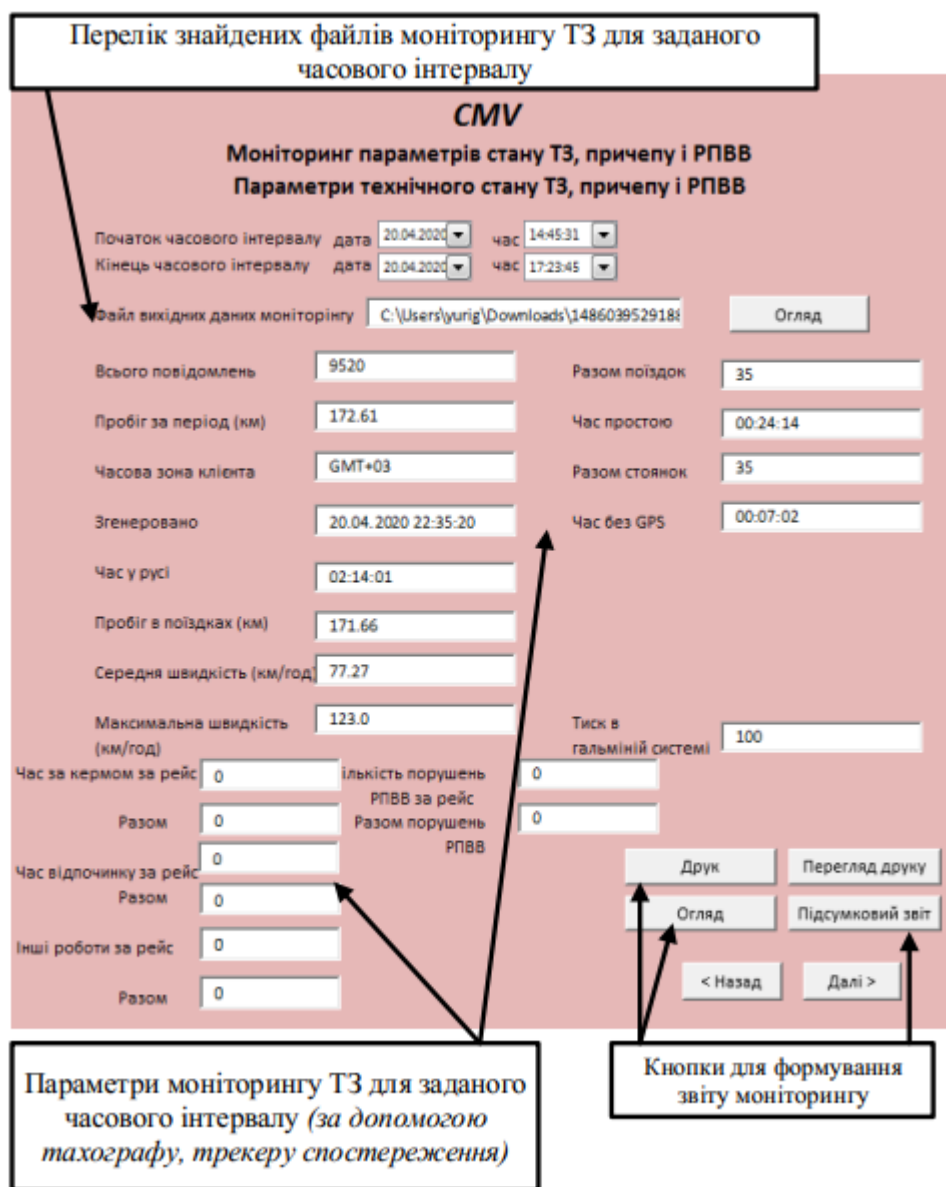


Рисунок 3.15 – Робоча область ІК

Після натискання кнопки «Отримати коди несправностей» у вікні «Коди несправностей» (рис. 3.16) відображаються знайдені коди несправностей транспортного засобу, якщо вони є. Для детальнішого роз'яснення кодів та їхнього розшифрування можна скористатися базою даних підприємства, з яким інтегровано ІПК «СМV». Для цього потрібно натискати кнопку «Пошук в базі» (рис. 3.16), і в результаті вікно поряд з «Кодами несправностей» відобразить детальні пояснення щодо змісту кодів із бази ІПК. Якщо отриманої інформації з бази ІПК недостатньо для точного визначення причини несправностей, можна натискати кнопку «Передати отриману інформацію в АРМ ІМТС» (рис. 3.16), щоб передати дані на робочий стіл комп'ютера АРМ ІМТС для подальшої обробки. Якщо й цього недостатньо, через робоче вікно програми можна повернутися до попередніх екранів (рис. 3.13 або 3.15) для перегляду даних моніторингу. Це можна зробити після натискання кнопки «Переглянути результати моніторингу» (рис. 3.16). Також ці вікна використовуються для діагностики несправностей ТЗ за допомогою програмних модулів Трекера спостереження.



Рисунок 3.16 – Робоче вікно діагностування

Інформація про відхилення фізичного стану водія (ФСВ) від норми та порушення режиму праці і відпочинку водія (РПВВ) отримується за аналогією. Після натискання кнопки «Отримати коди несправностей» ці відхилення та порушення відображаються у відповідних вікнах. Якщо неможливо самостійно визначити статус несправностей ТЗ,

відхилень ФСВ або порушень РПВВ, при натисканні кнопки «Запропонувати варіант подальших дій» (рис. 3.16) система надає рекомендовані варіанти дій через ІПК «СМV». Також через ІПК є можливість передати повідомлення водію (наприклад, через SMS або телефонний дзвінок) або заблокувати функціонування ТЗ за допомогою відповідних кнопок в робочих вікнах (рис. 3.13).

Усі параметри стану ТЗ зберігаються в базі даних ІПК «СМV» на всіх етапах роботи системи. Це включає:

- результати трекінгу та моніторингу ТЗ, причепу, ФСВ та РПВВ, отримані з повідомлень і даних про технічний стан та діагностичні результати;
- розшифровані коди несправностей;
- оброблені звіти GPS-даних трекінгу та моніторингу ТЗ, що надійшли в робочі папки користувача, БІНК ТЗ, АРМ ІМТС та серверну частину ІПК.

Висновки по 3 розділу

Для створення інформаційної системи моніторингу вантажних транспортних засобів (ТЗ) в умовах інтелектуальних транспортних систем (ITS) була розроблена загальна методика побудови та моделювання системи оперативного дистанційного моніторингу технічного стану ТЗ під час експлуатації. Для формування експериментальної інформаційної системи, що забезпечує аналіз та взаємодію ТЗ з оточуючим середовищем, зокрема в умовах впливу режиму праці і відпочинку водія (РПВВ) та фізичного стану водія (ФСВ), були визначені принципи системної взаємодії та запропонована методика моделювання інформаційної системи моніторингу ТЗ на основі бортового комплексу rS. Розроблена система забезпечує оперативний контроль технічного стану ТЗ, поведінки водія та умов експлуатації вантажного ТЗ у змінних умовах.

Також була розроблена схема інформаційного обміну між елементами ITS для дистанційного моніторингу технічного стану ТЗ в процесі експлуатації. У цій схемі запропоновано системну взаємодію основних складових процесу моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з урахуванням впливу РПВВ та ФСВ.

Структура і взаємозв'язок функціональних можливостей інтелектуального комунікаційного комплексу (ІКК) для отримання інформації про технічний стан ТЗ базується на таких ключових задачах бортового ІКК, як визначення місцезнаходження ТЗ, моніторинг параметрів технічного стану ТЗ, РПВВ і ФСВ.

Також були розроблені алгоритми ідентифікації ТЗ, що дозволяють автоматизувати процес моніторингу технічного стану ТЗ в межах ІКК «СМV» за допомогою засобів ITS.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І РОЗРАХУНКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СИСТЕМІ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

4.1 Висновки з експериментальних досліджень

Одним з ключових техніко-економічних показників, що оцінює ефективність роботи транспортного засобу, є його швидкість руху. Існують два типи швидкості: експлуатаційна та технічна.

Експлуатаційна швидкість визначається як середня швидкість автомобіля протягом всього часу, коли він перебуває на лінії. Відмінність між експлуатаційною і технічною швидкостями полягає в тому, що при розрахунку експлуатаційної швидкості враховується весь час, витрачений автомобілем на рейс, включаючи час зупинок та інші фактори, які можуть впливати на його рух.

Експлуатаційна швидкість автомобіля обчислюється за формулою:

$$V_{\text{Експ}} = S / t_{\text{лін}}, \quad (4.1)$$

де S — відстань, подолана автомобілем (пробіг);

$t_{\text{лін}}$ — час перебування автомобіля на лінії, год.

Технічна швидкість — це середня швидкість автомобіля під час його руху. Вона обчислюється за наступною формулою:

$$V_{\text{тех}} = S / t_{\text{рух}}, \quad (4.2)$$

де S — відстань, яку подолав автомобіль (пробіг), км;

$t_{\text{рух}}$ — час, протягом якого автомобіль рухався, включаючи зупинки в очікуванні відновлення руху, год (без врахування часу на завантаження та розвантаження).

Значення технічної швидкості залежить від технічного стану автомобіля, стану та профілю дороги, а також інтенсивності руху на маршрутах вантажних перевезень. Технічна швидкість безпосередньо впливає на такий важливий техніко-економічний показник, як витрата палива. Вибір оптимального режиму руху, з урахуванням цих факторів, залежить від кваліфікації водія, його фізичного стану та рівня втоми.

Існують різні способи дослідження та визначення швидкості руху і витрати палива ТЗ. Один з них полягає у вимірюванні параметрів руху ТЗ на всій ділянці маршруту, яка розбивається на пропорційні відрізки. Інший метод — розподіл маршруту на геозони, що дозволяє враховувати специфічні умови на окремих ділянках дороги.

4.2 Аналіз руху транспортного засобу на всій ділянці маршруту

Для аналізу можливостей систем контролю технічного стану сучасних вантажних

транспортних засобів спочатку було проведено моніторинг параметрів технічного стану ТЗ та РПВВ. Об'єктом експериментальних досліджень став вантажний транспорт Mercedes-Benz Actros 1841LS, реєстраційний номер КА5315РО. Оперативні дослідження проводились на маршруті Амстердам (Нідерланди) – Київ (Україна). Протягом руху ТЗ (відстань 3034,66 км) здійснювався контроль і реєстрація основних експлуатаційних параметрів транспортного засобу, фізичного стану водія (ФСВ) та режиму праці та відпочинку водія (РПВВ) за допомогою існуючих методів спостереження в реальному часі в Україні. Основні результати моніторингу для ТЗ Mercedes-Benz Actros 1841LS наведено в табл. 4.1 та на рис. 4.1.

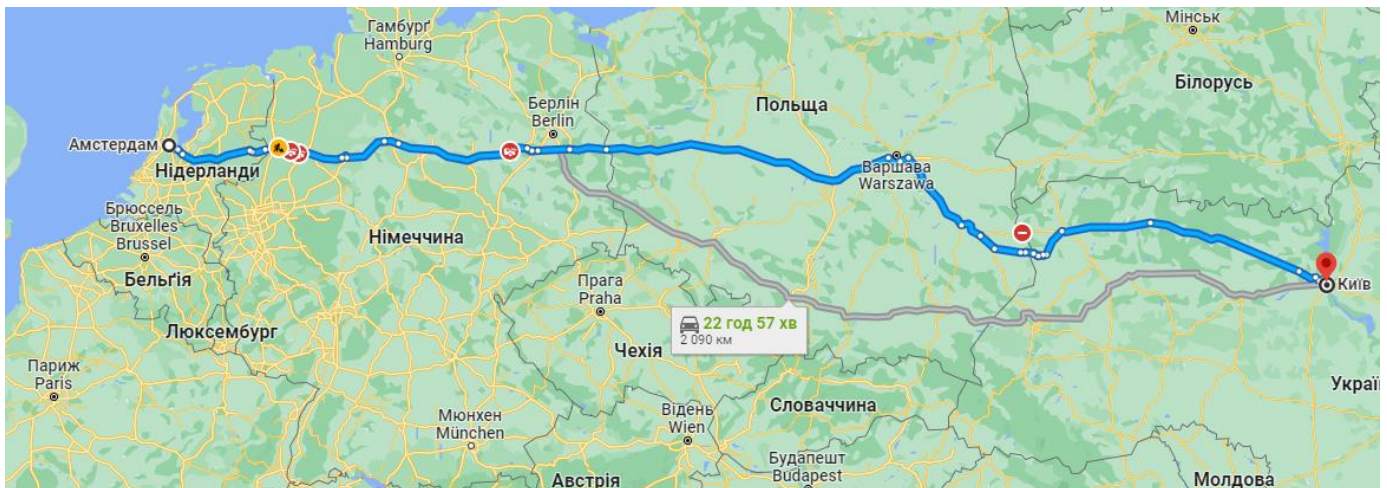


Рисунок 4.1 Дослідний маршрут Амстердам (Нідерланди) – Київ (Україна) був представлений у вигляді трекінгу транспортного засобу на мапі спостереження під час рейсу

На рис. 4.2 представлені основні результати моніторингу витрати палива та параметрів РПВВ під час проведення дослідного спостереження.

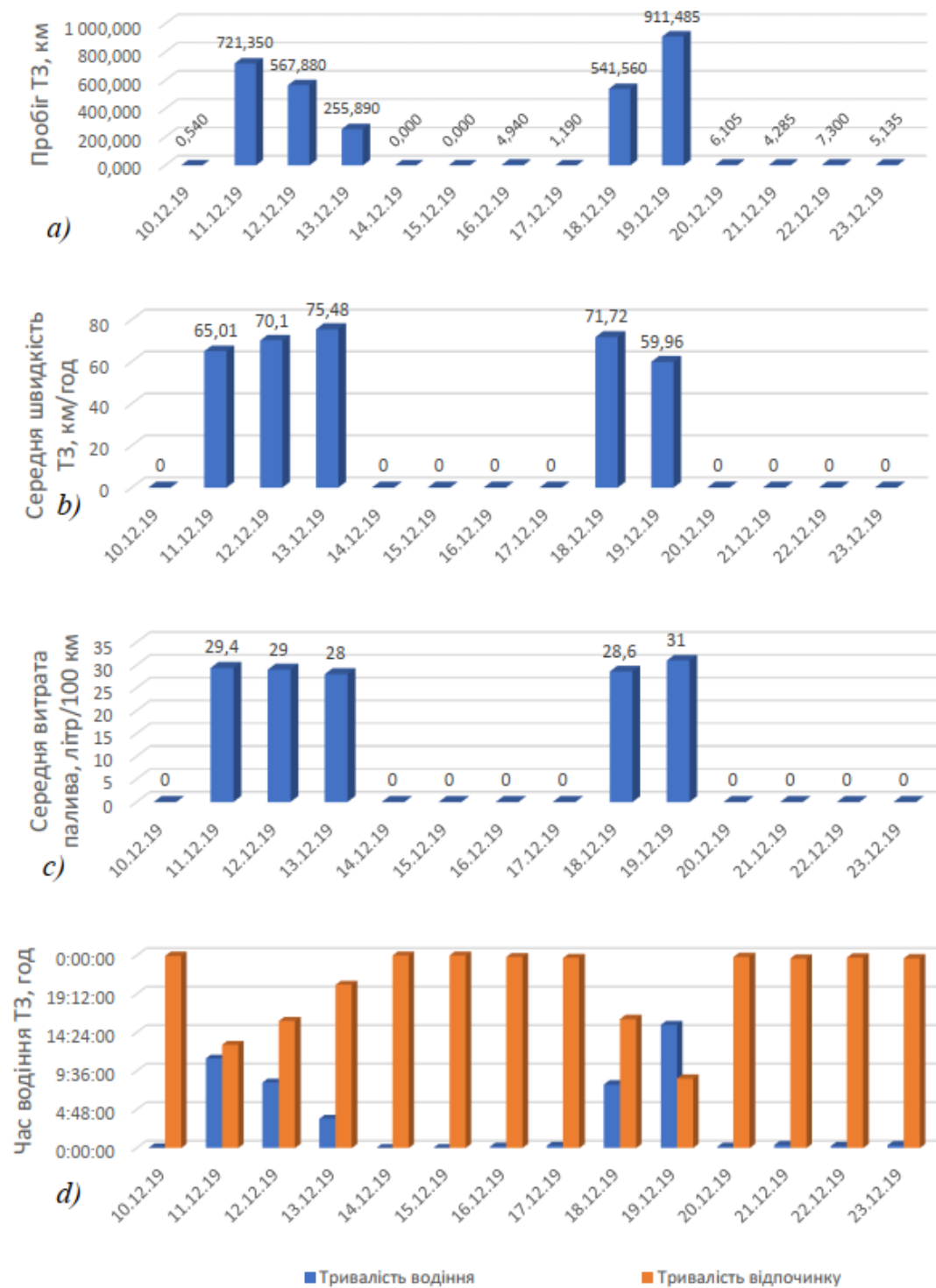


Рисунок 4.2 Моніторинг ключових параметрів експлуатації ТЗ:

а) дані про пробіг ТЗ під час спостереження, б) середня швидкість, в) середня витрата палива, г) результати реєстрації основних режимів роботи та відпочинку водія протягом періоду спостереження.

Другий метод дослідження швидкості руху та витрати палива ТЗ, який передбачає розподіл дільниці на пропорційні частини, має основні недоліки. Зокрема, хоча він дозволяє оцінити транспортні, дорожні та природно-кліматичні умови, він не

дає можливості визначити умови експлуатації ТЗ залежно від швидкості. Тобто, за результатами першого та другого етапів дослідження неможливо точно оцінити умови експлуатації вантажного ТЗ. Для цього необхідно вивчити швидкісний режим ТЗ, зміну витрат палива, а також визначити коефіцієнт використання швидкості. Крім того, потрібно сформувати геозони по всьому маршруту ТЗ, відокремлюючи їх в залежності від швидкісного режиму, зокрема, для руху в межах міста та за його межами..

4.3 Дослідження руху ТЗ на окремих ділянках з застосуванням геозон під час їх формування

На другому етапі експерименту було проведено дослідження основних техніко-економічних показників ТЗ протягом всього маршруту, який був поділений на ділянки з урахуванням формування геозон. Основним орієнтиром при створенні геозон було обмеження швидкості: у межах міста — 50 км/год, за містом — залежно від країни, це могли бути 80, 90 або 100 км/год. Процес формування геозон ґрунтувався на швидкості руху та полягав у визначенні точок на маршруті, де швидкісні обмеження починаються і закінчуються.

Після аналізу умов експлуатації ТЗ, що базувався на звітах системи CMV, було сформовано 240 геозон, з координатами початку і кінця, наведені в таблиці 4.2. Оскільки маршрут проходив через кілька країн, швидкість у геозонах визначалася відповідно до міжнародних правил дорожнього руху. У містах по всіх країнах обмеження становило 50 км/год, за межами міста: у Нідерландах та Польщі — 80 км/год, в Німеччині на автобанах — 100 км/год, а на звичайних дорогах — 80 км/год; в Україні — 90 км/год.

Під час всього дослідження експлуатаційних умов ТЗ здійснювався постійний моніторинг технічного стану ТЗ, фізичного стану водія та РПВВ. Порівнюючи результати моніторингу, на основі отриманих даних було визначено зміну умов руху ТЗ та сформовано вихідні дані для подальшого розрахунку параметрів.

Після обробки даних та отримання фінального звіту, враховуючи геозони, були отримані залежності зміни швидкості руху ТЗ в залежності від розташування ділянки маршруту, відстані та часу руху, які показано на рис. 4.4. Також були визначені залежності витрати палива від відстані та часу руху, що відображено на рис. 4.5.

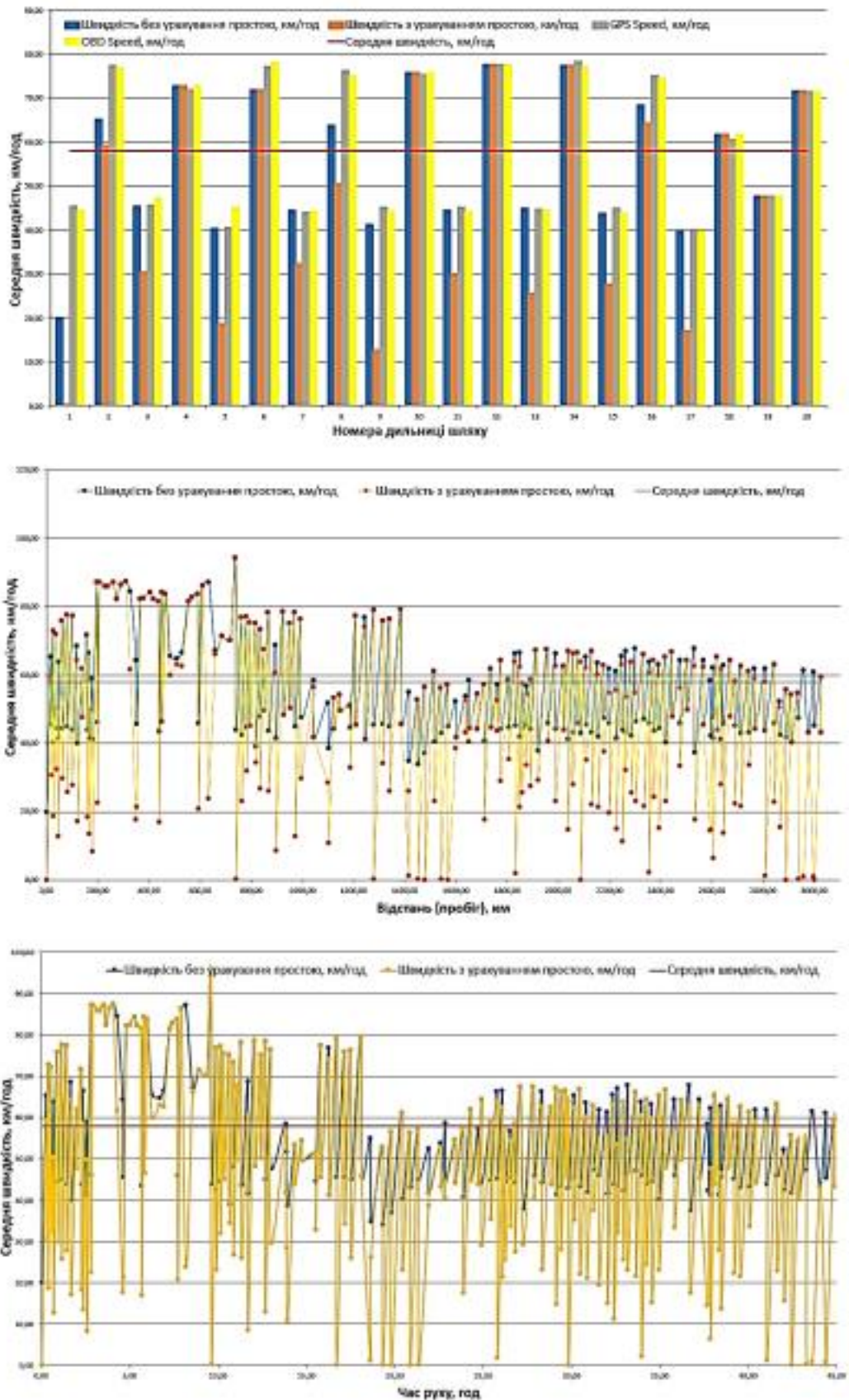


Рисунок 4.4 Результати дослідження зміни середньої швидкості руху ТЗ на дослідних ділянках в залежності від: а) положення ділянки; б) відстані шляху; с) часу руху.

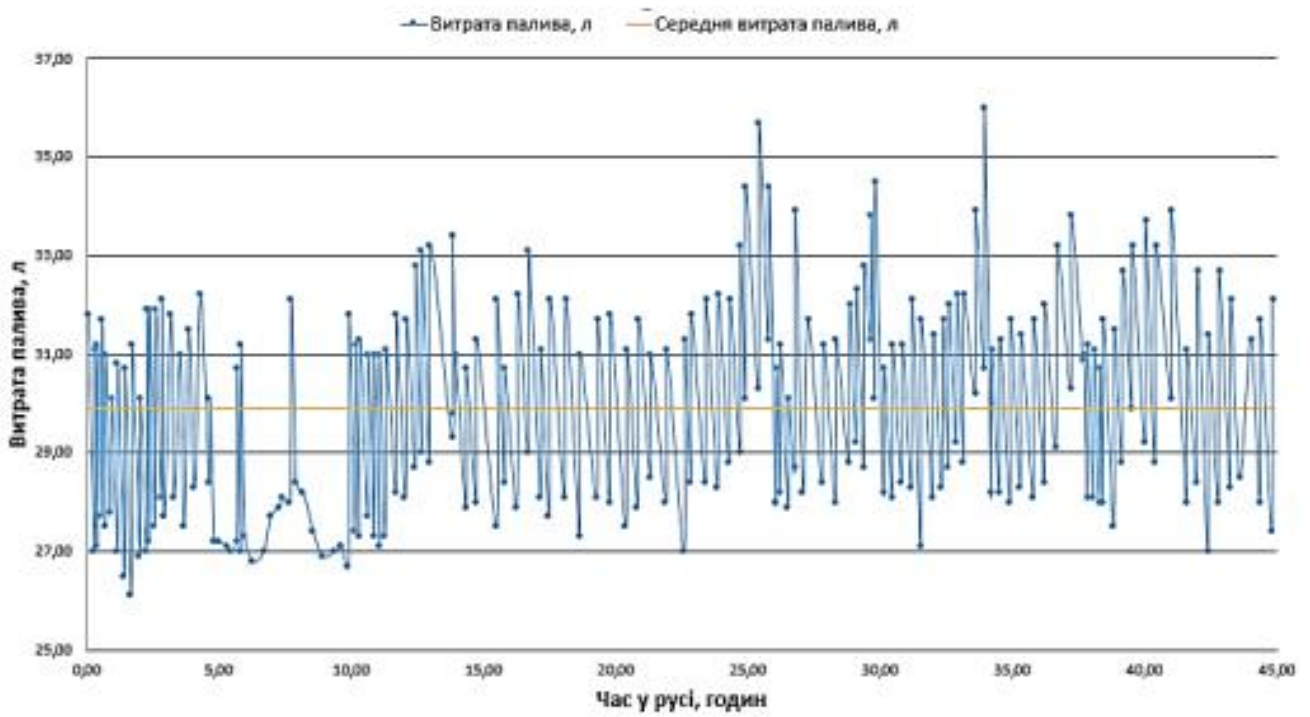
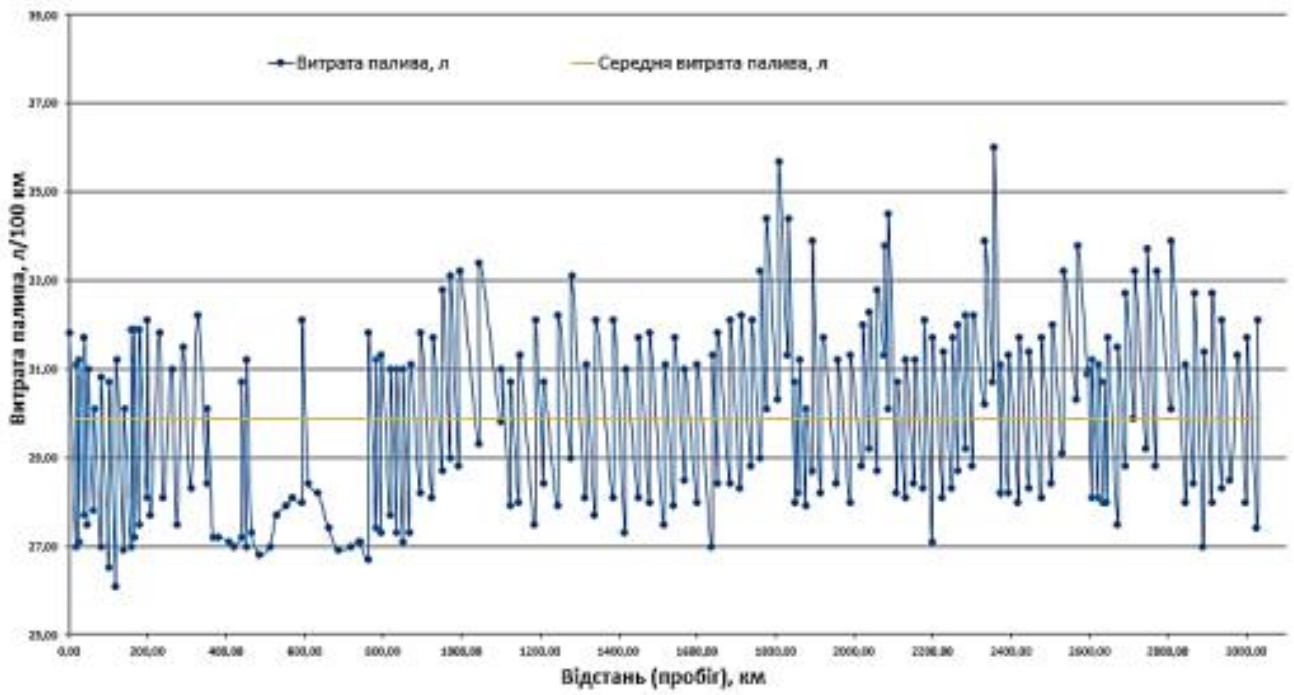


Рисунок 4.5 Результати дослідження зміни витрати палива ТЗ на дослідних ділянках в залежності від: а) відстані шляху; б) часу руху.

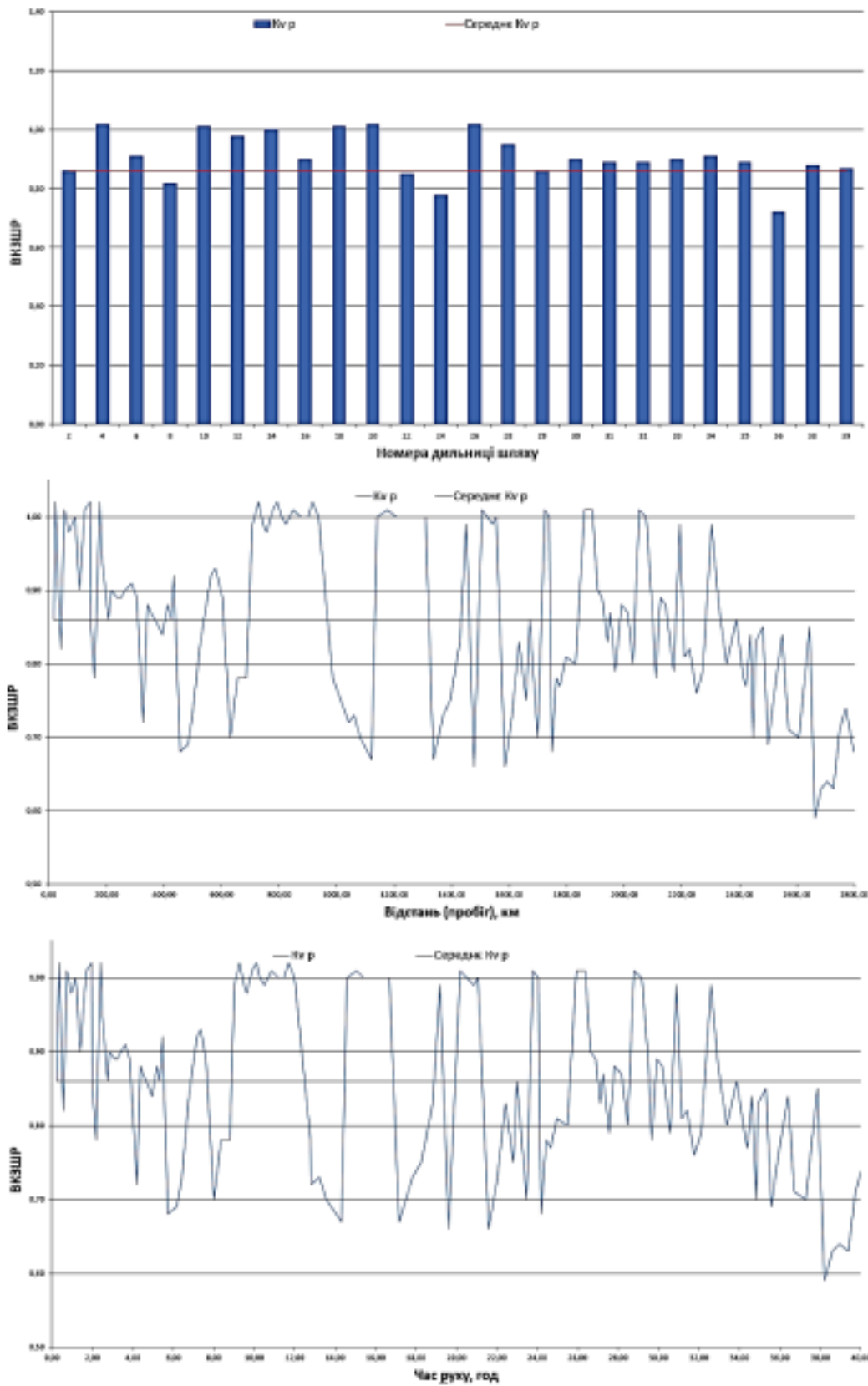


Рисунок 4.6. Результати дослідження зміни VKZSP ТЗ на дослідних ділянках між населеними пунктами:

- а) в залежності від розташування ділянки; б) в залежності від відстані шляху; с) в залежності від часу руху.

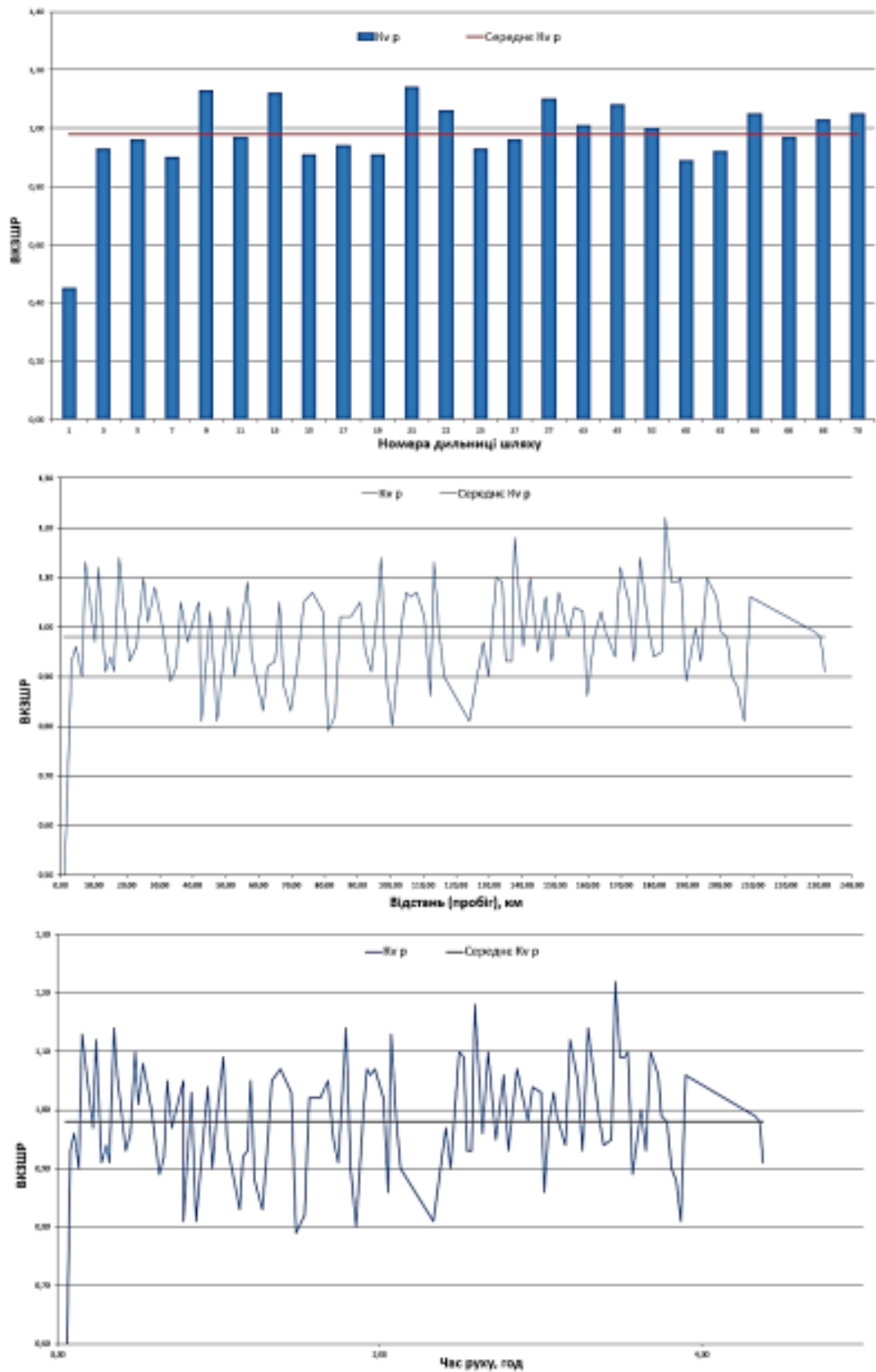


Рисунок 4.7. Результати дослідження зміни VKZSHR ТЗ на дослідних ділянках в межах населених пунктів: а) в залежності від розташування ділянки; б) в залежності від довжини шляху; с) в залежності від часу руху.

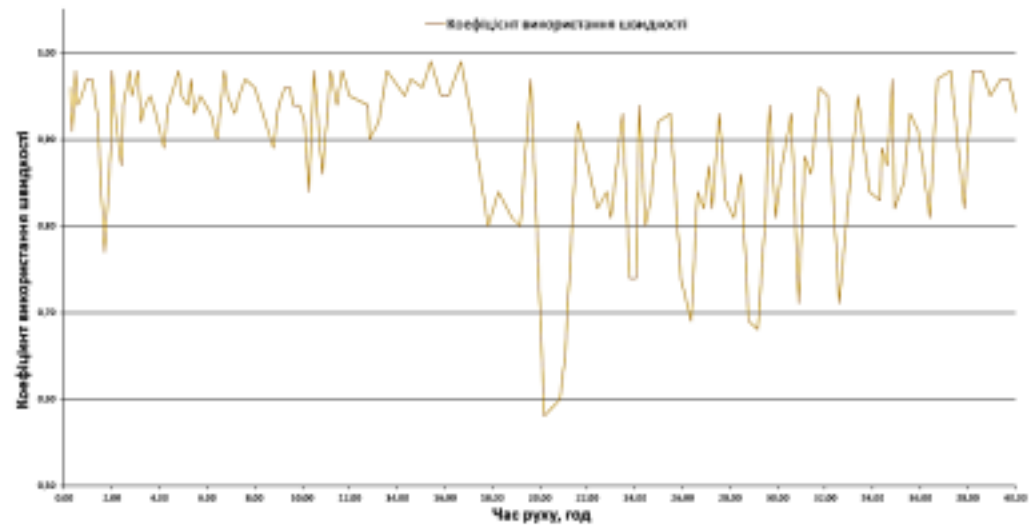
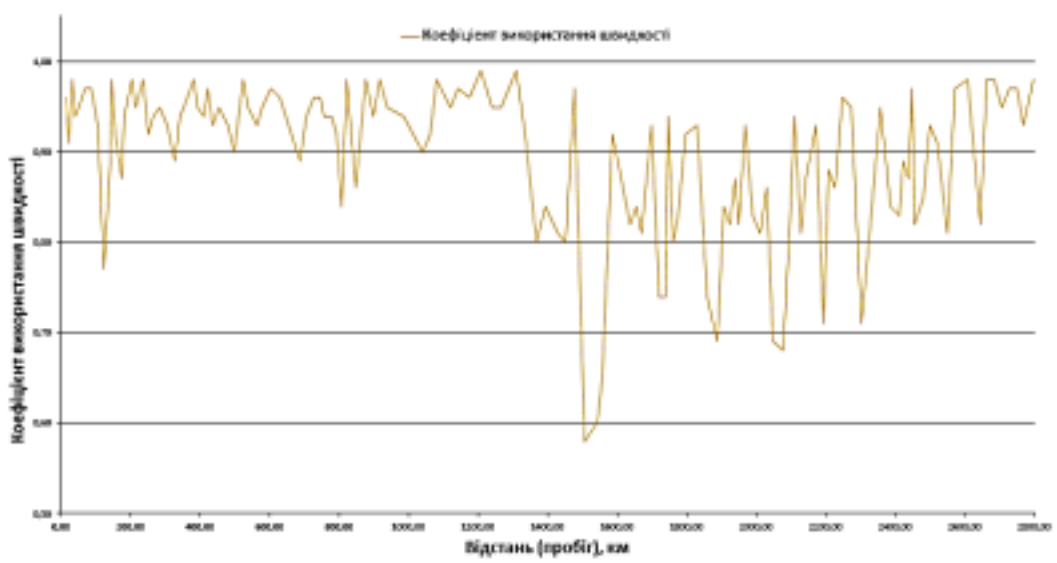
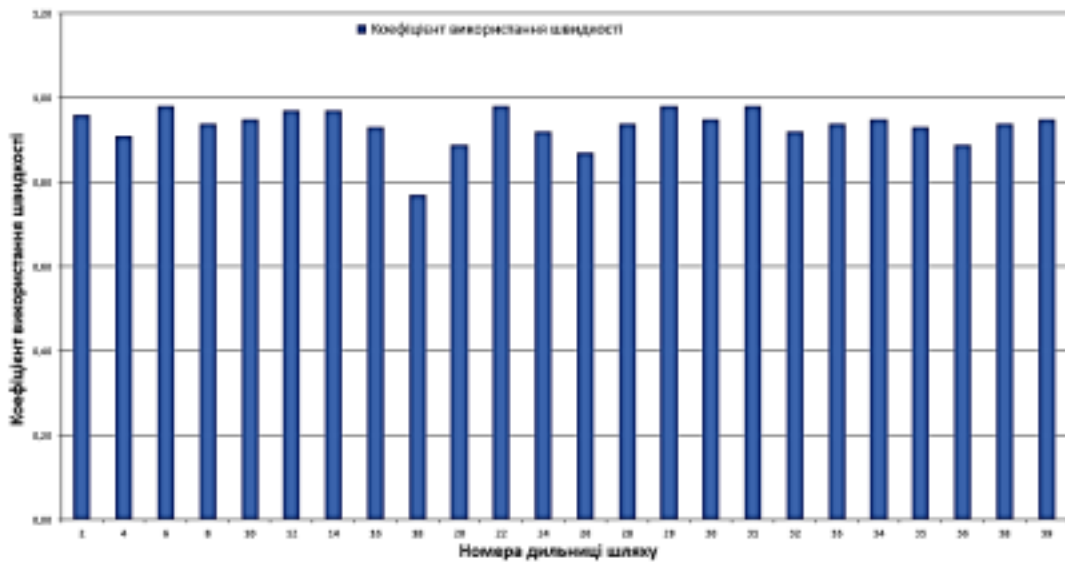


Рисунок 4.8. Результати дослідження зміни КВШ ТЗ на дослідних ділянках між населеними пунктами: а) залежно від розташування ділянки; б) залежно від довжини шляху; с) залежно від часу руху.

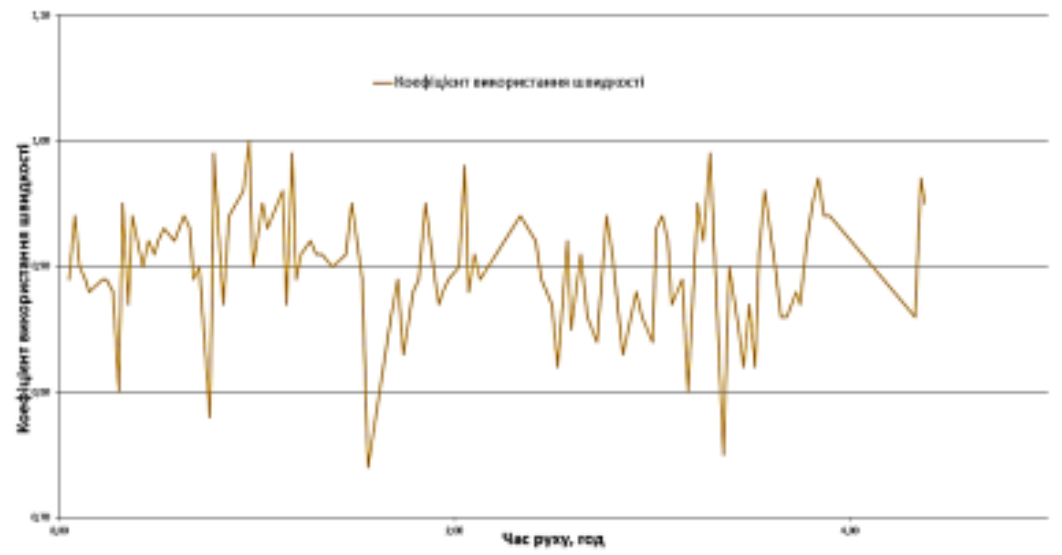
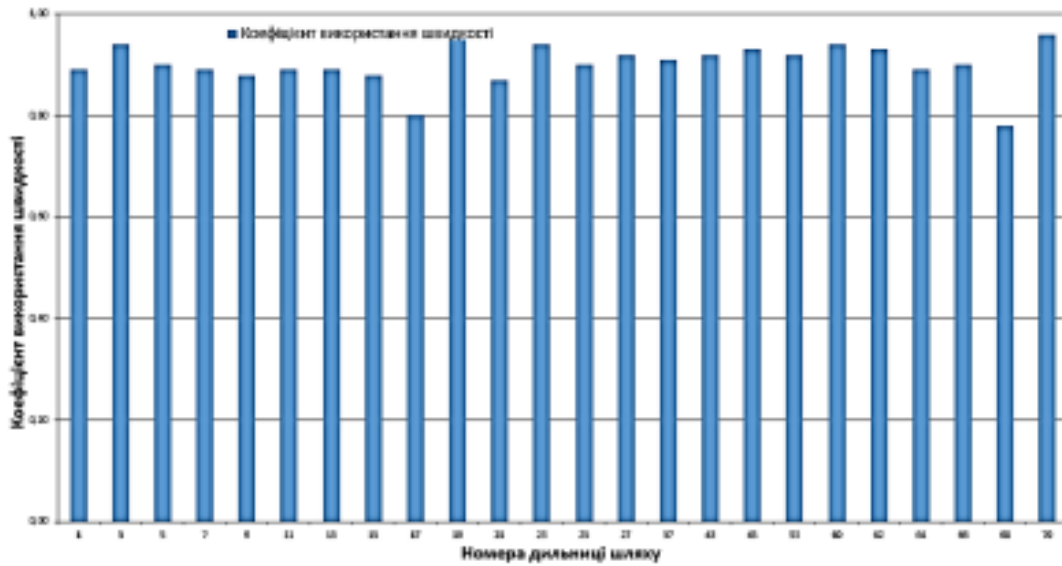


Рисунок 4.9. Результати дослідження зміни КВШ ТЗ на дослідних ділянках в межах населених пунктів: а) в залежності від місцезнаходження ділянки; б) в залежності від довжини шляху; с) в залежності від часу руху.

Після збору всіх даних в реальному часі з'явилася можливість побудови єдиної діаграми, на якій показники витрати палива в залежності від часу руху ТЗ були накладені на дані про РПВВ. Використовуючи сформований тренд витрати палива, було експериментально встановлено, що фізичний стан водія після 3-3,5 годин безперервного управління вантажним транспортом погіршується. Це, в свою чергу, призводить до збільшення середньої витрати палива, як видно на рис. 4.10.

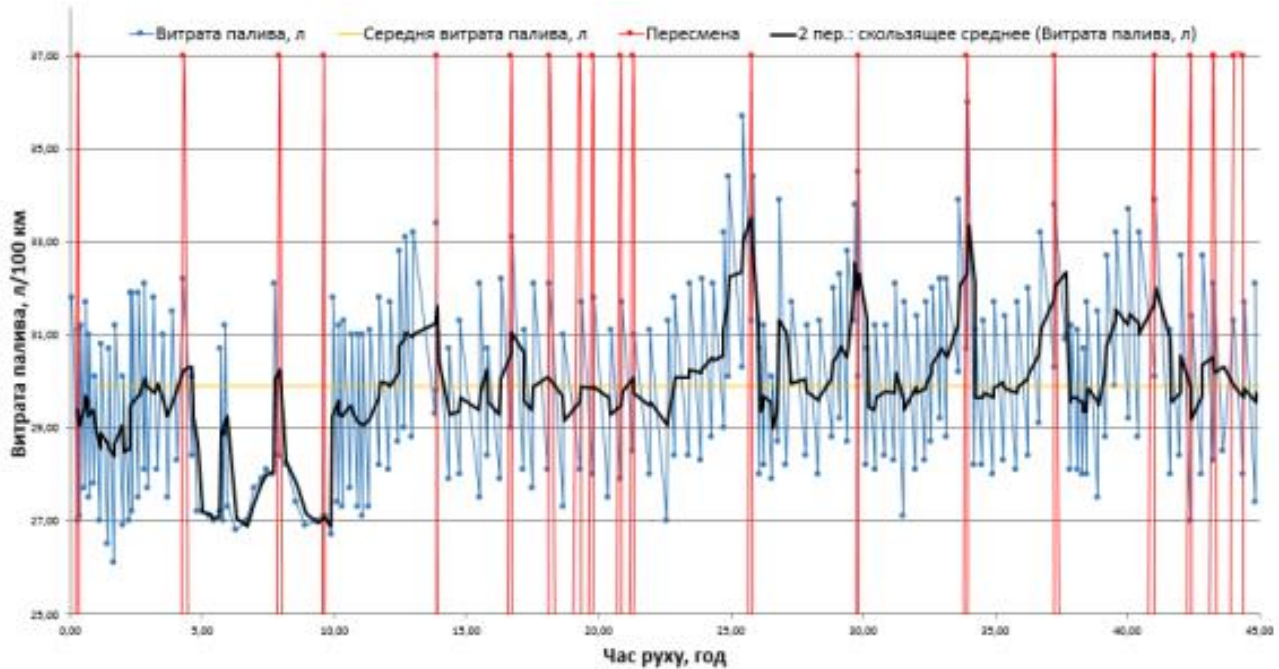


Рисунок 4.10 Результати дослідження змін витрати палива в залежності від часу руху ТЗ та фізичного стану водія

4.4 Визначення параметрів для забезпечення ефективної витрати палива вантажним транспортом з причепом в умовах експлуатації через систему формування методу його реалізації за допомогою засобів ITS

Для вирішення завдання оптимізації витрати палива вантажним ТЗ з урахуванням фізичного стану водія (ФСВ) та порушень правил водіння і витрат пального (РПВВ) в умовах експлуатації було запропоновано підхід, який дає можливість дистанційно керувати цим процесом у системі CMV. Ось функціонал системи управління ТЗ з урахуванням ФСВ, РПВВ та елементів цього процесу:

$$\left. \begin{array}{l}
 Q_{\text{упрТЗ}} = (G_{\text{ТЗсер}}, v, s, t) = k_{v\Pi} + k_{v\text{ВИК}} + k_{vp} + k_{\text{онм ФСВ}} + k_{\text{онм РПВВ}} \rightarrow \max \\
 G_{\text{ТЗсер}} \rightarrow \min \\
 v \rightarrow \max \\
 t \rightarrow \max \\
 k_{v\Pi} \rightarrow \max \\
 k_{v\text{ВИК}} \rightarrow \max \\
 k_{vp} \rightarrow \max \\
 k_{\text{онм ФСВ}} \rightarrow \max \\
 k_{\text{онм РПВВ}} \rightarrow \max
 \end{array} \right\} \quad (4.5)$$

Функція (4.5) є складною і включає як неперервні функції на певному інтервалі, так і дискретні компоненти. Тому аналітично отримати оптимальне значення набору параметрів управління технічним станом ТЗ, ФСВ і РПВВ неможливо. Також неефективно намагатися апроксимувати детерміновану функцію зміни РПВВ будь-якою залежністю, оскільки це не дозволяє отримати просту універсальну формулу для подальших обчислень. Це пояснюється тим, що витрата палива ТЗ у реальних умовах експлуатації залежить від типу маршруту, складності рельєфу, ФСВ та коефіцієнта завантаження двигуна. Для досягнення необхідної точності апроксимації потрібне введення великої кількості додаткових параметрів, що ускладнює побудову цільової функції. Тому для вирішення цієї задачі нелінійного програмування був застосований метод повного перебору параметрів, який раніше використовувався в роботі [33]. Цей метод дає точний результат, але його основним недоліком є велика кількість можливих комбінацій для перебору, що потребує значного часу для отримання рішення. Це питання можна вирішити за допомогою збільшення обчислювальних потужностей програмного комплексу. Для спрощення цільова функція (4.5) була зведена до однієї незалежної змінної, що, з урахуванням накладених обмежень, значно зменшило кількість варіантів для перебору та скоротило час обчислень.

Аналогічним методом, для визначення шляхів контролю та управління технічним станом, режимами роботи та забезпечення раціональної витрати палива вантажним ТЗ з причепом в умовах експлуатації, а також методів їх реалізації через систему ITS, було проведено дослідження залежності витрати палива від різних варіантів РПВВ. При цьому не враховувався час простою ТЗ.

За результатами проведених досліджень і розрахунків було визначено, що оптимальна витрата палива вантажним транспортом забезпечується при зміні екіпажу кожні три години.

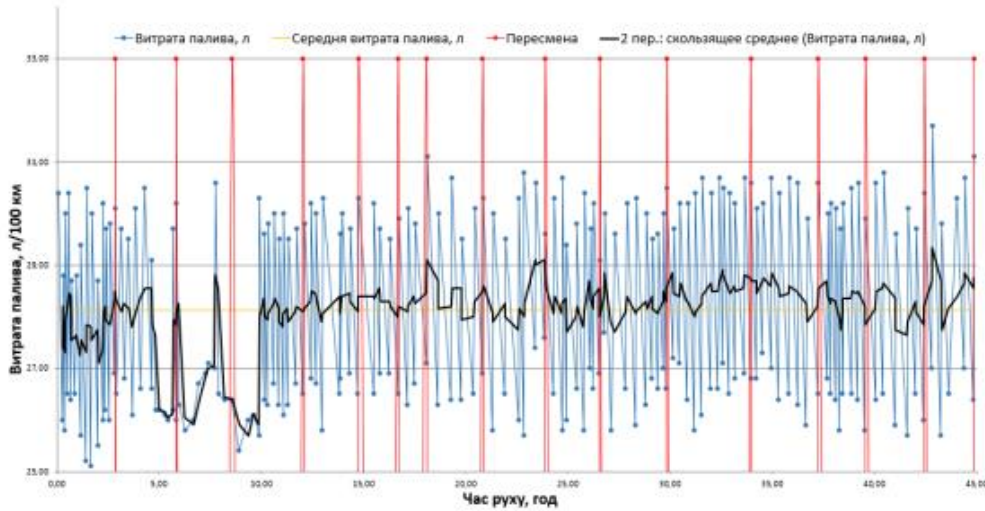
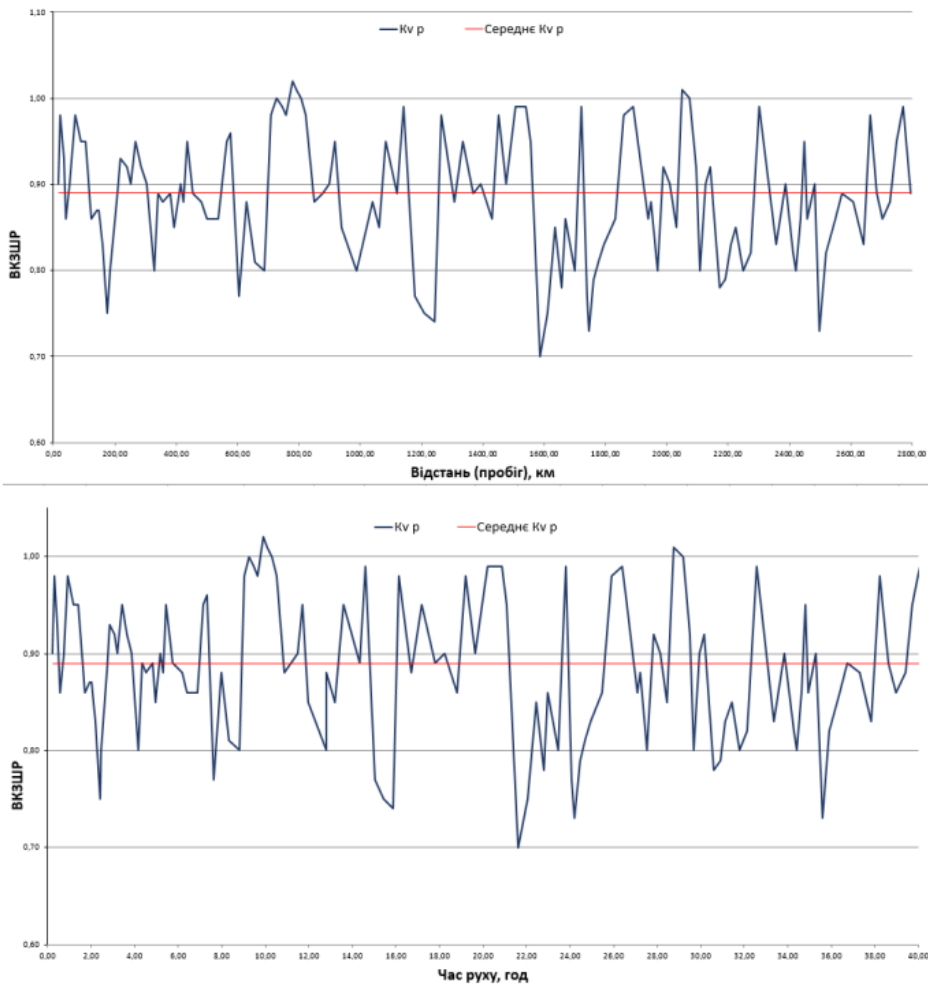


Рисунок 4.11 Результати розрахунків зміни витрати палива в залежності від часу руху ТЗ та оптимальних значень РПВВ

Розрахунки виконувались за умови, що швидкість $v \rightarrow \max v$ (тобто $v \rightarrow \max$). В результаті оптимального РПВВ та покращеного ФСВ, коефіцієнти ВКЗШР та КВШ змінювались наступним



чином:

Рисунок 4.12 Результати дослідження зміни ВКЗШР ТЗ на дослідних ділянках між населеними пунктами за оптимального РПВВ: а) залежно від відстані шляху; б) залежно від часу руху.

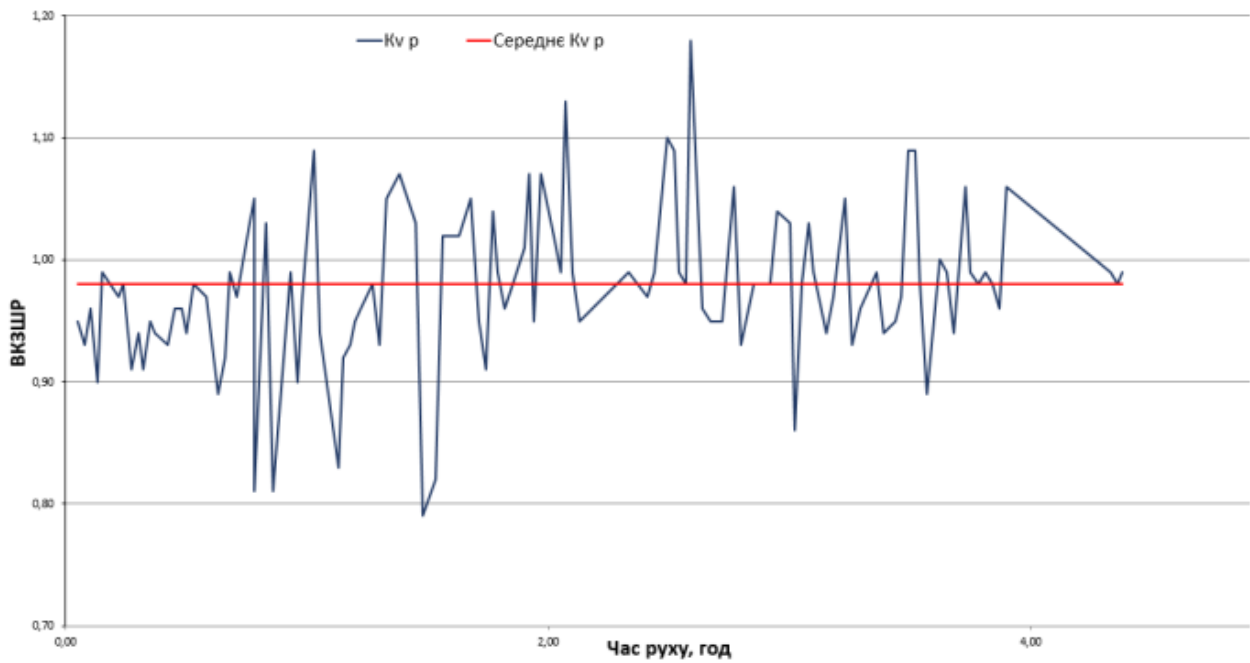
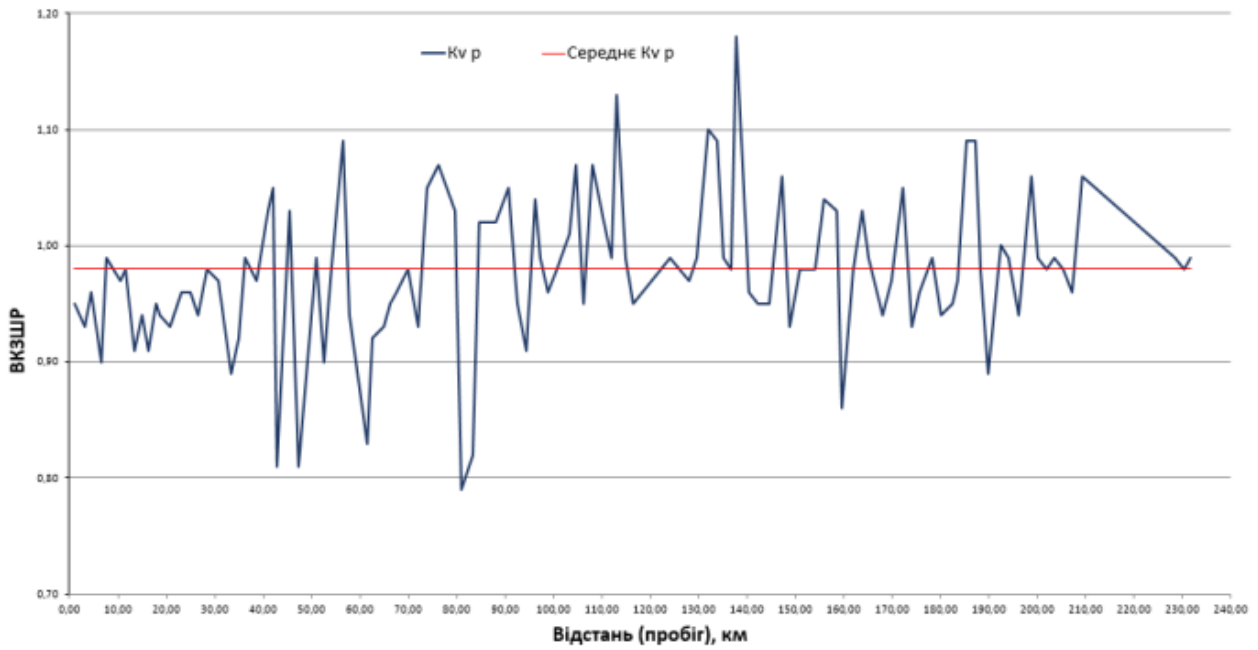


Рисунок 4.13 Результати дослідження зміни VKZSP ТЗ на дослідних ділянках в межах населених пунктів за оптимального РПВВ:
 а) залежно від відстані шляху; б) залежно від часу руху.

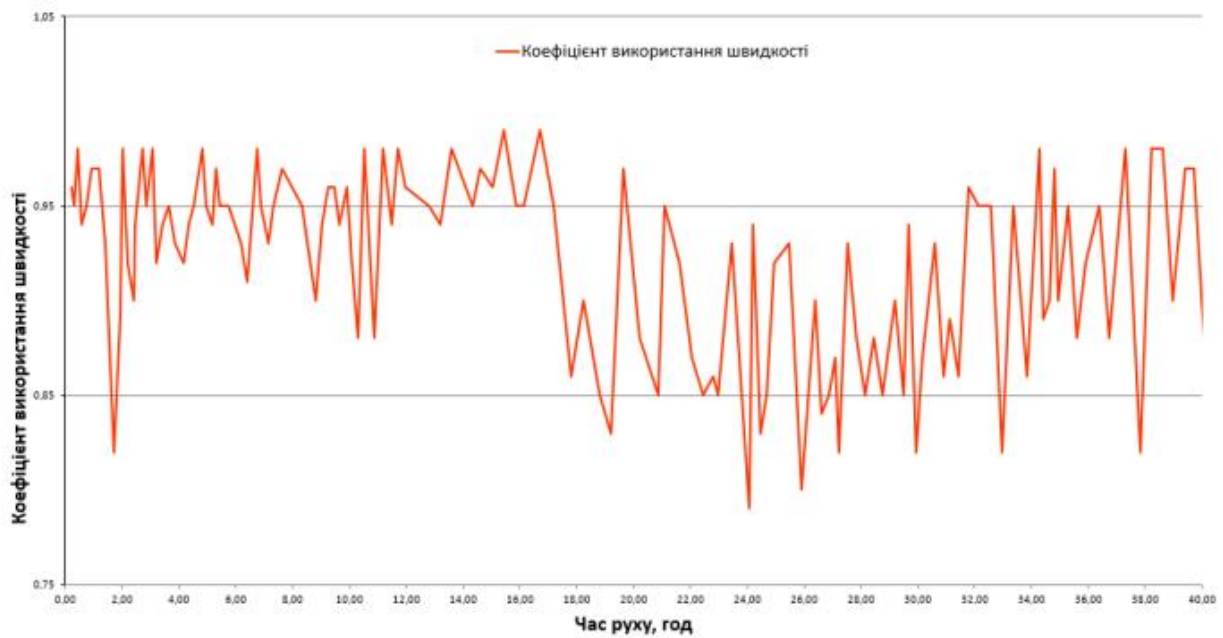
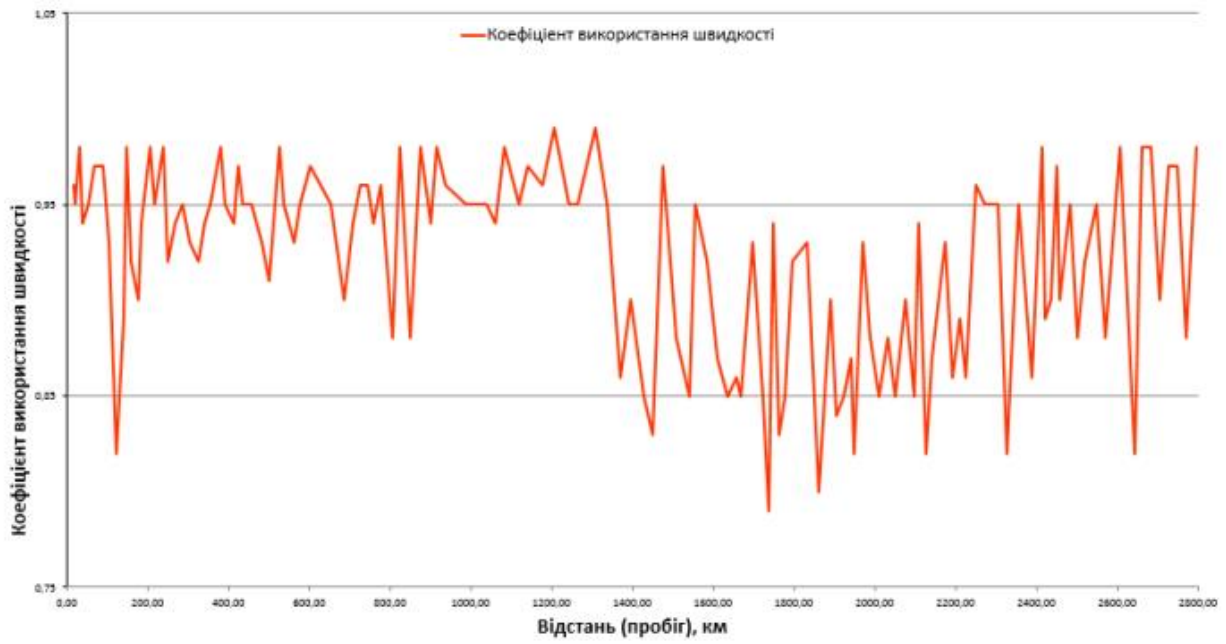


Рисунок 4.14 Результати дослідження зміни КВШ ТЗ на дослідних ділянках між населеними пунктами за оптимального РПВВ:

- а) в залежності від відстані шляху;
- б) в залежності від часу руху.

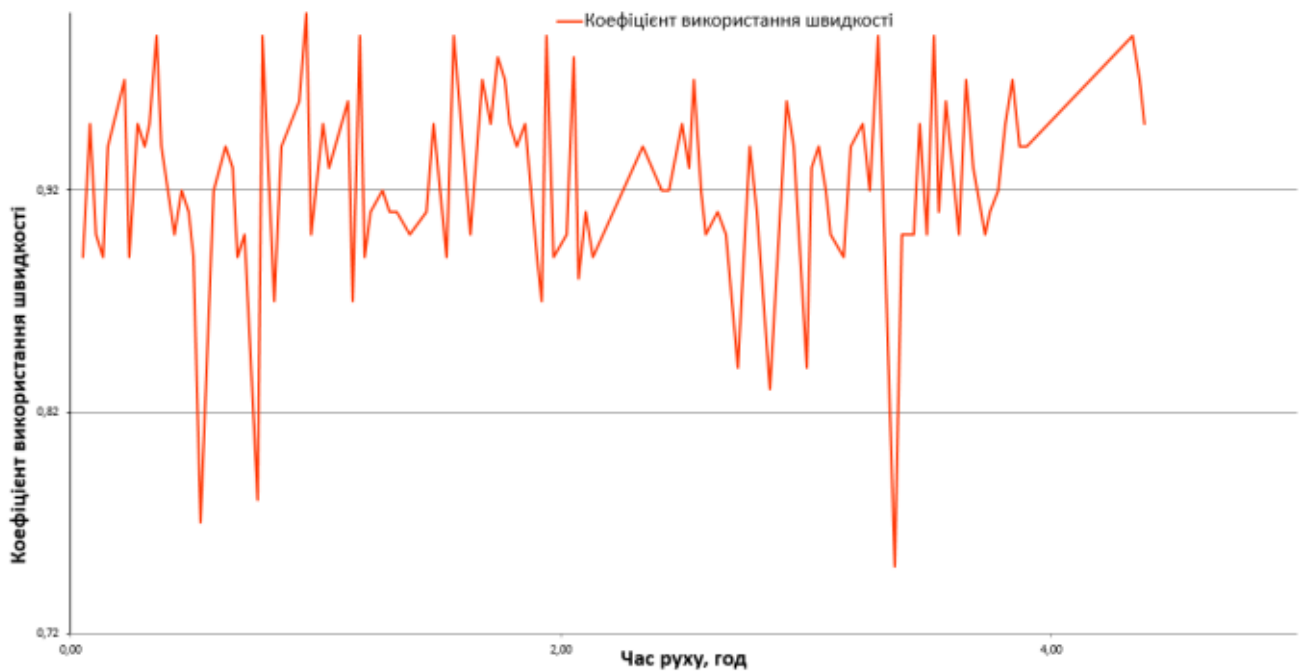
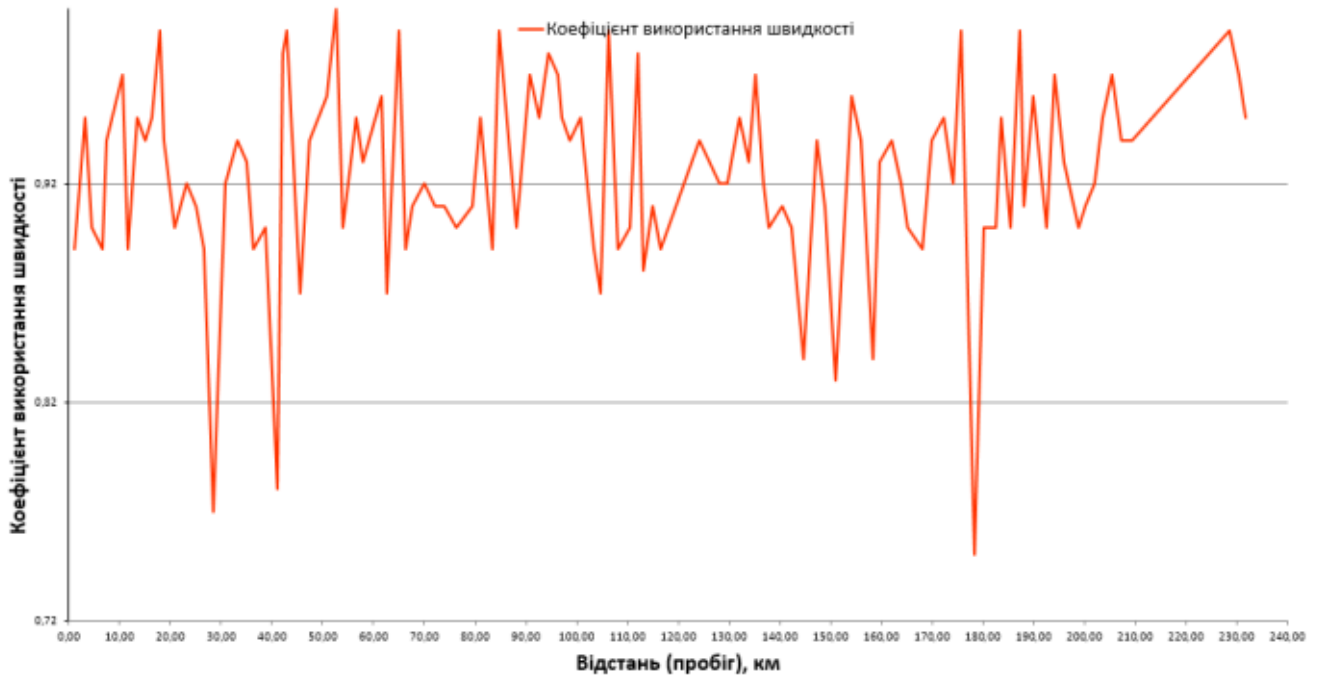


Рисунок 4.15 Результати дослідження зміни КВШ ТЗ на дослідних ділянках в межах населених пунктів за оптимального РПВВ:
 а) залежно від відстані шляху; б) залежно від часу руху.

На рис. 4.12 і 4.13 показано визначення та аналіз розрахункового ВКЗШР, а на рис. 4.14 і 4.15 — розрахункового КВШ. Завдяки розрахунковому визначенню оптимального РПВВ, що сприяло покращенню ФСВ, при умові, що швидкість залишається сталою ($v \rightarrow \text{const}$), коефіцієнти змінилися наступним чином:

1. Відносний коефіцієнт зміни швидкості руху (ВКЗШР) між населеними пунктами зріс з 0,87 до 0,88, а в межах населених пунктів залишився на тому ж рівні.

2. Коефіцієнт використання швидкості (КВШ) між населеними пунктами зріс з 0,9 до 0,92, а в межах населених пунктів також зріс з 0,91 до 0,93.

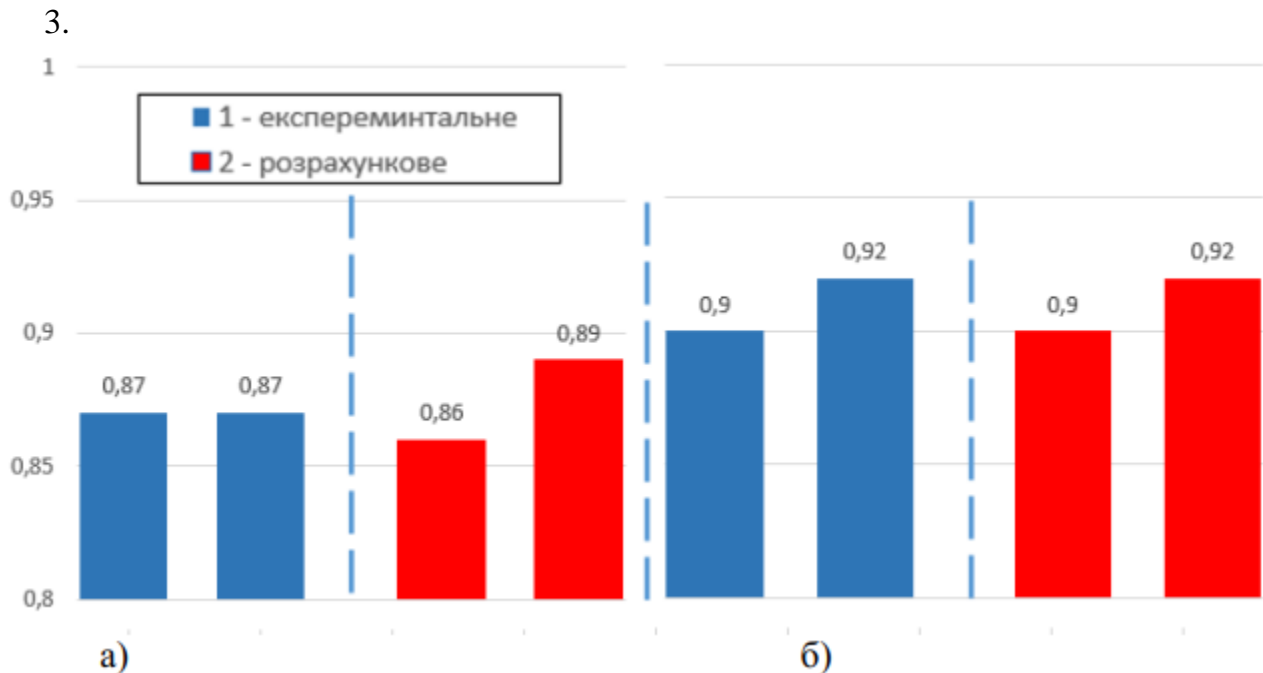


Рисунок 4.16 – Зміна значень ВКЗШР та КВШ внаслідок поліпшення РПВВ, де:

а) відносний коефіцієнт зміни швидкості руху;

б) коефіцієнт ефективного використання швидкості.

Висновки по 4 розділу

Для дослідження та оцінки контролю і управління технічним станом і режимами роботи транспортного засобу в умовах експлуатації використовувався комбінований підхід, який поєднує інформацію про технічний стан ТЗ з причепом, РПВВ та ФСВ. Цей підхід ґрунтується на положеннях, що забезпечують моніторинг і управління ТЗ. Результати експериментальних досліджень були отримані на базі дослідного вантажного ТЗ із використанням ІКК ТЗ.

Ідентифікація ТЗ з причепом та екіпажу здійснювалась за допомогою мережевих даних і ІКК «СМV». Використання програмних модулів та робочого вікна «СМV» дозволяло отримувати підсумкові звіти про ідентифікацію ТЗ, причепа та екіпажу в реальних умовах експлуатації.

Моніторинг параметрів технічного стану ТЗ з причепом, ФСВ та дотримання РПВВ здійснювався за допомогою ІКК «СМV». Це дозволяло отримувати поточні параметри роботи двигуна ТЗ, інших систем та вузлів, а також контролювати дотримання РПВВ, визначати вплив ФСВ, розшифровувати «коди помилок», видаляти їх і передавати дані в бази даних ТЗ. Окрім того, значення параметрів, що контролюються датчиками (логи), автоматично передавалися в електронне метапросторство, де можна було

переглядати не тільки значення контрольованих величин на різних етапах часу, але й відобразити маршрут ТЗ на карті протягом заданого періоду.

Процес діагностики та визначення статусу несправностей ТЗ виконувався автоматично за розробленим автором алгоритмом в межах ІКК в умовах ІТS. Отримані звіти дозволяли водієві ТЗ та оператору ІКК в реальному часі отримувати інформацію про наявність несправностей і вживати заходів для їх усунення або виявлення в процесі експлуатації вантажного ТЗ.

Використання програмних засобів і систем спостереження дозволяє в рамках ІКК інтегрувати інформацію про технічний стан ТЗ з причепом, дотримання РПВВ і ФСВ на сервері оператора мережі.

Оцінка результатів технічного стану ТЗ з причепом і впливу на нього дотримання РПВВ і ФСВ проводилась за допомогою середньої швидкості руху ТЗ і витрати палива. Оцінка умов експлуатації здійснювалася за показниками ВКЗШР та КВШ відповідно до теоретичних положень щодо експлуатації автомобілів. Дослідження проводилося на одному маршруті з трьома варіантами використання геозон.

На основі проведеного дослідження був розроблений метод обробки результатів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації. Також було проведено розрахункове дослідження залежності витрати палива від варіантів РПВВ, при цьому час простою ТЗ не враховувався. За результатами досліджень і розрахунків було визначено, що раціональна витрата палива для вантажного транспортного засобу забезпечується при зміні екіпажу кожні три години.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено важливе завдання підвищення ефективності технічної експлуатації транспортних засобів через удосконалення методів оперативного контролю технічного стану, враховуючи зміни в режимах праці та відпочинку водіїв, а також їх фізичний стан в умовах експлуатації. Це досягнуто шляхом розробки та впровадження інформаційно-аналітичної системи дистанційного моніторингу. Результати досліджень дозволили сформулювати основні теоретичні та науково-практичні висновки:

Аналіз сучасного стану теоретичних і практичних розробок щодо методів контролю технічного стану вантажних транспортних засобів, а також режимів праці та відпочинку (РПВВ) і фізичного стану водіїв (ФСВ) в умовах змінної експлуатації показав, що традиційні методи не відповідають вимогам сучасного управління працездатністю ТЗ в реальному часі, особливо у контексті забезпечення раціональної витрати палива. Для досягнення цієї мети необхідне впровадження систем дистанційного моніторингу технічного стану ТЗ та керування РПВВ на основі інформаційно-комунікаційних комплексів у складі інформаційно-аналітичних систем.

Розроблено метод системної взаємодії та сформовано інформаційно-аналітичну систему моніторингу параметрів технічного стану вантажного ТЗ з причепом, яка працює на основі морфологічної матриці в умовах змінної експлуатації за допомогою засобів ITS. Ця система дозволяє дистанційно отримувати оперативну інформацію про зміни параметрів технічного стану, РПВВ і ФСВ, а також коригувати їх для підтримки раціональної витрати палива на маршруті.

Розроблено моделі та інформаційно-аналітичну систему «СМV», здатну забезпечувати оперативний контроль технічного стану вантажного ТЗ з причепом у поєднанні з РПВВ і ФСВ в умовах експлуатації. Загальна модель об'єднує 90 інформаційних елементів системи моніторингу та 16 елементів, що належать до чотирьох інформаційних груп. Ключовим елементом цієї моделі є «Час збирання інформації», оскільки він визначає семантичну залежність між отриманими даними моніторингу параметрів.

Модель і система «СМV» базується на теорії експлуатації ТЗ і системній взаємодії основних складових компонентів моніторингу транспортних засобів, таких як: вантажний ТЗ, причеп, реєстратори РПВВ і ФСВ, а також інформація про транспортну інфраструктуру та умови експлуатації ТЗ.

Також розроблено бортовий інформаційно-комунікаційний комплекс для забезпечення оперативного контролю параметрів технічного стану вантажного ТЗ з причепом, а також зміни РПВВ і ФСВ в умовах експлуатації через засоби ITS. Інформаційно-аналітична частина комплексу, за допомогою розроблених алгоритмів та технічних засобів моніторингу, здатна здійснювати визначення і обробку даних про середні швидкості руху, витрату палива, відносний коефіцієнт зміни швидкості руху та коефіцієнт використання швидкості. Ці показники є основними орієнтирами для визначення раціональної витрати палива ТЗ на маршруті.

В результаті проведених експериментальних досліджень на маршруті Амстердам (Нідерланди) – Київ (Україна) було виконано дистанційне оперативне визначення параметрів технічного стану вантажного ТЗ з причепом, а також контролю. Крім того, було здійснено моніторинг геозон експлуатації в залежності від заданих швидкостей руху на маршруті, витрат палива в залежності від умов експлуатації, з обміном даних із автоматизованим робочим місцем оператора. Експериментальним шляхом було встановлено, що після 4-4,5 годин безперервної роботи вантажного ТЗ у встановлених нормах часу РПВВ середня витрата палива збільшується на 5-7%. Середній показник витрати палива склав 28,6 л/100 км.

Запропонована технологія і методи формування, обробки та дослідження результатів моніторингу параметрів технічного стану вантажного ТЗ з причепом, РПВВ і ФСВ в умовах експлуатації дозволяють отримувати значення середніх швидкостей руху на різних ділянках маршруту в межах геозон, витрату палива, відносний коефіцієнт зміни швидкості руху та коефіцієнт використання швидкості за допомогою розробленого бортового інформаційного комплексу.

Проведене дослідження залежності витрати палива від різних варіантів застосування РПВВ показало, що найбільш раціональна витрата палива на дослідному маршруті забезпечується при зміні екіпажу кожні три години. Підтримання сталої швидкості руху та оптимальних значень РПВВ призводить до збільшення основних розрахункових коефіцієнтів: відносний коефіцієнт зміни швидкості між населеними пунктами зріс з 0,86 до 0,89, а в межах населених пунктів залишився незмінним; коефіцієнт використання швидкості між населеними пунктами підвищився з 0,9 до 0,92, а в межах населених пунктів — з 0,91 до 0,93. Середня витрата палива склала 28,35 л/100 км, що забезпечило економію палива на рівні 6,5%.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, С.П. Комарницький. За ред. В.І. Дуганця. – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. – 52 с.
2. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; за заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.
3. Пархоменко П.П. Основи технічної діагностики / П.П. Пархоменко, Є.С. Сагомоян. – К.: Енергія, 1981. – 320 с.
4. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). с.138-144.
5. Електронний ресурс
<https://doc.ruptela.lt/pages/viewpage.action?pageId=884778>
<https://doc.ruptela.lt/pages/viewpage.action?pageId=884778>.
6. Basar, E., Basar-Eroglu, C., Karakas, S., Schurmann, M. Gamma, alpha, delta, and theta oscillations govern cognitive processes // International Journal of Psychophysiology. – 2001. – 39. – P. 241-248.
7. NEUROTONE Система контролю якості. [Електронний ресурс]. – URL: <http://neuro-tone.com/> (дата звернення: 07.11.2017)
8. Наумов В.С. Аналіз існуючих методів раціоналізації процесу доставки вантажів у міжнародному сполученні і основні напрямки їх удосконалення [Текст]: сб. науч. тр. / В.С. Наумов, І.А. Бабич, В. . Кокора // Автомоб. тр-т – Х., 2007. – Вип. 21. – С. 57–60.
9. Куницька О. М. Підвищення ефективності роботи митного терміналу при виконанні міжнародних вантажних автомобільних перевезень [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / О.М. Куницька. — [Національний транспортний ун-т]. – К., 2006. – 19 с.

10. Давідіч Ю.О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. Посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов. – Х: ХНАМГ, 2011. – 392 с.
11. Гюлев Н.У. Особливості ергономіки та психофізіології в діяльності водія: навч. посібник / Н.У. Гюлев. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 185 с.
12. Баєвський, Р.М. Математичний аналіз зміни серцевого ритму при стресі / Р.М. Баєвський, О.М. Кирилов, С.З. Клецкін. – К: Наука, 1984. – 222 с.
13. Жук М.М. Методика досліджень впливу психофізіологічних особливостей водія на час його реакції у реальних умовах/ М.М. Жук, В.В. Ковалишин // Комунальне господарство міст, – 2012. – №108 – С. 479-484.
14. Ходош М.С. Організація, економіка та управління перевезенням вантажів автомобільним транспортом / М.С. Ходош, Б.О. Дасковський. – К.: Транспорт, 1989. – 287 с.
15. Жук М.М. Зміна показника активності регуляторних систем водія за різних умов руху / М.М. Жук, Т.М. Постранський, М.О. Афонін // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології – 2013. – №5 – С. 79-81.
16. Доля В.К. Особливості дорожньої поведінки водія та зміна його психофізіологічних характеристик за різних швидкісних режимів, зумовлених недостатньою видимістю / В.К. Доля, Ю.Я. Ройко // Вісник СНУ ім. Володимира Даля – 2010. – №7 – С. 1 – 3.
17. N. Kuge, H. Ueno, H. Ichikawa, K. Ochiai, A study on the causes of rear-end collision based on an analysis of driver behavior, JSAE Rev. – Jan. 1995. – Vol. 16, no. 1. – P. 55 – 60.
18. Klauer S.G., Dingus T. A., Neale V. L., Sudweeks J.D., Ramsey, D.J. The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data. Report No. DOT HS 810 594, Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. – 2006. – 226 p.