

Шифр «INTESA»

**ІНОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕХНІЧНІЙ  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ**

## АНОТАЦІЯ

до студентської наукової роботи за шифром «**INTESA**»

**Актуальність теми.** У зв'язку з застосуванням на транспортних засобах (ТЗ) вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних інформаційних технологій з'явилася можливість здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану ТЗ.

**Метою дослідження** є розробка сучасних методів дистанційного контролю технічного стану ТЗ (на прикладі автомобіля).

Завданнями дослідження є:

- аналіз методів контролю технічного стану ТЗ;
- розробка методу і математичної моделі застосування класифікації умов експлуатації ТЗ в інформаційних умовах *ITS*;
- практична реалізація функціональних можливостей бортового ІПК системи контролю і обробки інформації в рамках *ITS*;

**Методи дослідження** ґрунтуються на принципах системного підходу і математичного моделювання інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану ТЗ.

Наукова робота присвячена вирішенню задачі підвищення ефективності процесу технічної експлуатації ТЗ на основі сучасних інформаційних технологій, які дозволяють дистанційно здійснювати контроль їх технічного стану з урахуванням змінних умов експлуатації.

В роботі розроблено інформаційно-комунікаційну модель системи дистанційного моніторингу технічного стану ТЗ, яка включає взаємодію складових компонентів моніторингу: ТЗ з водієм і бортовим інформаційним комплексом; умов експлуатації ТЗ, транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг).

**Практичне значення** отриманих результатів полягає в розробці методів дистанційного оперативного контролю технічного стану ТЗ, що підтверджується впровадженням на ТОВ «Миранна» і НВП «Карсис».

## ЗМІСТ

Вступ	4
1 Аналіз методів контролю технічного стану транспортних засобів	5
1.1 Ретроспективний аналіз, стан і перспективи розвитку технічної експлуатації транспортних засобів	5
1.2 Стратегії і тактиці підтримки працездатності транспортних засобів	8
1.3 Інформаційні системи і технології в технічній експлуатації транспортних засобів	13
2 Розробка методу і інформаційно-комунікаційної системи моніторингу дистанційного отримання інформації транспортних засобів в інформаційних умовах <i>ITS</i>	16
2.1 Формування методу і математичної моделі застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах <i>ITS</i>	16
2.2 Розробка структури і принципу взаємодії між елементами <i>ITS</i> системи дистанційного моніторингу транспортних засобів на основі БІНК <i>ITS</i>	22
3 Практична реалізація функціональних можливостей бортового ІПК системи контролю і обробки інформації в рамках <i>ITS</i>	24
3.1 Програма, об'єкти і вимірювальні прилади експериментальних досліджень	24
3.2 Результати виконання ідентифікації транспортних засобів в умовах експлуатації засобами <i>ITS</i>	25
3.3 Результати виконання моніторингу технічного стану транспортних засобів в умовах експлуатації засобами <i>ITS</i>	27
Висновки	30
Перелік посилань	31
Додаток А – Ілюстративний матеріал до наукової роботи	35

## ВСТУП

На підставі результатів аналізу сучасного стану автомобільного транспорту (АТ) і її підсистеми – технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) виявлено, що основна частина автомобілів в Україні зосереджена в невеликих за розміром і кількістю підприємствах. Так за даними Головної держінспекції на АТ, частка перевізників, що мають в експлуатації тільки один транспортний засіб (ТЗ) становить 61%, до трьох ТЗ - 22,4%, до п'яти ТЗ - 7%, до десяти - 5,4, більше 10 ТЗ - 4,3%. Це призвело до суттєвого погіршення контролю технічного стану рухомого складу (РС), збільшення кількості ДТП, викликаних несправністю автомобілів і забруднення навколишнього середовища. Існуюча в ТЕА система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), яка встановлює для автомобілів норми пробігу між сервісним обслуговуванням, контролем технічного стану і його трудомісткістю призводить до підвищення витрат для підтримки працездатності РС.

У зв'язку з застосуванням на автомобілях вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних інформаційних технологій з'явилася можливість здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану РС. Це в свою чергу дозволяє перейти до адаптивної системи ТО і Р автомобілів, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і інформаційних програмних комплексів, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від РС, її обробку і вироблення коригувальних впливів.

## 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЯ

1.1 Ретроспективний аналіз, стан і перспективи розвитку технічної експлуатації автомобілів

Автомобільний транспорт (АТ) є найважливішим сектором української економіки, який обслуговує практично всі галузі господарювання та верстви населення, сприяє зростанню мобільності та якості населення.

В даний час автомобільний парк України нараховує понад 10 млн. одиниць автомобілів, структура яких виглядає наступним чином [1]: вантажних автомобілів - 15,5%, автобусів - 2,6%, легкових автомобілів - 81,9%.

Мережа автобусних сполучень за станом на сьогоднішній день включає близько 19 тис. Міських, приміських, міжнародних маршрутів, на яких задіяно приблизно 50 тис. автобусів. На стадії переходу до ринкової економіки систему транспорту загального користування в Україні в різні роки обслуговували від 45 до 54 тис. автобусів, які були зосереджені в 449 спеціалізованих ПАТ державної форми власності [2].

Технічна експлуатація автомобілів (ТЕА), за визначенням [3 - 6, 8 - 18] є однією з найважливіших підсистем АТ, яка, в свою чергу, являє підсистему транспорту в структурі досить складною транспортно-комунікаційної програми держави.

Важливість ТЕА підтверджується тим, що наприклад на підтримку автомобілів в працездатному стані в США витрачається приблизно 30 млрд. доларів на рік, а в усьому світі на ТЕА в рік витрачається приблизно 100 млрд. доларів. У США на експлуатацію одного автомобіля на рік витрати становлять 1800-1900 доларів [20].

Основна особливість сучасної системи ТЕА на автомобільному транспорті загального користування (АТЗК) пострадянських країн [2, 3] це:

- відсутність нормативної бази щодо обов'язковості кожним власником РС, проводити певний комплекс технічних впливів, які забезпечують працездатність і безпеку РС, результатом чого є втрата на АТЗК механізму управління рівнем технічного стану автомобільного парку через гнучку систему ТО і Р;

- відсутність необхідної інформаційної бази галузі у вигляді мережі опорних підприємств, що дозволяло АТЗК раніше, по-перше, контролювати реалізовані показники якості і надійності РС в експлуатації і, по-друге, пред'являти обґрунтовані вимоги до заводів-виробникам автомобілів;

- неефективність, запропонованої державою, системи сертифікації послуг ТО і Р.

В результаті АТЗК і, перш за все, мали підприємства автомобільного транспорту (МПАТ) галузі, виявилися в складних умовах, тому що вони [2, 3]:

- зобов'язані забезпечити технічний стан РС згідно з державними вимогами безпеки руху та екологічної безпеки транспорту;

- не мають умов (бази, обладнання, персоналу) для підтримки працездатності і необхідного технічного стану РС;

- не мають чітко узаконених зобов'язань застосовувати систему ТО і Р і виконувати такий мінімальний обсяг робіт ТО і Р, який може забезпечити необхідну працездатність і безпеку РС.

Створений організаційний і технологічний вакуум привів до практично неконтрольованої експлуатації автомобілів в більшості МПАТ, що призвело до різкого погіршення технічного стану автомобільного парку, збільшило кількість ДТП, викликаних несправністю автомобілів і забруднення навколишнього середовища [2, 3].

У нас в країні була прийнята планово-попереджувальна система ТО і Р автомобілів, яка регулювалась «Положенням про профілактичне обслуговування автомобілів» [22]. С 1998 року по 2013 рік «Положення ...» доповнювалося і змінювалося правилами і наказами Міністерства інфраструктури, постановами КМУ та законами України зберігаючи в основному принципи планово-попереджувальної системи ТО і Р автомобілів.



У 2013 наказом №550 Міністерства інфраструктури були введені «Правила експлуатації колісних транспортних засобів» [21], які зберегли базові принципи «Положення ...» [22].

Слід зазначити, що сучасна структура АТЗК - це сукупність окремих перевізників і автопідприємств у вигляді малих підприємств автомобільного транспорту (МПАТ), які є новими утвореннями для галузі, де діють три групи способів ТЕА [24].

Поступовий розвиток нових видів перевезень призводило до збільшення часу перебування рухомого складу далеко від основної виробничої бази, і, внаслідок цього, підвищувалася роль профілактичного ТО автомобілів. Тому створення гнучкої "адаптивної" системи контролю та управління технічним станом автомобіля з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного автомобіля стало першочерговим завданням [24 - 35].

Під адаптивною системою ТО і Р автомобілів розуміється система, яка завдяки зміні своєї структури і значень параметрів, може пристосовуватися до зміни внутрішніх і зовнішніх умов.

У зв'язку з застосуванням на автомобілях складних високоефективних електронних систем управління, вбудованої бортової діагностики, розвитку супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, сучасних технологій з'явилася можливість не тільки контролювати географічне положення РС і здійснювати зв'язок з диспетчером ПАТ, але і здійснювати дистанційний моніторинг з оцінкою рівня технічного стану автомобіля, що цілком дозволяє реалізувати практично будь-які завдання по виявленню та прогнозуванню технічного стану автомобіля. Це в свою чергу дозволить перейти до індивідуальної (адаптивної) системі ТО і Р автомобілів.

Базовими принципами такої системи є [24, 25]:

- планово-запобіжний принцип визначення і усунення несправностей і проведення технічних впливів;
- оперативне управління працездатністю автомобіля на основі прогнозування стану з використанням інформаційних технологій в ТД;

- індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного конкретного автомобіля;

- індивідуальне прогнозування періодичності ТО і технічного стану автомобіля.

Розвиток інформаційного забезпечення автотранспортних процесів є, по-перше, умовою переходу АТ до автоматизованого управління технічним станом автомобілів на підставі гнучких «адаптивних» автоматизованих систем з індивідуальною корекцією періодичності та обсягів технічного обслуговування.

По-друге, інформаційне забезпечення комп'ютеризованого оперативного планування ТО і прогнозування технічного стану та можливих несправностей автомобілів є ключем до автоматизації контролю технічного стану і працездатності автомобіля.

По-третє, створення локальних інформаційно-обчислювальних комплексів на базі комп'ютеризованих засобів технічної діагностики та новітніх засобів обчислювальної техніки становить основу сучасної автоматизації АТ.

По-четверте, комп'ютеризація діагностичної техніки є ключовим напрямком сучасного розвитку діагностики автомобілів.

По-п'яте, успіх використання комп'ютерної техніки АТ залежить в першу чергу від відповідного забезпечення процесів організації ТО і Р.

## 1.2 Стратегії та тактики підтримки працездатності автомобілів

Стратегія, за визначенням [4, 10, 17] - це технічний напрям, тобто тривала ідейна орієнтація області щодо планування, організації та управління технічними діями, яка в певних умовах роботи і при заданому (розрахунковому) рівень експлуатаційної надійності РС забезпечує мінімум трудових і матеріальних витрат на підтримку РС в технічно справному стані.

В [17] для забезпечення працездатності автомобіля рекомендується застосовувати три стратегії, характеристики яких наведені в табл. 1.1.



Таблиця 1.1 -Стратегії забезпечення працездатності

№		Вид робіт
I	Підтримує заданий рівня працездатності	Технічне обслуговування
II	Відновлення втраченої працездатності	Ремонт
III	Комбінація I та II стратегій	ТО і Р

На АТ існує, відповідно до класифікації [3, 4], три основних види систем ТО і Р (тактики) транспортних машин (рис.1.1):

- за напрацювання;
- за станом;
- змішані.

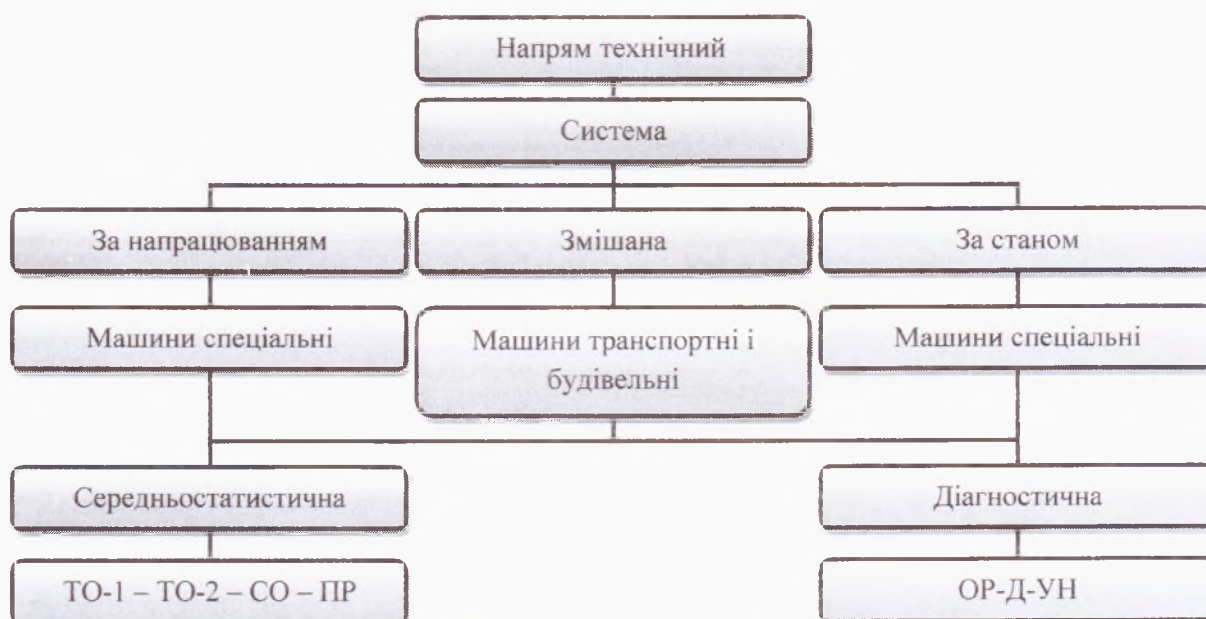


Рисунок 1.1 - Схема організації ТО і Р транспортних машин

Суть системи з напрацювання полягає в тому, що технічні впливу виконується для виробу - автомобіля, через певний пробіг (час), незалежно від його технічного стану. В результаті значна частина ресурсу РС не

використовується, тому така модель системи ТО і Р має значну вартість і в практиці може застосовуватися тільки для спеціальних автомобілів. Наприклад, на АТ ця система використовується для тих вузлів і деталей автомобіля, від яких залежить безпека його руху [20].

Система станом полягає в тому, що технічні впливи проводиться для виробів лише при досягненні ним контрольованих параметрів свого критичного рівня, тобто гранично допустимого стану. На практиці для реалізації такої системи ТО і Р необхідно спеціальне контрольо-діагностичне обладнання і в цілому вміння фахівців автоматизовані системи управління автоматизовані системи управління інженерно-технічної служби (ІТС), вимірювати безперервно або періодично контрольовані (діагностичні) параметри виробу. Сьогодні такі системи, внаслідок глобалізації ТД і неруйнівного контролю, успішно впроваджуються в світі техніки багатьма зарубіжними фірмами. Там вони отримали назву «*Condition Monitoring*» [4], а в сучасній термінології ТЕА - це «індивідуальні» системи ТО і Р [36] або «адаптивні» [25 - 29, 33, 35].

Змішана система об'єднує в собі елементи двох систем (з напрацювання і за станом). Це найбільш поширена в сучасному світі техніки система ТО і Р, яка застосовується, наприклад, для таких машин: транспортних, сільськогосподарських, будівельних і багатьох інших.

У деяких випадках великі транспортні компанії на підставі наявного досвіду і специфіки експлуатації застосовують «свої» тактики ТО і Р при збереженні загальних принципів планово-попереджувального системи і використанні базових нормативів [20].

Тому для АТ найбільш доцільним є використання систем ТО і Р за станом, наприклад, системи ОР-Д-УН [4].

Система ОР-Д-УН є вітчизняної діагностичної системою ТО і Р. Вона була розроблена для транспортних машин в галузевій діагностичній науково-дослідній лабораторії Харківського автомобільно-дорожнього інституту [4, 7].

Система «ОР-Д-УН» означає:

- ОР або «обов'язкові роботи», тобто наявність в системі планових профілактичних впливів, які є обов'язковими для забезпечення працездатності та, перш за все, безпеки РС;

- Д або «діагностика», тобто основа діагностичної системи;

- УН або «усунення несправностей», тобто наявність в системі впливів, спрямованих на усунення відмов і несправностей РС.

Особливість системи ОР-Д-УН і її основна наукова ідея, яка реалізовує планово-попереджувальну «концепцію управління працездатністю виробів» складається в енергетичному підході до оцінки ресурсу таких виробів.

Тому розрахунок періодичності профілактичних впливів в системі ОР-Д-УН ведеться за витратами пального, що визначає основний принципова відмінність цієї системи від традиційної середньостатистичної системи ТО і Р.

Для більш важких умов експлуатації сумарна витрата пального, будучи фіксованою величиною для кожного конкретного автомобіля, має менший пробіг (ресурс) свого використання, тобто менший пробіг реалізації палива, тому система ОР-Д-УН передбачає коефіцієнти коригування пробігу. Більш важкі умови ведуть до зростання витрати пального на кожен кілометр пробігу автомобіля, тобто до зростання питомої значення, яке представляє на АТ норму витрати пального на 100 км. пробігу (табл. 1.2) [6, 7].

Згідно теоретичним основам системи ОР-Д-УН, непрямим відображенням середнього «навантаження» машини в тих чи інших умовах експлуатації є її середня технічна швидкість.

В системі ОР-Д-УН існують чіткі науково обгрунтовані групи умов експлуатації. Основою їх формування (класифікації) є межі швидкості  $V_a$ . Це ті найпоширеніші середні швидкості, які транспортні машини можуть мати в процесі їх ефективного використання на лінії (табл. 1.3 [7]).

Середня технічна швидкість автомобіля - це комплексна статистична характеристика всього можливого спектру умов експлуатації та універсальна оцінка навантажень, які визначають надійність машини. Так, чим вище навантаження на автомобіль, тим частіше на лінії він працює на нижчих

передачах і тим менше його середня технічна швидкість і відповідно ресурс до впливу [7].

Таблиця 1.2 - Питомі витрати пального, пробіги і коефіцієнти їх коригування в різних умовах експлуатації РС (на прикладі вантажного автомобіля 5 класу)

Група умов експлуатації	Витрати пального л/100 км (при $\beta=0,5$ ; $\gamma=0,75$ )	Пробіг до КР, тыс. км	відносні коефіцієнти	
			за розрахунками	по «Положення-84»
1	28,2	349,8	1,0	1,0
2	31,1	317,2	0,9	0,9
3	36,6	269,5	0,77	0,8...0,7
4	41,8	236	0,67	0,7...0,6
5	47,6	207,2	0,59	0,6...0,5

Таблиця 1.3 - Параметри основних характеристик системи ОР-Д-УН

Група умов експлуатації	Межі зміни середніх технічних швидкостей, км / год	Середнє значення швидкосте й, км / год	коефіцієнт коригування		
			Пробіги до КР и ОР, $K_1$	Пробіги до КР і СР, $K_1$	Викиди шкідливих речовин, $K_2$
1	60...48	54	1	1	1
2	48...37	43	0,9	1,1	1,3
3	37...31	34	0,77	1,3	1,8
4	31...27	29	0,67	1,5	2,8
5	27 и <	25 и <	0,59 і <	1,7	4

У структурі систем ТЕА технічний контроль є основним джерелом інформації, необхідної для забезпечення якості робіт по ТО і Р виробів і ефективного управління виробництвом цих робіт.

У структурі ТЕА при наявності планово-попереджувального стратегії ТО і Р автомобілів і значною варіації їх ресурсів, сучасний технічний контроль РС забезпечує можливість отримання достовірної та оперативної інформації про технічний стан кожної одиниці РС, що є основою оптимізації алгоритмів технічних і організаційних заходів, що проводяться в системах ТЕА.

У зв'язку з проведеним аналізом стратегій і тактик ТО і Р РС можна зробити висновок, що традиційна, сформована на АТЗК протягом багатьох років система ТО і Р, вже не відповідає в цілому сучасним вимогам ТЕА [29 - 33]. Її основною перевагою є лише можливість спрогнозувати витрати запасних частин і матеріалів при відсутності хороших діагностичних систем, а основним недоліком - прийняття рішення про проведення робіт ТО і Р на підставі інформації про пробіг РС. При реалізації такої системи ТО і Р на практиці, вона не враховує реальний стан вузлів і агрегатів РС, що призводить до перевитрати запасних частин і, як наслідок, високі витрати на підтримання РС в справному стані.

### 1.3 Інформаційні системи і технології в технічній експлуатації автомобілів

Відомо, що контроль технічного стану машин в період життєвого циклу залишається одним з найскладніших проблем діагностики [6, 11, 15, 17].

В наступний час сукупність можливостей ІПВ / CALS / PLM-технологій, вже успішно реалізованих в авіації, автобудуванні і можливостей ITS на АТ, що дозволяє автоматизувати контроль технічного стану автомобілів, забезпечивши можливість отримання діагностичної інформації в режимах «*on line*» і «*off line*».

Раніше в ПАТ інформаційні системи і технології використовувалися в основному для удосконалення документообігу. Так наприклад [3, 12], на ПАТ з парком 100 автомобілів щомісяця оброблялося до 3 тисяч подорожніх листів, 700-



800 заявок на запчастини, 250-300 листів обліку ТО і Р і інших документів, а документообіг тільки технічної служби ПАТ включав понад 120 документів.

Завдання впровадження інформаційних технологій в ТЕА розглядалися в роботах [12, 13, 24 - 29, 35]. Передовими інформаційними технологіями для АТЗК є, перш за все, *CASE*-технології, а також стратегія *CALS*.

Існуюча концепція *FADEC* спрямована на створення єдиної структури з бортових систем управління робочими процесами вузлів і агрегатів, систем контролю і діагностики, систем організаційно-функціональної підтримки процесів експлуатації РС, що дозволяє формувати інформаційні системи організаційно-функціональної підтримки (збору, аналізу та управління потоками інформації) процесів експлуатації, тобто дозволяє реалізувати на практиці ІПВ / *CALS* / *PLM*-технології.

Прикладом може бути програма *Torque*, як основа «автомобільної» концепція *FADEC*, що представляє собою перший крок до системи *FRACAS* і, відповідно ІПВ / *CALS* / *PLM*-технологій, які призначені для отримання і відображення діагностичної інформації бортової системи самодіагностики. Сьогодні вона вже «вміє» відображати поточні параметри роботи двигуна, інших систем, вузлів і агрегатів, відображати і розшифровувати «коди помилок», «стирати помилки» з електронного блоку управління (ЕБУ), автоматично відправляти значення величин параметрів, що контролюються датчиком (логи), в інтегроване електронне інформаційне метaproстранство, де протягом півроку можна подивитися не тільки поточні значення контрольованих величин в різний час, але і побачити на карті весь маршрут РС за цей період.

Не менш значущими для ІПВ / *CALS* / *PLM*-технологій на АТЗК є такі найпростіші (з точки зору вирішуваних на АТ завдань) електронні інформаційні системи, як:

- *GPS-Trace Orange*, що надає на базі комерційної системи моніторингу транспорту «*Wialon*» послуги супутникового спостереження і контролю через *Web*-інтерфейс за РС, оснащеним трекером або будь-якими іншими комунікаторами з модулем *GSM*;



- M2M (машинно-машинне взаємодія або англ. Machine-to-Machine, Mobile-to-Machine, Machine-to-Mobile), що створює технології, які дозволяють досить просто, надійно і вигідно забезпечити передачу даних між «розумними» пристроями (smart devices), що представляють собою електронні машини, здатні взаємодіяти між собою;

- СКРТ (Система контролю витрати палива), що представляє набір сучасних «інструментів» управління РС, заснований на базі супутникової навігації моніторингу транспорту, що забезпечує контроль витрати палива, навантаження на осі, часу роботи РС та інших параметрів експлуатації;

- Teletrack, що представляє спеціалізований програмно-апаратний комплекс для супутникового моніторингу, який складається з бортового сканер - комунікатора (контролер - комунікатор, різні датчики, що забезпечують відкриту архітектуру, масштабованість, гнучкість системи моніторингу), ПЗ (серверного, диспетчерського «Track Control») і що дозволяє інтегрувати дане рішення для моніторингу транспорту в будь-яку керуючу систему підприємства, вирішуючи складні і нестандартні задачі;

- Dynafleet®, що є шведської транспортно-інформаційною системою або єдиним телематичних продуктом для тягачів (наприклад, Scania), яка працює на всій території ЄС.

Сукупність на АТЗК традиційних підприємств і абсолютно нових утворень (наприклад, GPS-Trace Orange, M2M, СКРТ і ін.), що представляють електронні інформаційні системи і технології, формує на АТЗК і АТ в цілому абсолютно нові принципи технічної експлуатації РС. Під одним з таких принципів розуміється адаптивна система підтримки технічного стану РС [24, 25], ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від РС і її обробку, а також вироблення коригувальних впливів.

## 2 РОЗРОБКА МЕТОДУ І ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ДИСТАНЦІЙНОГО ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ В ІНФОРМАЦІЙНИХ УМОВАХ ITS

### 2.1 Формування методу і математичної моделі застосування класифікації умов експлуатації автомобілів в інформаційних умовах ITS

Однією із складових дослідження можливості дистанційного отримання інформації про умови експлуатації (УЕ) ТЗ в умовах ITS є формування і дослідження методики застосування класифікації умов експлуатації ТЗ.

Сучасні бортові системи моніторингу параметрів технічного стану в умовах ITS дозволяють здійснювати ідентифікацію ТЗ, безперервне автоматичне вимірювання параметрів, що характеризують технічний стан ТЗ, діагностування, а саме контроль справності ТЗ і його складових елементів, розпізнавання і запобігання розвитку відмов у його роботі і в кінцевому рахунку – забезпечення функціонування адаптивної системи ТО і Р ТЗ за технічним станом [13, 15]. Система моніторингу УЕ в частині дорожніх і транспортних умов повинна відстежувати несправності шляху з прив'язкою до місця розташування (табл. 2.1).

Моніторинг і аналіз умов експлуатації ТЗ неможливо повноцінно забезпечити без формування системної взаємодії із інфраструктурою автомобільних доріг. Функціонування системи моніторингу умов експлуатації ТЗ неможливо без використання існуючих і розробки спеціального програмного забезпечення сучасних інформаційно-програмних комплексів (ІПК).

Запропонована система моніторингу з використанням інформаційних технологій дозволяє здійснювати дистанційний збір, обробку та надання оперативної інформації в реальному часі, відображати стан шляху на карті, використовувати статистичні дані всіх проїздів, автоматично виявляти і відзначати критичні місця, що дозволяє швидко приймати рішення і оперативно реагувати на нештатні ситуації тощо (рис. 2.1).

Таблиця 2.1 - Залежність основних класифікаційних ознак УЕ в залежності від складових можливостей використання інформаційних умов ITS

№ з/п	Основні класифікаційні ознаки УЕ		Інформаційні можливості ITS		Примітки
			БІНК	Інфраструктура автомобільних доріг і АТ	
1	Дорожні умови	Повздожній профіль	+ (-)	-	*
		Висота над рівнем моря	+	+	
		Ширина проїзної частини	-	+	
		Тип і стан покриття	- (+)	+	*
		Зчеплення коліс з дорогою	-	-	
2	Транспортні умови	Рід вантажу, що перевозиться	+	- (+)	*
		Щільність потоку	- (+)	+	*
		Режим руху	+	- (+)	*
		Швидкість руху	+	+	
3	Атмосферно-кліматичні умови	Температура повітря	+	+	
		Тиск повітря	+	-	
		Вологість повітря	-	+	
		Опади	-	+	
		Видимість	-	+	
4	Культура експлуатації	Рівень організації робіт і управління	- (+)	+	*
		Кваліфікація і старанність водія	- (+)	-	*
		Дотримання правил і інструкцій	- (+)	+	*
		Матеріально-технічна база	-	+	

Інформаційна система моніторингу (ІСМ) стану і УЕ ТЗ включає в себе сукупність стаціонарних і мобільних (бортових щодо ТЗ) систем збору і передачі інформації (рис. 2.1).

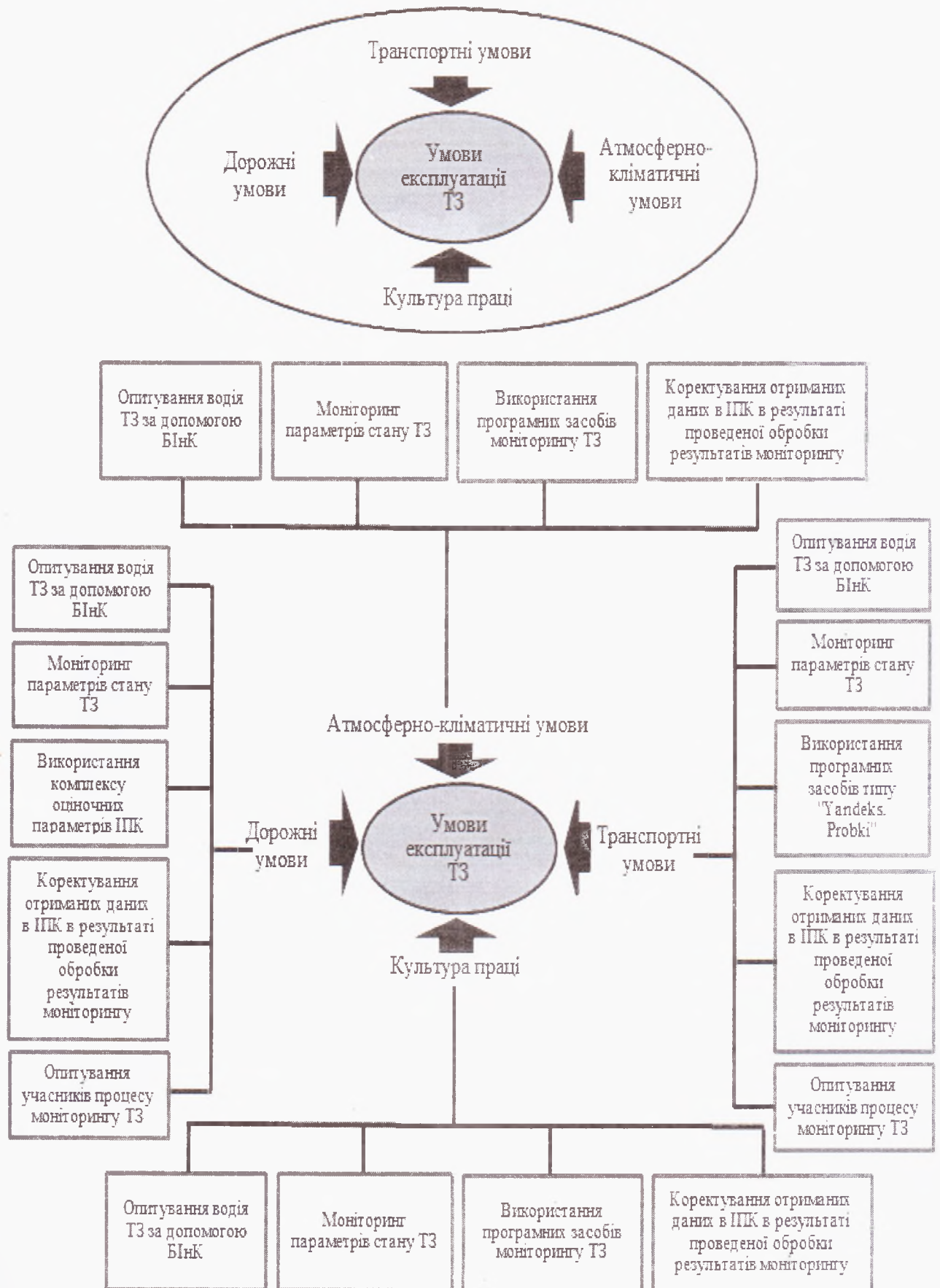


Рисунок 2.1 - Загальна схема способів отримання і формування інформації про стан і умови експлуатації ТЗ в умовах ITS

Основний принцип інформаційного обміну між елементами *ITS*, а саме ТЗ і транспортної інфраструктури в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації та побудови ІСМ полягає в тому, що в ній ТЗ є не тільки об'єктом контролю і управління, але також джерелом постійно поновлюваної інформації про стан умов його експлуатації. Тобто вона є сучасною контрольньо-вимірною системою, яка накопичує і зберігає інформацію про технічний стан ТЗ, умови його експлуатації в межах ділянки руху, а також приймає рішення при виявленні небезпечної, аварійної ситуації або несправності ТЗ.

До складу інформаційного забезпечення системи входять наступні складові:

- система збору, накопичення і розповсюдження інформації про технічний стан ТЗ в умовах експлуатації;
- автоматизовані інструментальні засоби діагностики технічного стану ТЗ і автомобільних доріг;
- база географічних даних про стан дороги та об'єкти інфраструктури автомобільних доріг;
- система збору та передачі даних;
- комплекс завдань контролю стану і планування умов експлуатації ТЗ;
- засоби візуалізації результатів моніторингу автомобільних доріг і зв'язку з водієм і іншими учасниками руху.

Інформація про фактичні параметри технічного стану ТЗ зображується в дослідженні як побудова функції:

- в процесах моніторингу і діагностування технічного стану

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ts}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{s_i}, K_{t_i}) \Rightarrow S_{y.e.TЗ} \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.TЗ}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{array}{l} e_{y.e.TЗ,тр} \\ e_{y.e.TЗ,дор} \\ e_{y.e.TЗ,а.к} \\ e_{y.e.TЗ,ке} \end{array} \right), r \end{array} \right. = S_{y.e.TЗ} \quad (2.1)$$



- в процесах прогнозування технічного стану

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{(t+k\Delta t)} \left( \begin{array}{l} \bar{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, \bar{X}_i(t+k\Delta t), \bar{X}_i(t+(k-1)\Delta t), \dots, \\ \bar{X}_i(t+(k-n)\Delta t), DTC_{s_i} K_{t_i(t+k\Delta t)} \Rightarrow S_{y.e.ТЗ}(t+k\Delta t) \end{array} \right) \\ \Omega_l^{m_i} (e_{y.e.ТЗ(t+k\Delta t)}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{array}{l} e_{y.e.ТЗ.тр(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.ТЗ.дор(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.ТЗ.а.к(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.ТЗ.ке(t+k\Delta t)} \end{array} \right), r \end{array} \right\}^J = S_{y.e.ТЗ}(t+k\Delta t) \quad (2.2)$$

де  $F_{ts}$  - інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідних УЕ у відповідний момент часу;  $\bar{H}_i$  - вектор органа(ів) керування енергетичної установки ТЗ (координата задатчика(ів) органа керування) в часі  $t$ ;  $t$  - поточний час процесу моніторингу;  $\Delta t$  - інтервал часу між вимірюваннями в процесах моніторингу;  $\bar{X}_i(t)$  при  $i = 1, \dots, m$  - характеристики технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, що виміряні і входять в перелік ретроспективних впливових факторів (основні параметри технічного стану ТЗ в УЕ);  $n$  - кількість інтервалів (число вимірювань) у минулі періоди моніторингу;  $m$  - кількість вимірюваних характеристик (параметрів) технічного стану ТЗ;  $DTC_{s_i} K_{t_i}$  - результати моніторингу кодів DTCs ТЗ;  $\Omega$  - оператор відображення;  $S_{y.e.ТЗ}$  - система визначення (забезпечення) УЕ ТЗ (в представленому випадку система  $S_{y.e.ТЗ}$  являє собою відображення властивостей підоб'єктів визначення (забезпечення) УЕ  $e_{y.e.ТЗ}$  ТЗ та їх відношень  $r$  для  $m_i$  по  $J$  в  $l$ );  $m_i$  - кількість засобів отримання інформації (засобів спостереження) в (для) ТЗ;  $l$  - зв'язки між засобами спостереження і підоб'єктами визначення УЕ ТЗ;  $e_{y.e.ТЗ}$  - множина підоб'єктів визначення УЕ ТЗ ( $e_{y.e.ТЗ.тр}$  - транспортні;  $e_{y.e.ТЗ.дор}$  - дорожні;  $e_{y.e.ТЗ.а.к}$  - атмосферно-кліматичні;  $e_{y.e.ТЗ.ке}$  - культура експлуатації);  $r$  - множина відношень між основними УЕ ТЗ;  $J$  - завдання визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ;  $F_{(t+k\Delta t)}$  - прогнозована інформація про параметри технічного стану ТЗ у



відповідний момент часу в процесі виконання своїх функцій (в процесі роботи ТЗ за призначенням) в майбутньому на інтервалі упередження довжиною  $(t + k\Delta t)$  в залежності від відомих значень у минулому, в заданому інтервалі прогнозування  $\delta$  с заданою довірчою ймовірністю  $p$ ;  $k$  - кількість (число) інтервалів прогнозованих значень параметрів технічного стану у майбутньому, визначає тип прогнозу - короткотерміновий, середьотерміновий тощо при прогнозованих УЕ відповідно  $(e_{y.e.T3(t+k\Delta t)})$ .

В процесі розробки інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з урахуванням УЕ були зібрані наявні джерела інформації в частині координат ТЗ на місцевості в реальному часі, модель автомобільної дороги, моделі об'єктів інфраструктури доріг, територіальних природних і техногенних систем, отримані результати трекінгу ТЗ.. Джерела інформації для забезпечення функціонування інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ з урахуванням УЕ представлені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Джерела інформації для інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ з урахуванням УЕ

№	Параметр	Джерела інформації для інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ з урахуванням УЕ
1	Параметри стану і положення ТЗ на мапі	<a href="http://view.torque-bhp.com/">http://view.torque-bhp.com/</a> <a href="http://ian-hawkins.com:8080/">http://ian-hawkins.com:8080/</a>
2	Транспортні УЕ ТЗ з урахуванням геолокації	<a href="http://yandex.ua/maps.ru/kharkov.htm">http:// yandex.ua/maps.ru/kharkov.htm</a>
3	Атмосферно-кліматичні УЕ ТЗ	<a href="http://meteoco.ru/">http://meteoco.ru/</a> <a href="http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php">http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php</a>
4	Дорожні УЕ ТЗ	<a href="http://view.torque-bhp.com/">http://view.torque-bhp.com/</a> <a href="https://yandex.ua/maps/">https://yandex.ua/maps/</a> (приклад: <a href="https://yandex.ua/maps/147/kharkiv/?lang=ru&amp;ll=36.231202%2C49.990175&amp;z=13">https://yandex.ua/maps/147/kharkiv/?lang=ru&amp;ll=36.231202%2C49.990175&amp;z=13</a> )
5	Ідентифікація ТЗ в процесі експлуатації в умовах ITS	<a href="http://view.torque-bhp.com/">http://view.torque-bhp.com/</a> <a href="http://carlife.in.ua/vin-kod">http://carlife.in.ua/vin-kod</a>

Розроблено метод застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах *ITS* в процесі формування загального інформаційного забезпечення системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, побудованого на основі серверних рішень, локального джерела інформації (транспортного засобу, водія тощо) і мережевих баз даних. Система загального інформаційного забезпечення процесів моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів забезпечує повноцінний збір і обробку інформації в реальному часі від бортової інформаційної системи моніторингу, розміщеної на ТЗ, і від системи збору інформації, що працює у взаємодії із водієм та інфраструктурою транспорту на основі поточного стану дорожніх, транспортних, кліматичних умов експлуатації і технічних споруд, в процесах порівняння з нормативними даними і даними попереднього контролю; відображення обстановки на ділянці руху автомобіля і результатів аналізу в реальному часі і за відповідними запитами; ідентифікацію предаварійного і аварійного станів шляху; архівування результатів моніторингу; розроблення рекомендацій щодо швидкісного режиму на ділянках руху ТЗ за результатами аналізу.

## 2.2 Розробка структури і принципу взаємодії між елементами *ITS* системи дистанційного моніторингу ТЗ на основі БІНК *ITS*

Для визначення предметної області інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації при проведенні його моніторингу використано діаграми потоків даних (DFD - Data Flow Diagram). Розроблена діаграма (рис. 2.2) потоків даних (DFD) являє собою самий верхній описовий рівень системи моніторингу ТЗ. Джерелами інформації про технічний стан ТЗ в системі моніторингу технічного стану виступають «Учасники процесу моніторингу ТЗ, засоби моніторингу», «Процес експлуатації ТЗ в умовах експлуатації», «Умови експлуатації ТЗ в процесах моніторингу» тощо, що вважаємо «зовнішніми сутностями» [16].

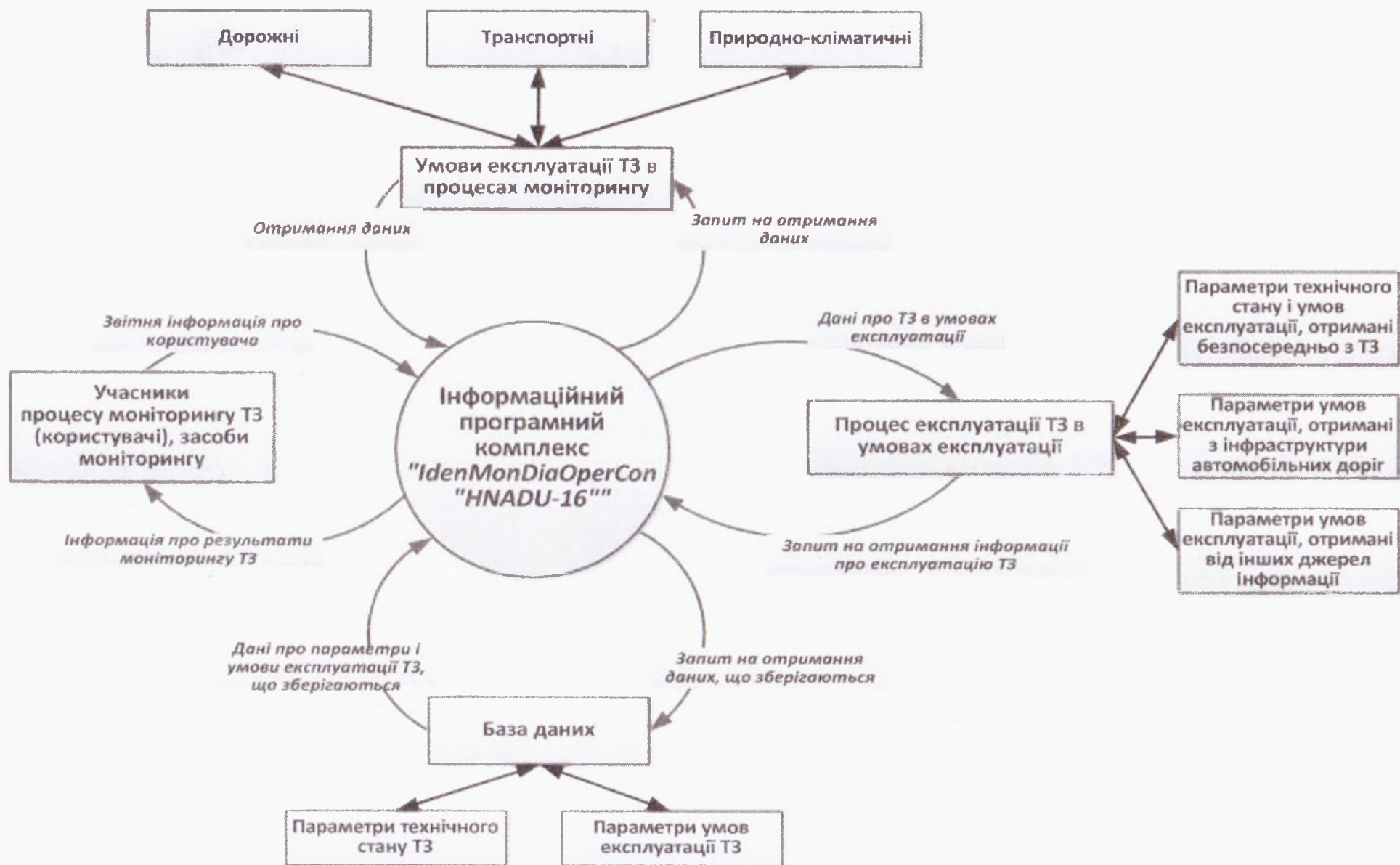
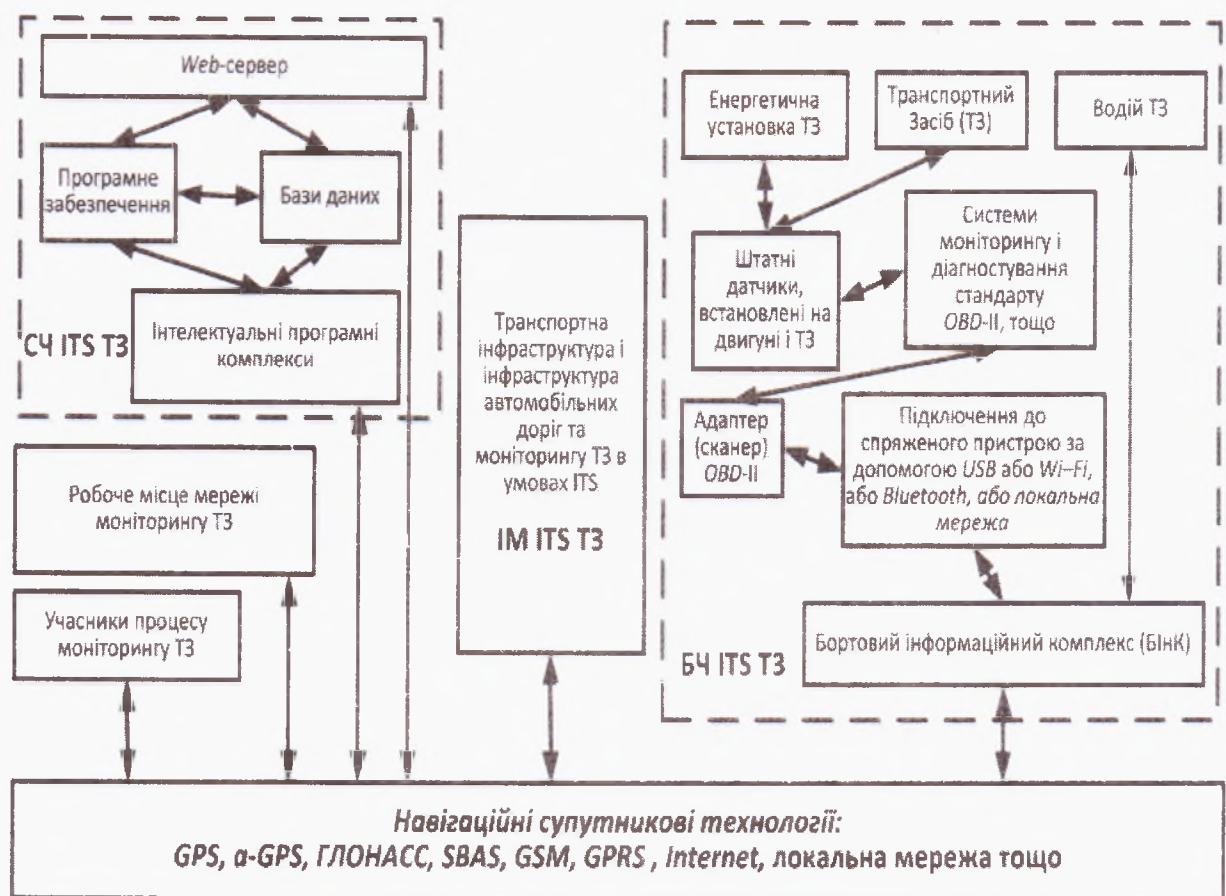


Рисунок 2.2 - DFD-діаграма функціонування інформаційної системи моніторингу ТЗ

В межах показаної на рис. 2.2 DFD-діаграми, розроблено структуровану інформаційну модель ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» [33].

Реалізація указаних на рис. 2.2 можливостей забезпечується поєднанням сучасних комп'ютерних технологій та мережею навігаційних супутникових технологій, а саме GPS, a-GPS, ГЛОНАСС, SBAS, GPRS, Internet, локальною мережею тощо [24].

Запропонована технологія інформаційного обміну між елементами *ITS* ТЗ для виконання дистанційного дослідження швидкозмінних робочих процесів експлуатації ТЗ в процесі зміни УЕ показана на рис. 2.3.



СЧ *ITS* ТЗ – серверна частина *ITS* ТЗ; ІМ *ITS* ТЗ – інфраструктура моніторингу *ITS* ТЗ в транспортній інфраструктурі та інфраструктурі автомобільних доріг; БЧ *ITS* ТЗ – бортова частина *ITS* ТЗ у складі бортового інформаційного комплексу (БІК)

Рисунок 3.2 - Схема інформаційного обміну між елементами *ITS* ТЗ і транспортної інфраструктури та інфраструктури автомобільних доріг в процесах моніторингу параметрів технічного стану в УЕ



### 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ БОРТОВОГО ІПК СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ І ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В РАМКАХ ITS

3.1 Програма, об'єкти і вимірювальні прилади експериментальних досліджень

Програма експериментів включала:

- адаптацію відомих спеціалізованих алгоритмів для дистанційної ідентифікації, моніторингу та діагностування параметрів технічного стану ТЗ в УЕ засобами ITS;

- експериментальне визначення параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації між елементами ITS за допомогою бортового інформаційного комплексу (БІНК) і засобів моніторингу транспортної інфраструктури.

Основним об'єктом експериментального дослідження процесів зміни параметрів технічного стану обран легковий автомобіль Volkswagen Golf VII GTD 2.0 TDI (АН2214ІХ, рис. 3.1), оснащений приладами інформаційного моніторингу між елементами ITS.



Рисунок 3.1- Автомобіль Volkswagen Golf VII GTD 2.0 TDI під час моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації

Для проведення дослідження в межах встановленої програми, БІНК складався [24] з бортового діагностичного сканера - адаптера Scanmaster ELM327, підключеного до рознімання *OBD-II* ТЗ і смартфона (планшета), з'єднаного через Bluetooth з ним, з встановленими програмами моніторингу і діагностування ТЗ. При підключенні Scanmaster ELM327 до рознімання *OBD-II* автомобіля на монітор смартфона виводилась технічна інформація, перетворена в бортовому контролері ТЗ, що надходила від його штатних датчиків ТЗ. Від смартфона інформація, а саме параметри технічного стану ТЗ, за допомогою навігаційних супутникових технологій, з використанням технічних можливостей серверу моніторингу, поступає до видаленого робочого місця системи моніторингу ТЗ.

### 3.2 Результати виконання ідентифікації ТЗ в УЕ засобами ITS

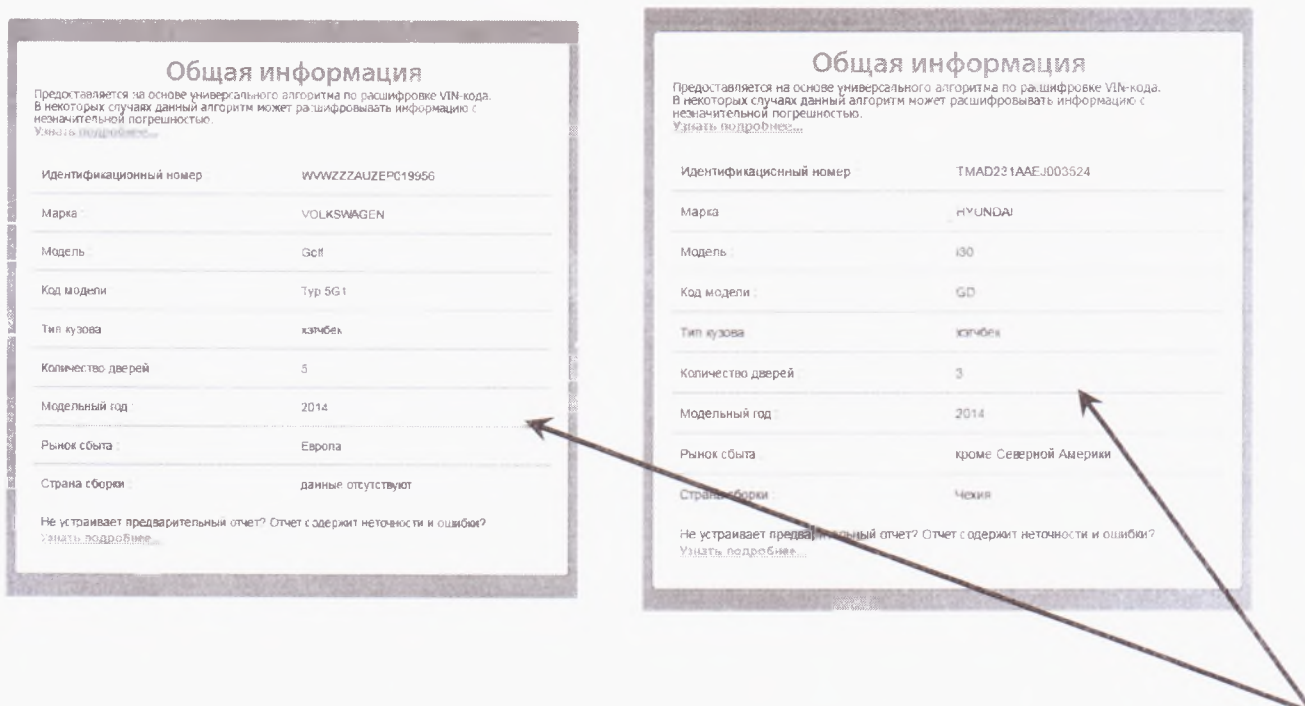
Для дослідження і оцінювання умов експлуатації ТЗ в процесі його використання за призначенням використовується комбінований підхід, який включає в себе поєднання інформації про параметри технічного стану, що отримані від блоку керування (контролера) ТЗ, з використанням інформації про дорожні і транспортні умови експлуатації від інших джерел. До них відносяться технічні параметри, що отримані від транспортної інфраструктури і інфраструктури автомобільних доріг (розділ 2).

Ідентифікація ТЗ в потоці виконувалась за допомогою мережеских даних і з використанням програмного модуля *Carlif*e (<http://carlife.in.ua/vin-kod>), а також з використанням програмного модуля *Torque* (<http://ian-hawkins.com:8080/>) і ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» [33]. В першому випадку ідентифікація ТЗ проводилась в ручному режимі по разовому запиту, а в другому – в автоматичному режимі, за допомогою програмного модуля *Torque* і ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»». Це відбувається при встановленні сканера-адаптера *Scanmaster ELM327* в рознімання *OBD-II* ТЗ. В цей момент відбувається ідентифікація ТЗ і *VIN* код ТЗ передається в мережу за допомогою програмного



модуля *Torque* і реєструється за допомогою ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»».

Робоче вікно *Carlif* (рис. 3.2) відображає підсумковий звіт про результати ідентифікації транспортного засобу в умовах експлуатації. При натисканні кнопки «Показати *Torque*» відбувається підключення до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Torque* [24]).



Робочі вікна з розширеною робочою областю Інформації про ТЗ про результати ідентифікації транспортного засобу в умовах експлуатації з використанням програмного модуля Carlif

Рисунок 3.2 - Робоче вікно *Carlif* з підсумковим звітом про результати ідентифікації транспортного засобу в умовах експлуатації

При натисканні кнопки «Показати *Torque*» [33] відбувається підключення до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Torque*. Робоче вікно *Torque* (рис. 3.3) відображає поточні параметри роботи двигуна ТЗ, інших систем і агрегатів, «коди помилок», «стирати помилки» з ЕБУ ТЗ, автоматично відправляти значення величин параметрів, контрольованих датчиком, в інтегроване електронне інформаційне метапространство, де протягом встановленого часу можливо подивитися не тільки значення контрольованих

величин в різний час, але й побачити на карті весь маршрут ТЗ за встановлений період [24].



Рисунок 3.3 - Робоче вікно *Torque* з параметрами моніторингу параметрів технічного стану ТЗ

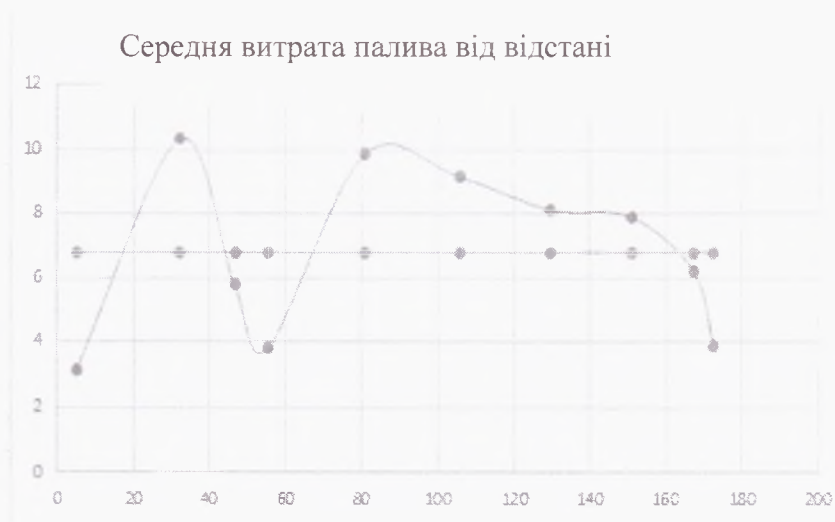
### 3.3 Результати виконання моніторингу технічного стану ТЗ в УЕ засобами *ITS*

Процес діагностування і визначення статусу несправності ТЗ за допомогою DTCs здійснювався в автоматичному режимі за допомогою модуля *Torque* в межах розробленого ІПК в умовах *ITS* [33]. Підсумковий звіт про результати діагностування технічного стану і визначення статусу несправностей у взаємодії з комп'ютером користувача через ІПК також може бути доступним у вигляді зведеної таблиці - DTCs ТЗ (рис. 3.4).

<b>Итого – результаты определения DTCs</b>	
Начало интервала	2017-02-02 14:45:31
Конец интервала	2017-02-02 17:23:45
Устройство	KIA CEE'D 2.0 5MT2 (AH3128CM) engine G4GC (4FS 8.2 / 9.35)
Пробег в поездках	171,66 Км
Время в движении	02:14:01
Выявление кода неисправности	3
Распознавание кода неисправности	3
<b>Распознавание кода неисправности DTCs в БМК</b>	
<b>P0133 – Трансмиссия</b> <b>02 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 1)</b> <b>P0170 - Трансмиссия</b> <b>Fuel Trim (Bank 1)</b> <b>P0304 - Трансмиссия</b> <b>Cylinder 4 Misfire Detected</b>	
Предупреждение о наличии неисправности	Да / 15:30:55
Передача информации о выявленной неисправности	Да / 15:30:58
Пробег от момента выявления неисправности	116.6
Время от момента выявления неисправности	01:15:24
<b>Сообщение сервера БМК о распознавании DTCs</b>	
<b>P0133</b> O2 Sensor Circuit Slow Response (Sensor1)	<b>PO133</b> Электрическая цепь датчика O2 – медленная реакция (ряд цилиндров 1, датчик 1)
<b>PO170</b> Malfunction equalizer fuel supply (Bank 1)	<b>PO170</b> Неправильная работа корректора подачи топлива (ряд цилиндров 1)
<b>P0304</b> Cylinder 4-Misfire Detected	<b>PO304</b> Зарегистрирован пропуск воспламенения в цилиндре №4

Рисунок 3.4 - Отриманий підсумковий звіт з РМ ММТЗ про результати діагностування технічного стану і розпізнавання DTCs при використанні ПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» і програмного модуля *Torque* в умовах *ITS*

Результати моніторингу зміни витрати палива в залежності від відстані шляху і часу руху ТЗ показано на рис. 3.5, а середньої швидкості автомобіля на рис. 3.6.



а



б

Рисунок 3.5 - Результати дослідження витрати палива ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху: а - в залежності від відстані шляху; б - в залежності від часу руху

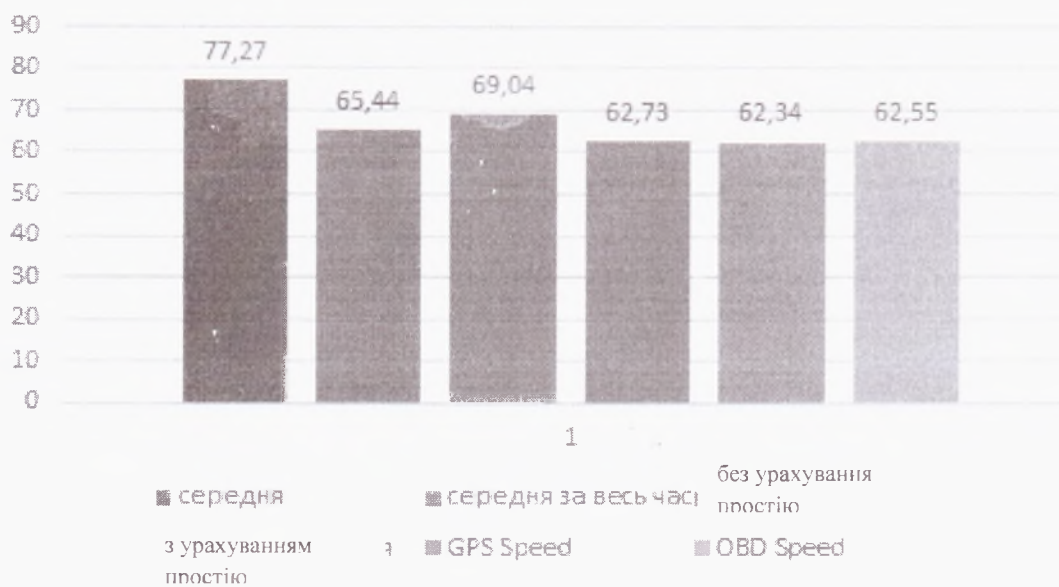


Рисунок 3.6 - Результати визначення зміни середньої швидкості руху ТЗ за результатами обробки звіту



## ВИСНОВКИ

1. У зв'язку з проведеним аналізом стратегій і тактик ТО і Р РС можна зробити висновок, що традиційна, сформована на АТЗК протягом багатьох років система ТО і Р, вже не відповідає в цілому сучасним вимогам ТЕА. Її основною перевагою є лише можливість спрогнозувати витрати запасних частин і матеріалів при відсутності сучасних діагностичних систем, а основним недоліком - прийняття рішення про проведення робіт ТО і Р на підставі інформації про пробіг РС. При реалізації такої системи ТО і Р на практиці, вона не враховує реальний стан вузлів і агрегатів РС, що призводить до перевитрати запасних частин.

2. Сформовано метод застосування класифікації UE автомобілів в інформаційних умовах ITS, який дозволяє дистанційно отримувати інформацію про UE ТЗ в умовах ITS.

3. Сформована інформаційна система моніторингу стану і UE ТЗ, описано загальне інформаційне забезпечення системи, а також описані: процеси дослідження і оцінка UE ТЗ; інформаційна модель положення ТЗ; швидкісна модель режимів руху ТЗ. Крім цього описані засоби оцінювання: типу і стану дорожнього покриття; стану об'єктів транспортної інфраструктури; стану прилеглої території автомобільної дороги; економії палива ТЗ в UE, а також засоби коригування швидкості руху ТЗ в залежності від сформованих UE.

4. Розроблена структура і взаємозв'язок функціональних можливостей БІНК для отримання інформації про UE ТЗ, в основу системної взаємодії якого покладені наступні основні функції бортового інформаційного комплексу. Результатом процесів моніторингу робочих процесів ТЗ в умовах експлуатації було визначення фактичних параметрів технічного стану самого ТЗ, корегування умов експлуатації, а також точного визначення місця розташування і точного часу за параметрами, прийнятими від навігаційних супутникових систем, що виконується GPRS приймачем, та обміну цією інформацією з робочим місцем моніторингу ТЗ і іншими учасниками моніторингу робочих процесів ТЗ

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Транспорт і зв'язок України за 2014 рік. – К.: Консультант, 2015. – 222 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. Российская автотранспортная энциклопедия. Техническая эксплуатация, обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Т.3. – 2001. – 455 с.
4. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Говорущенко Н.Я. – Х.: Вища школа, 1984. – 312 с.
5. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Кузнецов Е.С. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
6. Говорущенко Н.Я. Техническая кибернетика транспорта: учебное пособие / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 2001. – 271 с.
7. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). Ч.1 / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Х.: РИО ХГАДТУ, 1998. – 255 с.
8. Зарубкин В.А. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в АТП / Зарубкин В.А. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1976. – 126 с.
9. Кузнецов Е.С. Направления научно-технического прогресса и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: МАДИ, 1987. – 90 с.
10. Кузнецов Е.С. Техническое обслуживание и надёжность автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1972. – 224 с.
11. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Под ред. Г.В. Крамаренко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.
12. Аринин И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей / И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 314 с.



13. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. – 4-е изд., перераб. и дополн. – М.: Наука, 2001. – 535 с.

14. Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей. Теоретические и практические аспекты: Учеб. пособие для студентов учеб. заведений / В.С. Малкин. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

15. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: Учебник: В 3-х кн. – К.: Выща шк., 1991. – Кн. 1. Теоретические основы. Технология / В.Е. Канарчук, А.А. Лудченко, И.П. Курников, И.А. Луйк. – 359 с.

16. Клейнер Б.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Организация и управление / Б.С. Клейнер, В.В. Тарасов. – М.: Транспорт, 1986. – 237 с.

17. Основы технического обслуживания автомобилей / А.А. Лудченко. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 399 с.

18. Прудовский Б.Д. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям / Б.Д. Прудовский, В.Б. Ухарский. – М.: Транспорт, 1990. – 239 с.

19. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: [учебное пособие / МАДИ (ТУ)] / Кузнецов Е.С. – М.: Ротапринт МАДИ-ТУ, 2003. – 247 с.

20. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1978. – 168 с.

21. Правила експлуатації колісних транспортних засобів. Про затвердження Правил експлуатації колісних транспортних засобів. Наказ Міністерства інфраструктури України від 26.07.2013 № 550. – Режим доступа: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1453> – 13.

22. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Міністерство транспорту України, 1998. – 16 с. (Нормативний документ Мінтранспорту України. Положення).

23. Порядок перевірки технічного стану транспортних засобів автомобільними перевізниками. Про затвердження Порядку перевірок

технічногостану транспортних засобів автомобільними перевізниками. Наказ Міністерства інфраструктури України від 05.08.2008 № 974. – Режим доступа: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0794-08>.

24. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем. / В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов [и др.]; Под редакцией Волкова В.П. –Донецк: Изд-во “Ноулидж”, 2013. – 398 с.

25. Зубрицкас И.И. Адаптивная система управления техническим состоянием автомобилей / Монография. Деп. ВИНТИ, № 555 – В2004.05.04.2004 г. – 136 с.

26. Зубрицкас И.И. Предпосылки создания новой адаптивной системы управления техническим состоянием автомобиля на базе диагностической информации. Деп. ВИНТИ, № 1312 – В00 – 2000.

27. Зубрицкас И.И. Основные принципы построения адаптивной системы управления техническим состоянием автомобиля на базе диагностической информации. Деп. ВИНТИ, №1313 – В00 – 2000.

28. Волков В.П. Перспективы внедрения адаптивной системы технического обслуживания автомобилей / В.П. Волков, О.Я. Никонов, Ю.В. Волков // Сборник докладов XX научно-технической конференции с международным участием “Транспорт, экология-устойчивое развитие.” - Варна, Болгария. – 2014. – С. 404 – 409.

29. Волков Ю.В. Совершенствование системы обеспечения работоспособности автомобилей / Ю.В. Волков // Politechnika rzeszowska im. Ignacego lukasiewicza. Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza lejdy. Seria: Transpor. Systemy i srodki transportu samochodowego. wybrane zagadnienia. systems and means of motor transport – 2014. – С. 297–303.

30. Волков Ю.В. Ретроспективный анализ и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей / Ю.В. Волков // Вестник ХНАДУ. – №71, 2015. – С.30-35.

31. Волков В.П. Иновационное развитие технической эксплуатации автомобилей в условиях интеллектуальных транспортных систем. Науковий журнал Управління проектами, системний аналіз і логістика / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов [и др.]. – Киев.: НТУ, 2014. – Выпуск 13. – С.126 – 138.

32. Волков Ю.В. Совершенствование технологии контроля работоспособности автомобилей / Ю.В. Волков // Вісник СевНТУ : Збірник наукових праць. – Выпуск 152/2014. – С. 85 – 88. -- (Серія: Машиноприборобудування).

33. Волков В.П. Интеллектуальные системы управления работоспособностью автомобилей / В.П. Волков, В.П. Матейчик, И.В. Грицук [и др.]. – Харьков: Майдан, 2016. –503 с.

34. Волков Ю.В. Состояние и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей. / Ю.В. Волков // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 85-річчю заснування ХНАДУ “Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті”. – Харків, ХНАДУ, 2014. – С. 106 – 108.

35. Степанянц В.С. Об адаптивной системе технического обслуживания и ремонта опасных производственных объектов, основанной на методах теории надёжности и информационной технологии [Электронный ресурс] / В.С. Степанянц // «Предотвращение аварий зданий и сооружений» – 2009. – Режим доступа к журналу: <http://www.pamag.ru/prensa/adpt-sistem>.

36. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ФОП Панов А.М., 2018. – 299 с.

Додаток А – Ілюстративний матеріал до наукової роботи

Шифр «INTESA»

**ІНОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕХНІЧНІЙ  
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

## СУЧАСНИЙ СТАН АТ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

Автомобільний парк України нараховує понад 10 млн. одиниць автомобілів, структура яких виглядає наступним чином [1]: вантажних автомобілів - 15,5%, автобусів - 2,6%, легкових автомобілів - 81,9%.

Перевізники, що мають в експлуатації тільки один транспортний засіб (ТЗ) становить 61%, до трьох ТЗ - 22,4%, до п'яти ТЗ - 7%, до десяти - 5,4, більше 10 ТЗ - 4,3%.

Основна особливість сучасної системи ТЕА на АТЗК пострадянських країн це:

- відсутність нормативної бази щодо обов'язковості кожним власником РС, проводити певний комплекс технічних впливів, які забезпечують працездатність і безпеку РС, результатом чого є втрата на АТЗК механізму управління рівнем технічного стану автомобільного парку через гнучку систему ТО і Р;
- В результаті АТЗК і, перш за все, МПАТ галузі, виявилися в складних умовах, тому що вони:
  - зобов'язані забезпечити технічний стан РС згідно з державними вимогами безпеки руху та екологічної безпеки транспорту;
  - не мають умов (бази, обладнання, персоналу) для підтримки працездатності і необхідного технічного стану РС;
  - не мають чітко узаконених зобов'язань застосовувати систему ТО і Р і виконувати такий мінімальний обсяг робіт ТО і Р, який може забезпечити необхідну працездатність і безпеку РС.

Виходом з цього стану є наступне: сукупність на АТЗК традиційних підприємств і абсолютно нових утворень (наприклад, GPS-Trace Orange, M2M, СКРТ і ін.), що представляють електронні інформаційні системи і технології, формує на АТЗК і АТ в цілому абсолютно нові принципи технічної експлуатації РС. Під одним з таких принципів розуміється адаптивна система підтримки технічного стану РС, ключовим моментом якої є розробка інформаційно-комунікаційної системи і бази прогнозних моделей, що забезпечують шляхом моніторингу дистанційне отримання необхідної поточної інформації від РС і її обробку, а також вироблення коригувальних впливів.



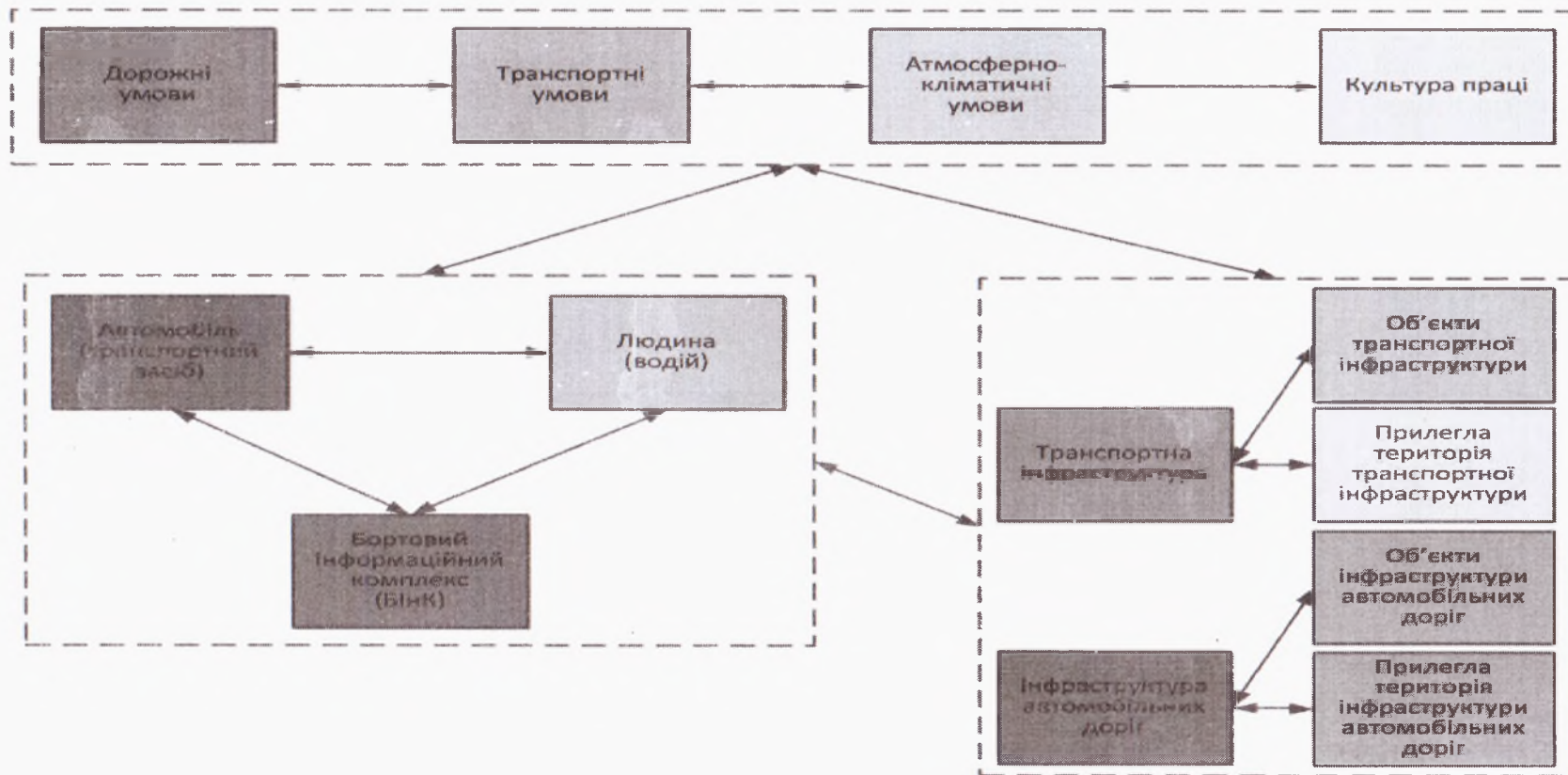
## МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Метою роботи** - є розробка сучасних методів дистанційного контролю технічного стану транспортних засобів (на прикладі автомобілів).

### **Завдання дослідження**

- аналіз методів контролю технічного стану транспортних засобів;
- розробка методу і математичної моделі застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах *ITS*
- практична реалізація функціональних можливостей бортового ІПК системи контролю і обробки інформації в рамках *ITS*;

# ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ



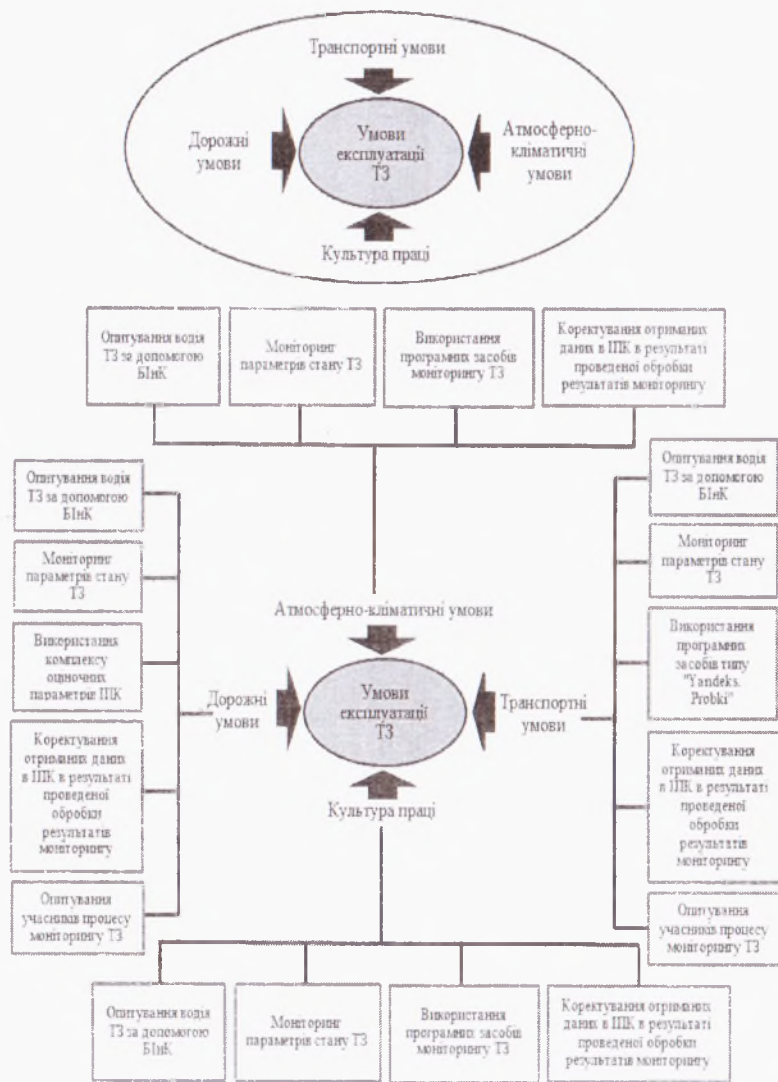
## ОСНОВНІ КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СКЛАДОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ УМОВ ITS

№	Основні класифікаційні ознаки умов експлуатації		Інформаційні можливості ITS		При мітк и
			БІНК	Інфраструктура автомобільних доріг і АТ	
1	Дорожні умови	Повздовжній профіль	+ (-)	-	*
		Висота над рівнем моря	+	+	
		Ширина проїзної частини	-	+	
		Тип і стан покриття	- (+)	+	*
		Зчеплення коліс з дорогою	-	-	
2	Транспортні умови	Рід вантажу, що перевозиться	+	- (+)	*
		Щільність потоку	- (+)	+	*
		Режим руху	+	- (+)	*
		Швидкість руху	+	+	
3	Атмосферно-кліматичні умови	Температура повітря	+	+	
		Тиск повітря	+	-	
		Вологість повітря	-	+	
		Опади	-	+	
		Видимість	-	+	
4	Культура експлуатації	Рівень організації робіт і управління	- (+)	+	*
		Кваліфікація і старанність водія	- (+)	-	*
		Дотримання правил і інструкцій	- (+)	+	*
		Матеріально-технічна база	-	+	
		Якість автоексплуатаційних матеріалів	- (+)	- (+)	*

\* - варіативна складова: «+» - обов'язково; «-» - не обов'язково, може використовуватись



# ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ І УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЗ



Загальна схема способів отримання і формування інформації про стан і умови експлуатації ТЗ в умовах ITS

Джерела інформації для інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ з урахуванням умов експлуатації

№	Параметр	Джерела інформації для інформаційної системи моніторингу технічного стану ТЗ з урахуванням умов експлуатації
1	Параметри стану і положення ТЗ на мапі	<a href="http://view.torque-bhp.com/">http://view.torque-bhp.com/</a> <a href="http://ian-hawkins.com:8080/">http://ian-hawkins.com:8080/</a>
2	Транспортні умови експлуатації ТЗ з урахуванням геолокації	<a href="http://yandex.ua/maps.ru/kharkov.htm">http://yandex.ua/maps.ru/kharkov.htm</a>
3	Атмосферно-кліматичні умови експлуатації ТЗ (після визначення на треку часу і координат положення ТЗ)	<a href="http://meteoco.ru/">http://meteoco.ru/</a> <a href="http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php">http://ready.arl.noaa.gov/READYcmet.php</a>
4	Дорожні умови експлуатації ТЗ	<a href="http://view.torque-bhp.com/">http://view.torque-bhp.com/</a> <a href="https://yandex.ua/maps/">https://yandex.ua/maps/</a> (приклад: <a href="https://yandex.ua/maps/147/kharkiv/?lang=ru&amp;ll=36.231202%2C49.990175&amp;z=13">https://yandex.ua/maps/147/kharkiv/?lang=ru&amp;ll=36.231202%2C49.990175&amp;z=13</a> )
5	Ідентифікація ТЗ в процесі експлуатації в умовах ITS	<a href="http://view.torque-bhp.com/">http://view.torque-bhp.com/</a> <a href="http://carlife.in.ua/vin-kod">http://carlife.in.ua/vin-kod</a>

## ЗАГАЛЬНЕ ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

До складу інформаційного забезпечення системи входять наступні складові:

- система збору, накопичення і розповсюдження інформації про технічний стан ТЗ в умовах експлуатації;
- автоматизовані інструментальні засоби діагностики технічного стану ТЗ і автомобільних доріг;
- база географічних даних про стан дороги та об'єкти інфраструктури автомобільних доріг;
- система збору та передачі даних;
- комплекс завдань контролю стану і планування умов експлуатації ТЗ;
- засоби візуалізації результатів моніторингу автомобільних доріг і зв'язку з водієм і іншими учасниками руху.

Загальна задача формування методу застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS, як складної системи, реалізована як побудова функції:

а) в процесах моніторингу і діагностування технічного стану

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ts}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{s_i} K_{t_i}) \Rightarrow S_{y.e.T3} \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.T3}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \left\{ \begin{array}{l} e_{y.e.T3, tp} \\ e_{y.e.T3, dop} \\ e_{y.e.T3, ak} \\ e_{y.e.T3, ke} \end{array} \right\}, r \right)^J = S_{y.e.T3} \end{array} \right.$$

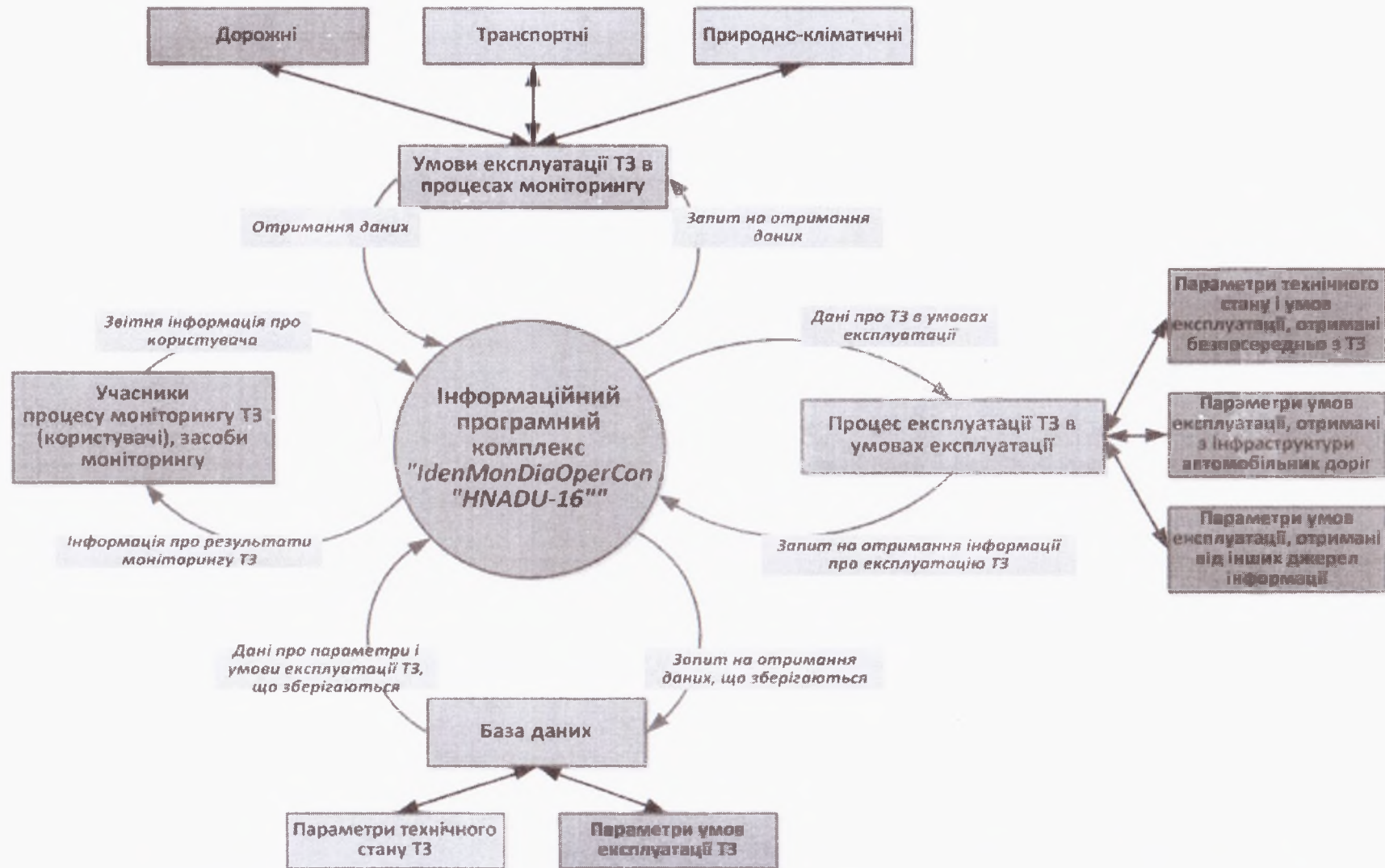
б) в процесах прогнозування параметрів технічного стану

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{(t+k\Delta t)} \left( \bar{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, k, \bar{X}_i(t+k\Delta t), \bar{X}_i(t+(k-1)\Delta t), \dots \right) \\ \bar{X}_i(t+(k-n)\Delta t), DTC_{s_i} K_{t_{(t+k\Delta t)}} \\ \Rightarrow S_{y.e.T3}(t+k\Delta t) \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.T3(t+k\Delta t)}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \left\{ \begin{array}{l} e_{y.e.T3, tp(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3, dop(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3, ak(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.T3, ke(t+k\Delta t)} \end{array} \right\}, r \right)^J = S_{y.e.T3}(t+k\Delta t) \end{array} \right.$$

» де  $F_{ts}$  – інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідних умовах експлуатації у відповідний момент часу;  $\bar{H}_t$  – вектор органа(ів) керування енергетичної установки ТЗ (координата датчика(ів) органа керування) в часі  $t$ ;  $t$  – поточний час процесу моніторингу;  $\Delta t$  – інтервал часу між вимрюваннями в процесах моніторингу;  $X_i(t)$  при  $i = 1, \dots, m$  – характеристики технічного стану ТЗ в умовах експлуатації, що вимряні і входять в перелік ретроспективних впливових факторів (основні параметри технічного стану ТЗ в умовах експлуатації);  $n$  – кількість інтервалів (число вимрювань) у минулі періоди моніторингу;  $m$  – кількість вимрюваних характеристик (параметрів) технічного стану ТЗ;  $DTC_{s_i} K_{t_i}$  – результати моніторингу кодів (DTCs (діагностичних кодів) несправностей ТЗ);  $\Omega$  – оператор відображення;  $S_{y.e.T3}$  – система визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ (в представленому випадку система  $S_{y.e.T3}$  являє собою відображення властивостей підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації  $e_{y.e.T3}$  ТЗ та їх відношень  $r$  для  $m$ , по  $J$  в  $l$ );  $m_i$  – кількість засобів отримання інформації (засобів спостереження) в (для) ТЗ;  $l$  – зв'язки між засобами спостереження і підоб'єктами визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ;  $e_{y.e.T3}$  – множина підоб'єктів визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ ( $e_{y.e.T3, tp}$  – транспортні,  $e_{y.e.T3, dop}$  – дорожні,  $e_{y.e.T3, ak}$  – атмосферно-кліматичні,  $e_{y.e.T3, ke}$  – культура експлуатації);  $r$  – множина відношень між основними умовами експлуатації ТЗ;  $J$  – завдання визначення (забезпечення) умов експлуатації ТЗ;  $F_{(t+k\Delta t)}$  – прогнозована інформація про параметри технічного стану ТЗ у відповідний момент часу в процесі виконання своїх функцій (в процесі роботи ТЗ за призначенням) в майбутньому на інтервалі упередження довжиною  $(t+k\Delta t)$  в залежності від відомих значень у минулому, в заданому інтервалі прогнозування  $\delta$  з заданою довірчою ймовірністю  $p$ ;  $k$  – кількість (число) інтервалів прогнозованих значень параметрів технічного стану у майбутньому, визначає тип прогнозу – короткотерміновий, середьотерміновий тощо при прогнозованих умовах експлуатації відповідно ( $e_{y.e.T3(t+k\Delta t)}$ ).



# МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЗ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ



DFD-діаграма функціонування інформаційної системи моніторингу ТЗ

## СТРУКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ МІЖ ЕЛЕМЕНТАМИ ITS В ПРОЦЕСАХ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

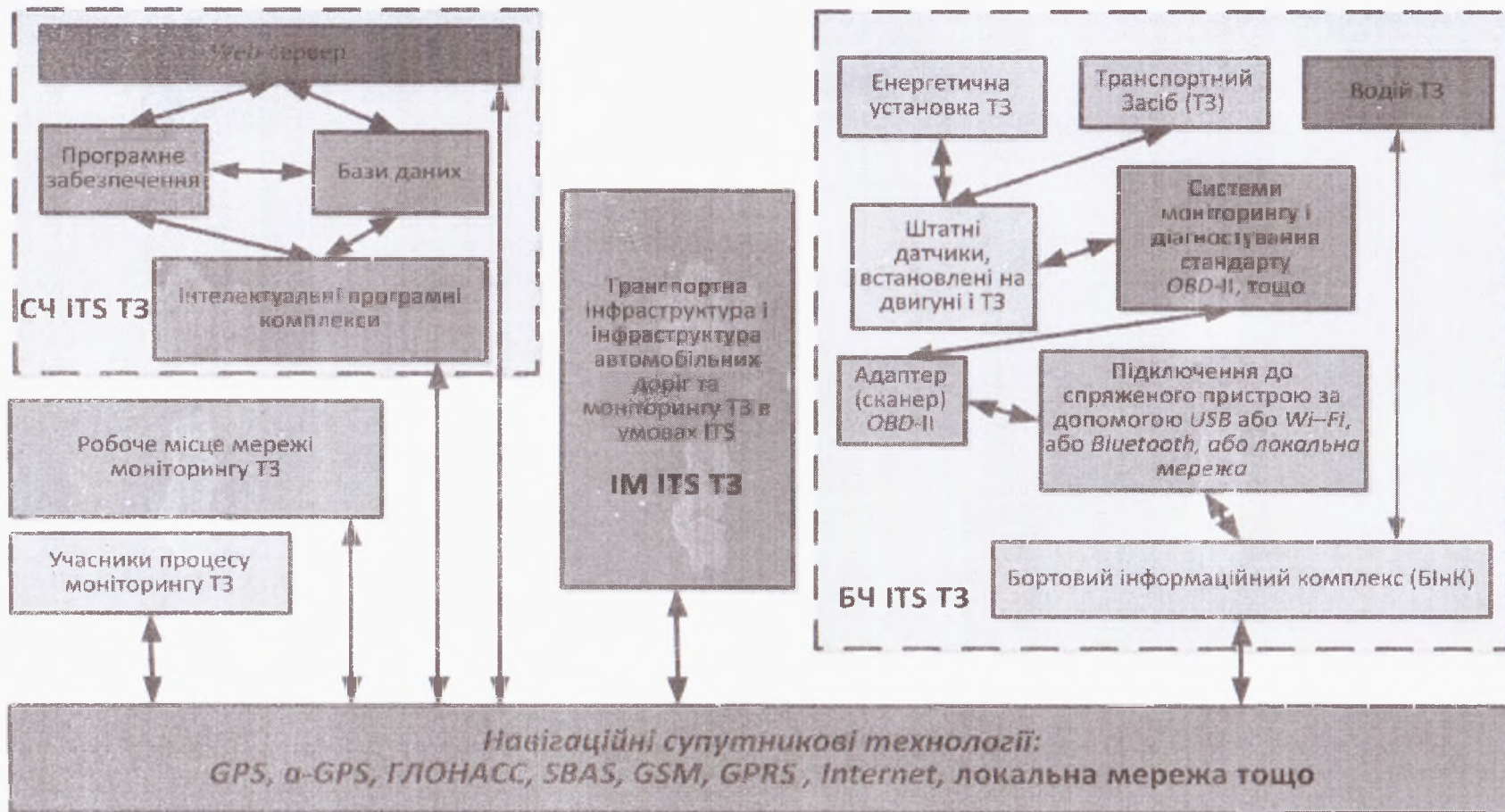


Схема інформаційного обміну V2I між елементами ITS транспортного засобу і транспортної інфраструктури та інфраструктури автомобільних доріг в процесах моніторингу параметрів технічного стану в умовах експлуатації:

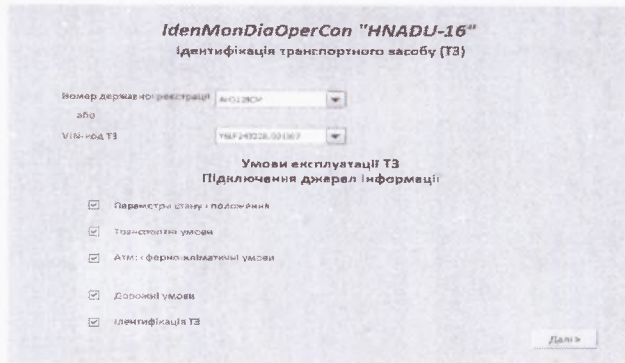
C4 ITS T3 – серверна частина ITS T3;

IM ITS T3 – інфраструктура моніторингу ITS T3 в транспортній інфраструктурі та інфраструктурі автомобільних доріг;

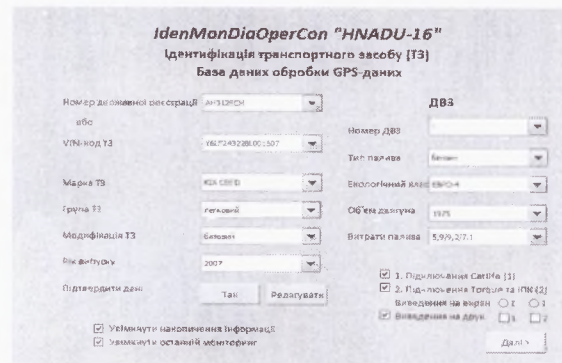
B4 ITS T3 – бортова частина ITS T3 у складі бортового інформаційного комплексу (БІНК)



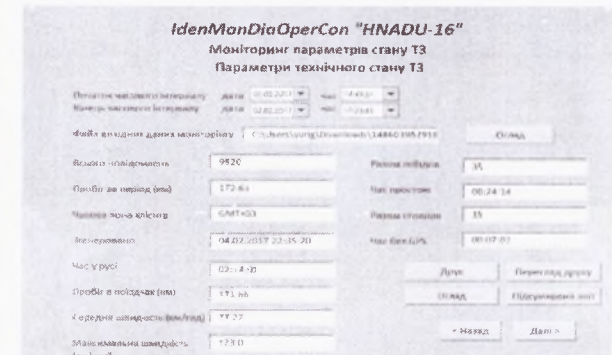
# ДІАЛОГОВІ ВІКНА ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»»



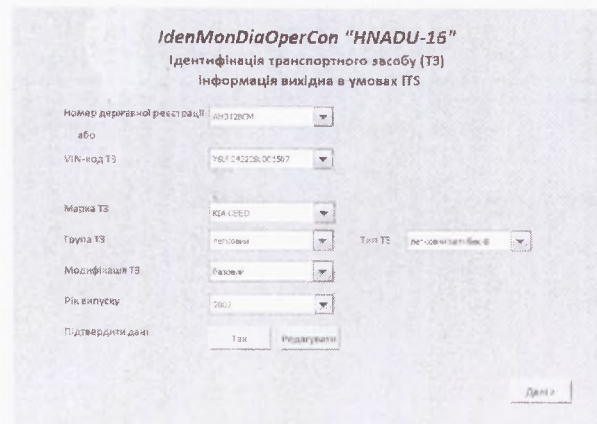
Стартове вікно програмного забезпечення



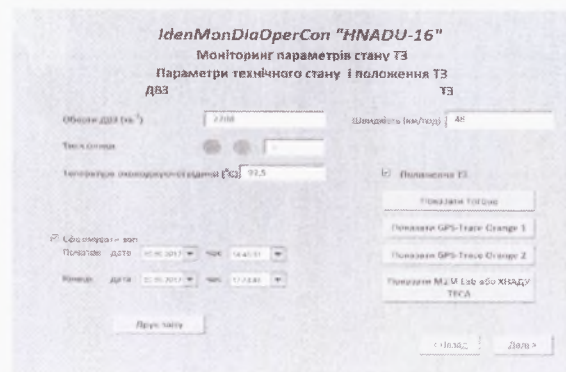
Робоче вікно ІПК з розширеною робочою областю



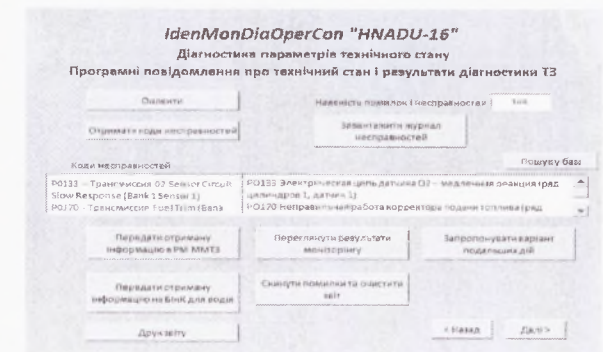
Робоче вікно моніторингу ІПК



Робоче вікно з розширеною робочою областю Інформації про ТЗ

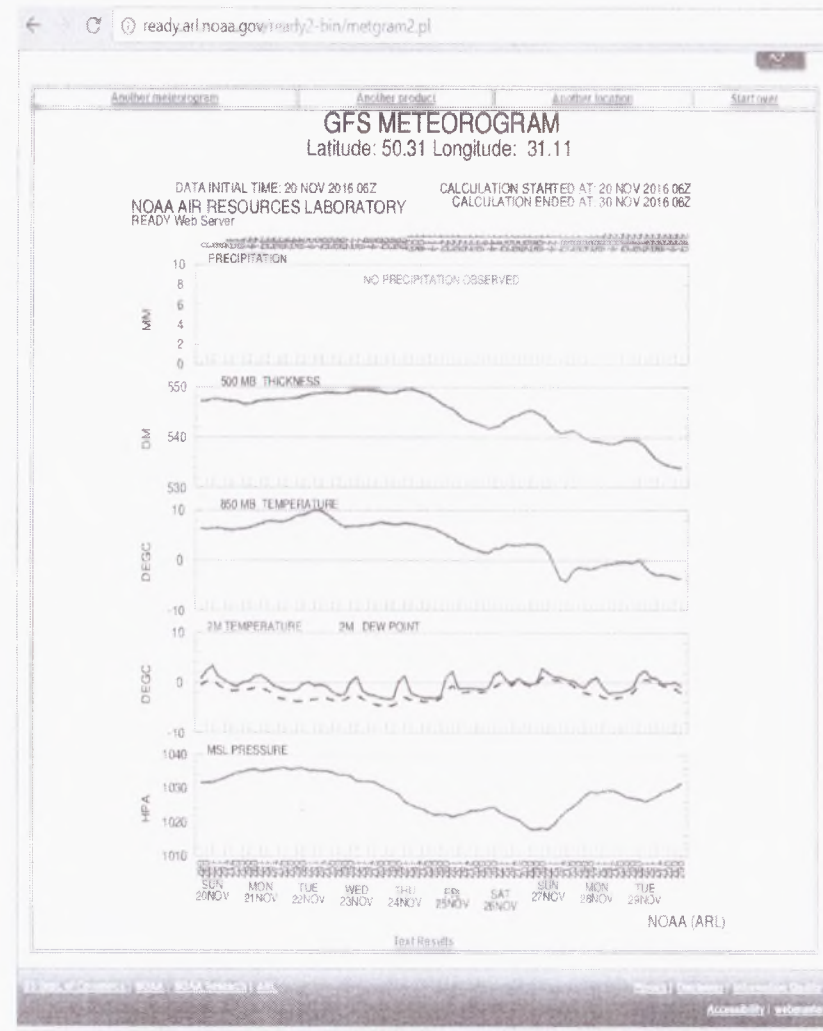
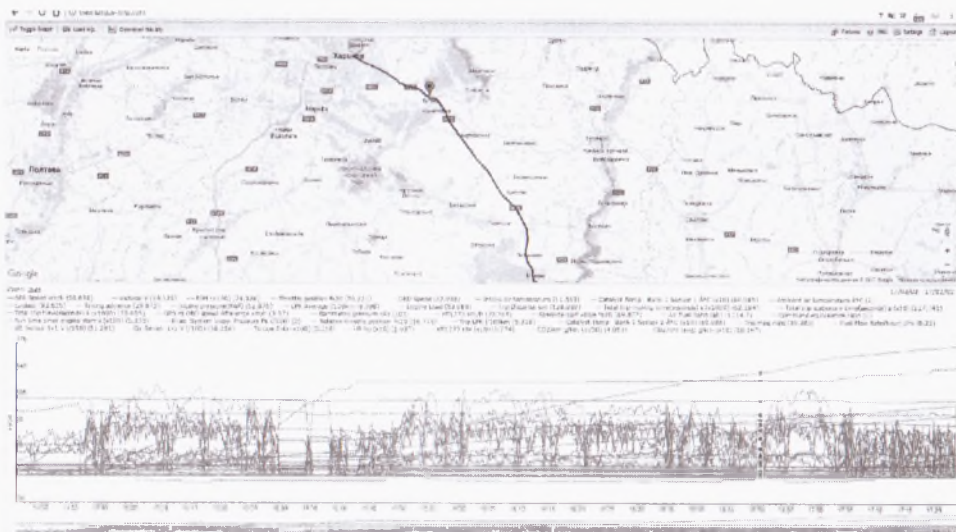


Робоче вікно ІПК



Робоче вікно діагностики ТЗ в ІПК

# РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ ОЦІНКИ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В ПРОЦЕСАХ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЗ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБАМИ ITS





## ВИСНОВКИ

1. У зв'язку з проведеним аналізом стратегій і тактик ТО і Р РС можна зробити висновок, що традиційна, сформована на АТЗК протягом багатьох років система ТО і Р, вже не відповідає в цілому сучасним вимогам ТЕА. Її основною перевагою є лише можливість спрогнозувати витрати запасних частин і матеріалів при відсутності сучасних діагностичних систем, а основним недоліком - прийняття рішення про проведення робіт ТО і Р на підставі інформації про пробіг ТЗ. При реалізації такої системи ТО і Р на практиці, вона не враховує реальний стан вузлів і агрегатів ТЗ, що призводить до перевитрати запасних частин.
2. Сформовано метод застосування класифікації УЕ автомобілів в інформаційних умовах ITS, який дозволяє дистанційно отримувати інформацію про УЕ ТЗ в умовах *ITS*.
3. Сформована інформаційна система моніторингу стану і УЕ ТЗ, описано загальне інформаційне забезпечення системи, а також описані: процеси дослідження і оцінка УЕ ТЗ; інформаційна модель положення ТЗ; швидкісна модель режимів руху ТЗ. Крім цього описані засоби оцінювання: типу і стану дорожнього покриття; стану об'єктів транспортної інфраструктури; стану прилеглої території автомобільної дороги; економії палива ТЗ в УЕ, а також засоби коригування швидкості руху ТЗ в залежності від сформованих УЕ.
4. Розроблена структура і взаємозв'язок функціональних можливостей БІНК для отримання інформації про УЕ ТЗ, в основу системної взаємодії якого покладені наступні основні функції бортового інформаційного комплексу. Результатом процесів моніторингу робочих процесів ТЗ в умовах експлуатації було визначення фактичних параметрів технічного стану самого ТЗ, корегування умов експлуатації, а також точного визначення місця розташування і точного часу за параметрами, прийнятими від навігаційних супутникових систем, що виконується GPS приймачем, та обміну цією інформацією з робочим місцем моніторингу ТЗ і іншими учасниками моніторингу робочих процесів ТЗ.