

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра технічної експлуатації і сервісу автомобілів  
ім. Говоруценка М.Я.

Волков В.П.

Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з  
дисципліни «Альтернативні технології в технічній експлуатації  
автомобілів» для магістрів спеціальності 274 «Автомобільний  
транспорт»

Харків – 2023

Волков В.П. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Альтернативні технології в технічній експлуатації автомобілів» для магістрів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Харків: ХНАДУ, 2023. 78 с.

Основними завданнями навчальної дисципліни є: – використання альтернативних технологій в технічній експлуатації автомобілів для вирішення практичних задач з підтримки їх працездатності; – будова і принцип дії автомобілів з альтернативними джерелами енергії ; – вимоги нормативних документів до технічного стану автомобілів; – діагностичні параметри та нормативи; – методи підготовки технічного забезпечення експлуатації нових автомобілів з альтернативними джерелами енергії.

Призначені для магістрів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт».

## Пз 1-2 до теми 1.

### Приклад роботи транспортно-інформаційної системи моніторингу «*Virtual mechanic «HADI – 12»»* в умовах інформатизації ТЗ

**Пз.1-2.1. Структурна схема транспортно-інформаційної системи моніторингу «*Virtual mechanic «HADI – 12»»*.** Підприємства автомобільного транспорту (ПАТ), що користуються послугами «ХНАДУ ТЕСА», оснащується навігаційно-зв'язними і телематичними навігаторами-приймачами, які дозволяють цілодобово контролювати навігаційні і технічні параметри ТЗ різних категорій. Весь обсяг навігаційної і технічної інформації, що отримується від ТЗ, надходить на телематичний сервер, зберігається в базі даних (*MS SQL* або *Interbase*) і стає доступним в науково-диспетчерському пункті (кафедра ТЕСА ХНАДУ), де проходить подальшу обробку за допомогою спеціального розробленого ПЗ «*Virtual mechanic «HADI – 12»»*, «*Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»* та ін. Далі інформація в «режимі блогу» сайту *khnadu.com* стає доступна клієнтам – власникам як окремих одиниць, так і парку ТЗ, тобто будь-якій людині, що безпосередньо координує роботу свого

Відмінною особливістю системи «ХНАДУ ТЕСА» є можливість використання електронних векторних багатопарових карт місцевості і об'ємних масивів даних, необхідних для розрахунків (від *VIN* – номера автомобіля до величини тиску повітря у впускному колекторі двигуна), а також відсутність необхідності встановлення кожним клієнтом особистого спеціального ПЗ. Вся інформація, піддана кваліфікованій обробці фахівцями ХНАДУ, доступна клієнтам через браузер в блозі – *khnadu.com*. У кожного клієнта (власника, менеджера тощо) є можливість побачити місцезнаходження і поточні значення технічних параметрів ТЗ за допомогою ПЗ серверної частини системи за адресою – *server.khnadu.com*.

У даному ПЗ застосовуються гнучкі налаштування і прості у використанні інтерфейси, що максимально спрощує обробку інформації і оперативне керування, дозволяє у будь-який момент сформувати необхідні графіки і звіти (у форматах *MS Office*), а також відправити інформацію до інших ІС клієнта.

При впровадженні системи в МАТП деякі складові можуть мінятися залежно від вимог конкретного клієнта, проте загальний принцип побудови завжди залишається незмінним.

Основні функції системи «ХНАДУ ТЕСА» можна умовно розділити на три групи: функції моніторингу, функції керування і функції зберігання інформації і з'єднання із зовнішніми ІС.

Функції моніторингу системи «ХНАДУ ТЕСА»:

- автоматичне визначення навігаційних параметрів ТЗ (географічні координати, швидкість руху, азимут, висота над рівнем моря);
- автоматичне визначення параметрів стану ТЗ за показниками контрольних пристроїв телематичних навігаторів-приймачів (наявність і «якість» електроживлення в системі керування робочими процесами двигуна та інших вузлів; стан замків (відкритий/закритий) дверей пасажирського салону (кабіни); ввімкнення систем звукової, світлової сигналізації; положення кузова самоскида;

робота навісного і додаткового устаткування, температурний режим, перевищення допустимої швидкості руху; рівень рідин в ємкостях (бак, цистерна) та ін.);

- автоматична передача в МАТП навігаційної й іншої інформації про РС через заданий інтервал часу (періодичність від 20 секунд);

- автоматична передача в МАТП повідомлень про зміну параметрів стану РС при спрацьовуванні контрольних пристроїв або датчиків (натиснення водієм тривожної кнопки, зміна режиму роботи додаткового устаткування, тривалий простій об'єкта, вхід об'єкта в певну зону або вихід з неї);

- автоматичне занесення навігаційної інформації та інформації про стан РС в незалежну пам'ять при втраті каналів зовнішнього зв'язку, з подальшою відправкою записаних даних в МАТП в автоматичному режимі або за запитом;

- автоматичне стеження за виконанням ТЗ маршруту або графіка руху з подачею тривожного повідомлення при відхиленнях;

- можливість вибору окремих одиниць РС для стеження за їх переміщенням і станом в режимі реального часу;

- відображення в графічній формі місцезнаходження і параметрів ТЗ на векторних електронних картах місцевості;

- відображення даних про місцеположення і стан об'єктів в текстовій формі у вигляді таблиць;

- відображення в МАТП повідомлень про зміну стану ТЗ у вигляді тривожних вікон з подачею відповідного сигналу.

Функції керування системи «ХНАДУ ТЕСА»:

- формування на електронних картах місцевості контрольних зон для відстежування переміщення ТЗ;

- контроль і аналіз фактичного пробігу ТЗ за певні проміжки часу;

- передача команд диспетчера на виконавчі пристрої ТЗ (блокування системи пуску, зупинка двигуна, ввімкнення системи аварійних сигналів, виклик водія, керування додатковим обладнанням);

- голосовий зв'язок диспетчера МАТП з водіями РС;

- автоматичний запис в журнал подій всіх дій, проведених диспетчером МАТП.

Функції системи «ХНАДУ ТЕСА» щодо зберігання інформації і інтеграції із зовнішніми ІС:

- зберігання інформації в єдиній БД (*MS SQL* або *Interbase*);

- перетворення інформації у формат, сумісний з призначеними для користувача ІС;

- обмін даними з призначеними для користувача ІС;

- створення БД у форматі призначених для користувача архівів.

За принципом побудови система «ХНАДУ ТЕСА» містить три основні частини:

- «РС» – об'єкти моніторингу;

- «мережі передачі інформації» – *GSM/GPRS, Internet* ;

- «система обробки і зберігання інформації» – телематичний сервер.

РС – об'єкт моніторингу в системі «ХНАДУ ТЕСА», оснащений навігаційно-зв'язними і прийомо-передавальними пристроями, виконаними у

вигляді компактного модуля – телематичного приймача-навігатора (далі контролер сканер-комунікатор) з контрольними пристроями, а також засобами текстового, голосового і відеозв'язку.

Контролер сканера-комунікатора – це абонентський термінал, який служить для прийому і обробки сигналів навігаційних супутників. Він отримує дані з пристроїв контролю параметрів стану автомобіля і його елементів, забезпечує зв'язок з телематичним сервером, передає управляючі сигнали на бортові виконавчі пристрої.

У системі «ХНАДУ ТЕСА» використовуються сучасні сканери-комунікатори серійного виробництва від провідних світових постачальників обладнання зв'язку (*Globalsat, Hexus, GALILEO, Teltonika, АвтоГРАФ* і ін.), які проходять тестування і доопрацювання (корпусу, порти введення-виведення, внутрішня логіка) фахівцями компанії «М2М телематика». Найбільш поширені абонентські термінали *BN-City GX* стандартів *GPS/GSM/GPRS*.

Прийомо-передавальні вузли сканерів-комунікаторів використовують мережі зв'язку стандарту *GSM*. Для функціонування системи не важливо який виробник сканер-комунікатора, важлива наявність в пристрої саме *GSM* модуля зв'язку, оскільки система «ХНАДУ ТЕСА» підтримує будь-які протоколи обміну даними з використанням мережі *GSM* між ТЗ і телематичним сервером.

Як навігаційне обладнання в сканерах-комунікаторах використовуються приймачі сигналів глобальних систем навігації *GPS/ ГЛОНАСС*, що дозволяють з високою точністю визначати місцезнаходження і навігаційні параметри (швидкість, напрям руху, висоту над рівнем моря) ТЗ, використовуючи сигнали навігаційних супутників.

Пристроями контролю параметрів стану автомобіля і його елементів, що підключаються до контролера сканера-комунікатора на борту РС, служать датчики і вимірювальні пристрої різних типів:

– логічні, які здійснюють контроль числа і місць зупинок; моменту часу входу/виходу в певні зони; моменту досягнення допустимої швидкості руху, пробігу тощо;

– цифрові, які визначають момент відкриття дверей кузова (кабіни), момент пуску двигуна, положення кузова автомобіля-самоскида, стріли автокрана тощо;

– аналогові, які визначають температуру, вагові навантаження, напругу в системі електрообладнання, рівень рідини в різних ємностях (бак, цистерна), частота обертання колінчастого вала двигуна тощо.

Виконавчі пристрої підключаються до контролера сканера-комунікатора і служать для виконання автоматичних команд або команд, що подаються оператором з диспетчерського пункту. Такими управляючими командами можуть бути спрацьовування реле блокування пуску двигуна, ввімкнення систем звукової або світлової сигналізації, керування температурними режимами тощо.

Рідкокристалічний дисплей, що підключається до контролера сканера-комунікатора забезпечує можливість отримання водієм інформації в текстовій формі, а аудіо-, відеогарнітура – голосовий і відеозв'язок з диспетчерськими пунктами.

Застосування технологій передачі інформації по стільникових мережах зв'язку істотно підвищує ефективність системи в цілому. При використанні абонентських терміналів з передачею зв'язку по каналах *GSM/GPRS*, *GSM/SMS* і *GSM/Голос* система «ХНАДУ ТЕСА» забезпечує доступ до всіх видів інформації, включаючи голосову, фото- і відеозв'язок. Вибір оператора мережі передачі обумовлений специфікою умов використання системи і вартістю послуг, що надаються оператором. Як оператори мереж передачі інформації на території України можуть використовуватися: МТС, КиївСтар, *Life*, *Beeline*, *Utel* і ін.

Телематичним сервером є апаратний серверний блок зі встановленим на ньому комплексом серверного ПЗ, підключений до мережі *Internet* зі статичною *IP*-адресою. Універсальна архітектура у поєднанні з простими алгоритмами роботи і висока пропускна здатність телематичного сервера дозволяє підключати до системи до декількох тисяч абонентських терміналів без помітного зниження швидкодії системи в цілому. Для підвищення надійності системи потоки даних можуть дублюватися на інший аналогічний сервер, що виконує функції резервного.

Основні функції телематичного сервера:

- встановлення з'єднань зі сканерами-комунікаторами РС і диспетчерськими пунктами;
- прийом і обробка текстових повідомлень, що надходять від користувачів системи і команд оперативного керування;
- прийом і обробка навігаційних і телематичних параметрів, що надходять від сканерів-комунікаторів і автоматичних підтверджень виконання команд оперативного керування;
- передача на диспетчерські пункти поточних та архівних навігаційних і телематичних параметрів ГЗ;
- зберігання інформації в єдиній БД (*MS SQL* або *Interbase*);
- формування звітів за запитом з диспетчерських пунктів;
- перетворення інформації у формат, сумісний з призначеними для користувача ІС;
- обмін даними з призначеними для користувача ІС;
- створення БД у форматі призначених для користувача архівів;
- зберігання і розподіл інформації з БД електронних карт місцевості (ГІС);
- ретрансляція даних на інші сервери.

Диспетчерський пункт системи «ХНАДУ ТЕСА» представляє собою робоче місце диспетчера: робоча станція (комп'ютер) зі встановленим на ньому спеціалізованим ПЗ «*Virtual mechanic*», «*Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»* та ін.

Робочі клієнтські персональні комп'ютери (ПК) можуть знаходитися як всередині локальної мережі підприємства, так і поза такою з підключенням через мережу *Internet*. Для тих випадків, коли потрібно тільки періодичне спостереження за функціонуванням РС (наприклад, для керування МАТП), можливе підключення до телематичного сервера спрощених версій диспетчерських пунктів з використанням *Web*-технологій.

ПЗ сервера – це розробка компанії *BN™*, яке призначене для автоматизації робочого місця «наукових» диспетчерів і клієнтів системи «ХНАДУ ТЕСА», а

також працівників адміністративно-господарських відомств і служб експлуатації та інших відділів транспортних підприємств, в обов'язки яких входить керування парком РС. ПЗ, яке використовується в побудові системи, є розробкою компанії «M2M телематика». Воно формує на екрані монітора (рис. 1):

- головне табличне вікно з картою місцевості і маршрутом в режимі стеження за об'єктом;

- верхню панель роботи з контрольними зонами (геозони);

- бічну панель керування ТЗ.

Основні функції ПЗ *BN™*:

- контроль стану ТЗ на основі отриманої від нього інформації;

- відображення місцезнаходження ТЗ на електронних картах місцевості;

- реєстрація планових і позапланових подій, що відбуваються при роботі

ТЗ;

- можливість формування маршрутних листів;

- внесення позапланових змін до маршрутів і графіків руху;

- автоматичний і візуальний контроль відповідності руху ТЗ встановленим маршрутам і графікам;

- формування планових маршрутів, розкладів і графіків руху ТЗ;

- внесення інформації про ТЗ і персонал до БД системи;

- видачі узагальненої інформації про поточний і загальний стан автопарку у вигляді звітів у стандартних форматах;

- інформування диспетчерів про зміни в маршрутах і графіках руху;

- робота з електронними картами місцевості.

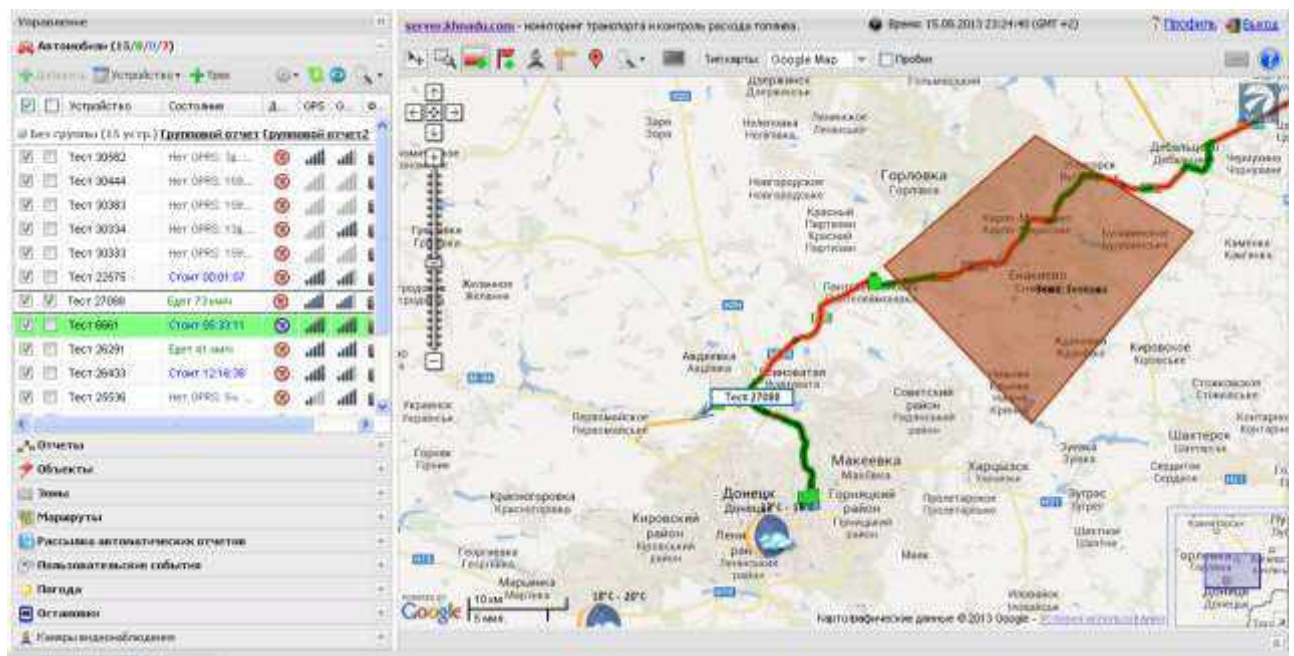


Рисунок 1 - Головне вікно телематичного сервера системи «ХНАДУ ТЕСА»

**Пз 1-2.2. Алгоритми програмного забезпечення робочого місця диспетчера.** Алгоритм ПЗ «Віртуальний механік «HADI – 12» і «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12» ґрунтується на таких елементах і процесах, як: формування і введення основних початкових даних для роботи ПЗ; отримання і обробка даних

*GPS* за допомогою *Internet*-сервера; моніторинг часових станів ТЗ в цілому і поелементно; зв'язки між основними елементами програми; вихід з програми.

Особливості реалізації розробленого алгоритму полягають у такому:

– параметри ТЗ є особливостями функції формування і введення початкових даних для роботи програми і можуть бути конструктивними, технологічними і нормативними згідно з конкретними умовами, а також інформації про роботу ТЗ, яку отримують під час процесу експлуатації;

– зв'язки між основними елементами ППК обумовлені на початку роботи програми і призначені для віддзеркалення взаємодії розрахункових параметрів із заданими показниками;

– кінцевим результатом ППК є визначення добової кількості ТО і Р, мінімальної і оптимальної продуктивності ІТС, коефіцієнта готовності, витрат палива, мастильних матеріалів, викидів шкідливих речовин, відходів.

Для інтенсифікації діяльності ІТС відповідно до її характеристик і умов експлуатації ТЗ розроблена програма, укрупнена структурна схема якої представлена на рисунку 2.

В укрупненій структурній схемі програмного продукту «*Service Fuel Eco* «*NTU-HADI – 12*» (рис. 2), як і в його програмі, виділено п'ять основних блоків, які зв'язані між собою логічно:

– початкові дані (рівень *a*);

– розрахунки параметрів комерційної експлуатації ІТС (рівень *b*);

– розрахунки технологічних параметрів ІТС (рівень *c*);

– визначення екологічних параметрів (рівень *d*).

– визначення головних результатів (рівень *e*).

Входом і процесом роботи програми рівня *a* служать:

– параметри РС конструктивні, що визначаються заводом-виробником, серед яких насамперед витрата пального л/100 км, ряд параметрів двигуна, модифікація РС і його інші характеристики;

– параметри РС нормативні, основними з яких є нормативні пробіги до дій і їх трудомісткості;

– параметри ІТС, а саме кількість робочих змін, тривалість робочої зміни і т.д.;

– дані, отримані з *Internet*-сервера, куди надходить інформація з трекера або іншого обладнання РС.

Блок *b* утворює в загальному вигляді розрахунок показників КЕ:

– параметрів стану парку РС за день експлуатації;

– параметрів стану парку РС за певний період експлуатації (за пробіг до технічних впливів);

– вірогідність перебування РС в роботі, в ТО і Р;

Блок *c* утворює технологічний розрахунок ІТС:

– розрахунок часових станів РС на постах ТО і Р та загального часу перебування в ІТС;

– розрахунок кількісних і якісних показників ІТС, таких як пропускна здатність підрозділів ІТС та ін.

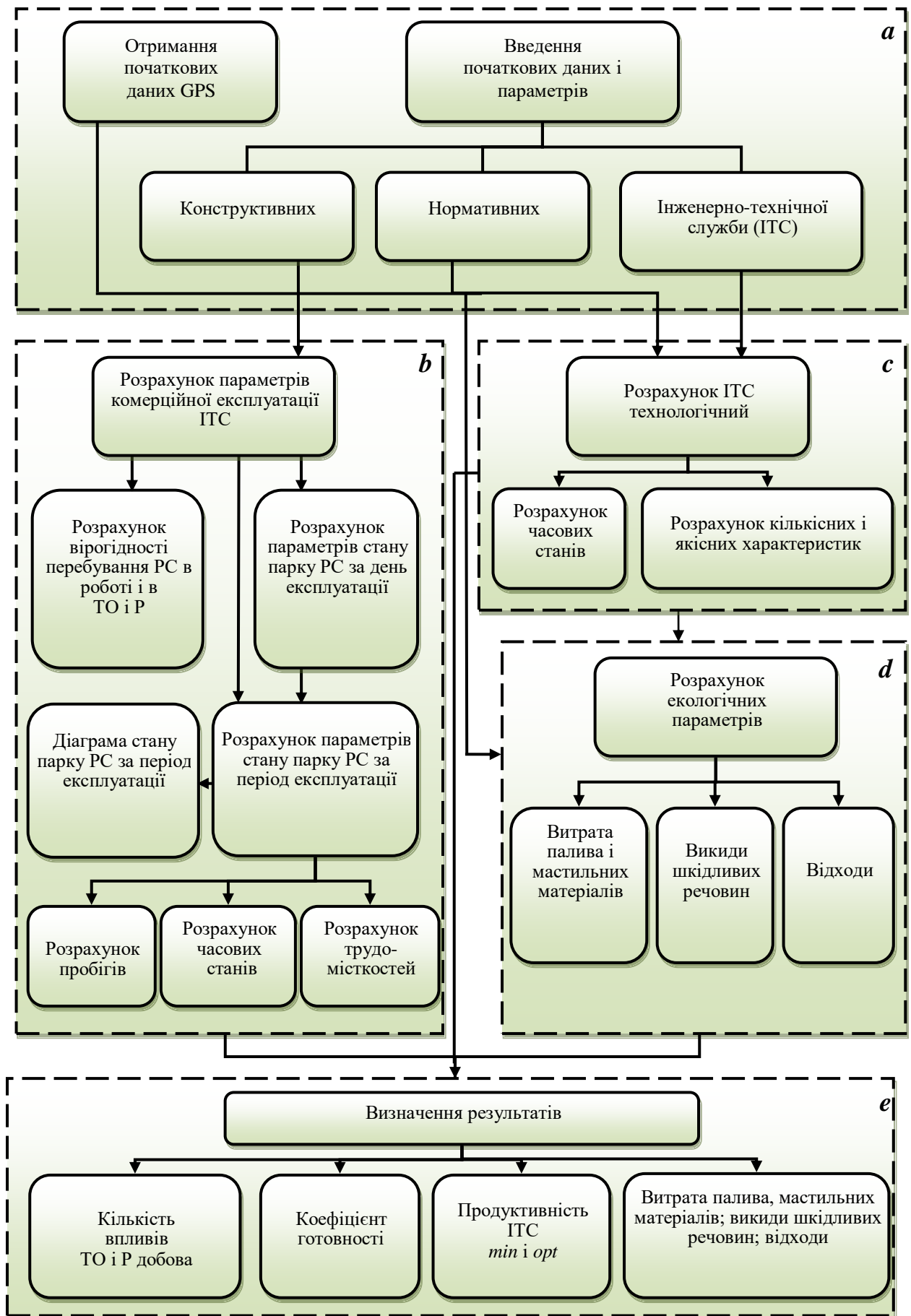


Рисунок 2 - Структурна схема програми «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»»

Блок *d* утворює в загальному вигляді розрахунок екологічних показників:

- витрата пального і змащувальних матеріалів;
- викиди за основними типами шкідливих речовин (оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту, тверді частки);
- відходи, а саме відпрацьовані акумуляторні батареї, шини, фільтри.

На кінцевому рівні *e* визначаються найбільш значущі показники:

- кількість дій ТО і Р за робочий день;
- продуктивність ІТС *min* і *opt*;
- коефіцієнт готовності ІТС в цілому;
- екологічні показники.

Програма дозволяє: проводити моніторинг параметрів станів як конкретної одиниці РС, так і парку в цілому з урахуванням реальних експлуатаційних умов; моделювати виробничу структуру ІТС; визначати екологічні показники окремих ТЗ і парку в цілому.

На підставі представлених алгоритмів і за допомогою залежностей математичних моделей «Віртуальний механік «HADI – 12» і «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12» були розроблені комп'ютерні програми, спрямовані на інтеграцію в ITS.

**Пз 1-2.3. Математичні моделі програмного забезпечення робочого місця диспетчера.** Моделі і методики ІПК «Віртуальний механік «HADI-12» і «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12» базуються на дослідженнях, проведених в ХНАДУ і Національному транспортному університеті (НТУ).

ІПК «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12» має повний набір функціональних можливостей ІПК «Віртуальний механік «HADI-12», а також додаткові можливості, які виділені в окремий вкладиш ІПП «Екологічні показники». В основу цих програмних продуктів покладені дослідження, які спрямовані на покращення показників паливної економічності та екологічної безпеки ТЗ.

У теорії ТЕА, відповідно до досліджень, що проведені в ХНАДУ, ключовим параметром, що визначає групу умов експлуатації ТЗ і дозволяє автоматично відкоригувати періодичність ТО, є середньотехнічна швидкість  $V_T$ . Розроблені методики і математичні моделі містять такі основні блоки:

- початкова інформація (Блок отримання початкової інформації);
- розрахунок параметрів (Блок розрахунку параметрів ефективності функціонування);
- оптимізація (Блок оптимізації параметрів ІТС підприємства);
- розрахунок екологічних показників (Блок розрахунків екологічних показників (тільки у ІПК «Service Fuel Eco «NTU-HADI-12»)).

Побудова блоків ґрунтується на дослідженнях і їх результатах, представлених в роботах ХНАДУ та НТУ.

Блок отримання початкової інформації служить для коректування відповідно до Положень, норм і нормативів ТО і визначення обсягів робіт, а також обліку даних, отриманих за допомогою системи GPS.

Основними початковими даними ІПК «Віртуальний механік «HADI – 12» і «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12» є дані про ТЗ:

- державний реєстраційний номер;

- марка;
- категорія;
- модифікація;
- тип пального;
- екологічний клас (для «*Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»*»);
- витрата пального, л/100км;
- рік випуску;
- пробіг, км;
- коефіцієнт діагностики ( $R_d$ );
- пробіг до ВР ( $L_k^1$ ), км;
- пробіг до ТО-1 ( $L_1^1$ ), км;
- пробіг до ТО-2 ( $L_2^1$ ), км;
- трудомісткість ТО-1 ( $T_1^1$ ), люд.год;
- трудомісткість ТО-2 ( $T_2^{11}$ ), люд.год;
- трудомісткість ПР питома ( $T_p^{11}$ ), люд.год / 1000 км.

Дані, що надходять в ІПК автоматично із звітів, отриманих з інтернет-сервера, на який надходить і накопичується інформація з датчиків ТЗ, серед яких:

- пробіг середньодобовий, км;
- швидкість середня, км/год;
- час руху, год;
- час простою в процесі виконання роботи, год;
- час в ТО і Р, год.

*Блок розрахунку параметрів ефективності функціонування.* Тут проводяться обчислення відповідно до єдиної методики для ІПК «Віртуальний механік «*HADI – 12*» і «*Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12*»»:

- пробіги до ТО і ВР з урахуванням коефіцієнтів;
- пробіги до ТО і ВР з урахуванням кратності пробігу середньодобовому,

км:

$$L_1 = \frac{L_1}{L_{сд}} L_{сд}; \quad (1)$$

$$L_2 = \frac{L_2}{L_1} L_1; \quad (2)$$

$$L_k = \frac{L_k}{L_2} L_2, \quad (3)$$

де  $L_{сд}$  – пробіг одиниці РС середньодобовий, км (дані від *GPS*);

- трудомісткість ТО, люд. год;

- трудомісткість ПР питома, люд. год/1000 км;
- кількість заявок ЩО від одиниці РС за її ЖЦ;
- кількість заявок ТО-2 від одиниці РС за її ЖЦ;
- кількість заявок ТО-1 від одиниці РС за її ЖЦ;
- кількість супутніх заявок ПР від одиниці РС за її ЖЦ;
- кількість випадкових заявок ПР від одиниці РС за її ЖЦ;
- кількість заявок сумарна від одиниці РС за її ЖЦ;
- вірогідність формування заявок на ТО і ПР від одиниці РС;
- інтенсивність надходження заявок від парку РС за день робочий,  $\text{дн}^{-1}$ ;
- інтенсивність надходження заявок від парку РС на допоміжну ділянку,  $\text{дн}^{-1}$ ;

$$\lambda_y = \omega_y \cdot L_{\text{сд}} \cdot A_c, \quad (4)$$

де  $\omega_y$  – параметр потоку відмов, які усуваються на допоміжній ділянці, відмова/тис.км;

- інтенсивність обслуговування заявок на окремих постах в підрозділах інженерно-технічної служби (ІТС) підприємства  $\text{дн}^{-1}$ ;
- кількість постів у підрозділах ІТС підприємства;
- інтенсивність (пропускна здатність) підрозділів ІТС підприємства  $\text{дн}^{-1}$ ;
- точка насичення підрозділів основного виробництва ІТС підприємства, од.;
- тривалість простою одиниці РС в підрозділах ІТС підприємства при виконанні технічних дій, дн.;
- продуктивність ІТС мінімальна, люд.год/дн.;
- інтенсивність надходження РС в підрозділи ІТС уточнена,  $\text{дн}^{-1}$ ;

$$\lambda_i = A_c \left( t_i^* + \frac{1}{\mu_{ti}} \right) - 1; \quad (5)$$

- завантаження підрозділів ІТС підприємства:

$$\rho_{Si} = \frac{\lambda_1}{\mu_{Si}}; \quad (6)$$

- продуктивність мінімальна для гарантованого забезпечення середнього договірного часу простою автомобіля в підрозділах ІТС підприємства люд.год/дн.;

- коефіцієнт готовності: 
$$K_{\Gamma} = \frac{L_i / L_{\text{сд}}}{L_1 / L_{\text{сд}} - t_i^*} . \quad (7)$$

*Блок оптимізації параметрів ІТС підприємства.* Тут проводяться обчислення:

- продуктивність ІТС оптимальна, люд. год/дн;
- мінімальні значення витрат, грн;

– обмеження на тривалість простою одиниці РС в підрозділах ІТС підприємства при виконанні технічних дій, дн.:

$$t_i^* \geq \frac{T_i}{\ddot{I} - \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot T_i} + \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot T_i^2}{\ddot{I} \cdot \left( \ddot{I} - \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot T_i \right)}; \quad (8)$$

– обмеження на вірогідність простою ІТС:

$$P_o^* \geq \frac{\Pi - \sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot T_i}{\Pi}. \quad (9)$$

*Блок розрахунків екологічних показників.* Тут проводяться обчислення відповідно до методики «Service Fuel Eco» NTU-HADI – 12». Визначаються витрати пального, мастильних матеріалів, викиди, відходи.

Середня витрата пального ТЗ:

- при виконанні транспортної роботи, л/100км (м<sup>3</sup>/100 км, СПГ);
  - при ТО і Р (5 % витрати палива при виконанні транспортної роботи), л.
- Величина витрат мастильних матеріалів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1- Витрата мастильних матеріалів в ІПК «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»

Категорія автомобільного ТЗ	Витрата мастильних матеріалів, л/100 л (л/100 м <sup>3</sup> , СПГ) (по відношенню до витрати пального)			
	моторна олива	трансмісійна олива	спеціальні оливи	пластичні мастила
<i>M</i> <sub>1</sub>	0,5...1,8	0,02...0,15	0,01...0,05	0,05...0,1
<i>M</i> <sub>2</sub>	0,5...1,8	0,02...0,15	0,01...0,05	0,05...0,1
<i>M</i> <sub>3</sub>	1,5...2,8	0,1...0,4	0,05...0,1	0,1...0,3
<i>N</i> <sub>1</sub>	0,5...1,8	0,02...0,15	0,01...0,05	0,05...0,1
<i>N</i> <sub>2</sub>	1,5...2,8	0,1...0,4	0,05...0,1	0,1...0,3
<i>N</i> <sub>3</sub>	1,5...2,8	0,1...0,4	0,05...0,1	0,1...0,3

Масові викиди шкідливих речовин (ШР), розраховуються за формулою, т:

$$M_i = \sum_{m=1}^m g_{icj} G_j K_{Tikj} k_j, \quad (10)$$

де  $g_{icj}$  – середній питомий викид  $i$ -ї ШР з одиниці маси  $j$ -го виду пального, кг/т;  
 $Q_j$  – витрата  $j$ -го пального ТЗ за певний період, т;

$T_{ikj}$  – коефіцієнт, що враховує вплив технічного стану ТЗ  $k$ -го типу, що споживає  $j$ -й вид пального, на величину питомих викидів;

$k_j$  – коефіцієнт приведення ТЗ до екологічного класу.

Значення коригуючого коефіцієнта  $T_{ikj}$  вибирають залежно від: шкідливої речовини ( $i$ ), викид якої розраховують; типу ТЗ ( $k$ ) і виду споживаного пального ( $j$ ), використовуючи дані таблиці 2.

Таблиця 2 - Значення коефіцієнтів  $T_{ikj}$  у ІПК «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»

Категорія автомобільного ТЗ	Значення коефіцієнта $T_{ikj}$ для різних ШР			
	CO	$C_mH_n$	NO <sub>x</sub>	PM
1	2	3	4	5
$M_1$	1,5	1,5	0,9	–
$M_2$	1,7	1,8	0,9	–
$M_3$	1,5	1,4	0,95	1,8
$N_1$	1,7	1,8	0,9	–
$N_2$	1,7	1,8	0,9	–
$N_3$	1,5	1,4	0,95	1,8

Середні питомі викиди  $g_{icj}$ , вибирають з таблиці 3.

Таблиця 3 - Значення середніх питомих викидів ШР з одиниці споживаного пального в ІПК «Service Fuel Eco «NTU-HADI – 12»

Вид пального	Питомі викиди ШР, кг/т пального			
	$g_{CO}$	$g_{CH}$	$g_{NO_x}$	$g_{PM}$
Бензин	196,5	37,0	21,8	–
Зріджений нафтовий газ	196,5	37,0	21,8	–
Дизельне пальне	36,0	6,2	31,5	3,85
Стиснений природний газ	87,5	22,4	27,6	–

Значення середніх питомих викидів ШР наведено для випадку, коли ТЗ не має систем нейтралізації відпрацьованих газів (ЄВРО-0). Для екологічних класів ЄВРО-1 – ЄВРО-5 використовуються коефіцієнти приведення  $k_j$  до норм ЄВРО (табл. 4).

Відходами на АТЗК є акумуляторні батареї, шини, фільтри. Кількість відпрацьованих акумуляторних батарей визначаються, виходячи з кількості встановлених на РС акумуляторів (за даними МАТП), термінів їх експлуатації і ваги, од./ рік:

$$N = \sum_{m=1}^m N_{\text{авт.}i} \cdot n_i / T_i, \quad (11)$$

де  $N_{\text{авт.}i}$  – кількість РС, забезпечена акумуляторами  $i$ -го типу, од.;  
 $n_i$  – кількість акумуляторів на ТЗ, од.;  
 $T_i$  – експлуатаційний термін служби акумулятора  $i$ -ї марки, рік.

Вага відпрацьованих акумуляторів дорівнює, т / рік:

$$M = \sum_{m=1}^m N_i \cdot m_i \cdot 10^{-3}, \quad (12)$$

де  $N_i$  – кількість відпрацьованих акумуляторів  $i$ -ї марки, од. / рік;  
 $m_i$  – вага акумуляторної батареї  $i$ -го типу з електролітом, кг.

Таблиця 4 - Коефіцієнти приведення до норм Євро  $k_j$

Шкідливі речовини	Екологічні класи ТЗ					
	ЄВРО-0	ЄВРО-1	ЄВРО-2	ЄВРО-3	ЄВРО-4	ЄВРО-5
СО	1	0,4	0,32	0,17	0,12	0,12
NO <sub>x</sub>	1	0,55	0,49	0,34	0,24	0,13
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	1	0,46	0,46	0,28	0,2	0,2
PM	1	0,51	0,21	0,14	0,03	0,03

Вага відпрацьованих шин з металевим кордом і з тканинним кордом визначається за формулою, т/ рік:

$$M = \sum_{m=1}^m (L_i \cdot m_i \cdot N_i \cdot n_i) / (L_{ni} \cdot 10^{-3}), \quad (13)$$

де  $N_i$  – кількість ТЗ  $i$ -ї марки, од.;  
 $n_i$  – кількість шин, встановлених на ТЗ  $i$ -ї марки, од.;  
 $m_i$  – вага однієї зношеної шини даного типу, кг;  
 $L_i$  – середній річний пробіг ТЗ  $i$ -ї марки, тис. км / рік;  
 $L_{ni}$  – норма пробігу ТЗ  $i$ -ї марки до заміни шин, тис. км.

Вага відпрацьованих фільтрів, що утворилися при експлуатації РС, визначається за формулою, т/ рік:

$$M = \sum_{m=1}^m (L_i \cdot m_i \cdot N_i \cdot n_i) / (L_{ni} \cdot 10^{-3}), \quad (14)$$

де  $N_i$  – кількість РС  $i$ -ї марки, од.;  
 $n_i$  – кількість фільтрів, встановлених на ТЗ  $i$ -ї марки, од.;

$m_i$  – вага одного фільтра на ТЗ  $i$ -ї марки, кг;

$L_i$  – середній річний пробіг ТЗ  $i$ -ї марки, тис. км / рік;

$L_{ni}$  – норма пробігу ТЗ  $i$ -ї марки до заміни фільтрів, тис. км.

### **Контрольні запитання**

1. У чому полягає розробка і формування структури інформаційної взаємодії між елементами ITS в процесах моніторингу технічного стану ТЗ?
2. Як здійснюється формування функціональних можливостей ITS в процесах моніторингу технічної інформації про окремі ТЗ?
3. Як функціонує автоматизована система керування технічною експлуатацією транспортних засобів в рамках ITS?
4. Які гаджети тестових систем використовуються для моніторингу стану транспорту?
5. Які датчики використовують для контролю окремих технічних параметрів транспортного засобу?
6. У чому полягають особливості розрахунків екологічних показників підприємства автомобільного транспорту?

### ПР 3 до теми 2.

#### Альтернативні джерела енергії і їх використання на автомобілях.

Практичне заняття проводиться в **інтерактивному режимі** за посиланням:

1.

[https://www.youtube.com/watch?v=XbFiVZgxYFo&ab\\_channel=%D0%9B%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%9C%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82](https://www.youtube.com/watch?v=XbFiVZgxYFo&ab_channel=%D0%9B%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%9C%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82)

2.

<https://zap-online.ru/info/avtonovosti/vse-chto-nuzhno-znat-o-vodorodnom-toplive-budushchego>

3.

[https://www.youtube.com/watch?v=hBzyIigG40E&t=493s&ab\\_channel=ArtemGal](https://www.youtube.com/watch?v=hBzyIigG40E&t=493s&ab_channel=ArtemGal)

Після просмотра відеофайлів дайте відповідь на **наступні запитання** за результатами якого буде виконана оцінка вашої **компетенції**:

1. Які джерела енергії найбільш перспективні для транспортних засобів (автомобілів)?

2. Які ще альтернативні джерела енергії вам відомі

3. Як ви вважаєте, чи будуть автомобілі на водневому паливі перспективніше ніж електромобілі? І чому?

4. В чом особливості роботи автомобіля на водневому паливі?

5. Напишіть 5 моделей автомобілів, які масово виробляються і які праують на водневому паливі.

## Пз 4 до теми 3.

### Технологічний процес надання послуг з ТО і Р тягових акумуляторів гібридних автомобілів і електромобілів

**Пз 4.1. Система діагностування тягових акумуляторних батарей гібридних автомобілів і електромобілів.** Відповідно до директиви SAE J1987 гібридні автомобілі обладнають вбудованою системою діагностування OBD-II (On-Board Diagnostics), яка дозволяє підключити до спеціального роз'єму DLC 3 діагностичний прилад і отримати дані з електронного блоку управління (ЕБУ). Відповідно до правил на комбінації приладів встановлена контрольна лампа індикації несправностей (MIL). Лампа спалахує при запуску двигуна і гасне при початку його роботи. Якщо лампа не спалахує, необхідно перевірити живлення лампи. В процесі роботи двигуна лампа спалахує у випадках: несправна система контролю викидів відпрацьованих газів; несправна трансмісія; несправний блок управління. Всі коди несправностей записуються в пам'яті ЕБУ двигуна. Якщо виявлена несправність не повторюється протягом трьох останніх поїздок, лампа індикації несправності гасне.

Для перевірки кодів несправностей необхідно підключити діагностичний прилад до гнізда DLC 3. Він відображає коди несправностей в поточному часу. При виникненні несправностей в ЕБУ записуються не тільки їх коди, а і дані стоп-кадру (FREEZE FRAME DATA). Дані стоп-кадру дозволяють встановити умови руху і параметри роботи двигуна при виникненні несправності. На всіх сучасних автомобілях використовується бортова високошвидкісна система передачі даних по Controller Area Network (CAN). CAN є мережею для передачі даних між усіма комп'ютерами і електронними пристроями автомобіля. Це забезпечує високу швидкість зв'язку між системами.

В процесі експлуатації автомобіля вбудована система діагностування безперервно оцінює роботу автомобіля. Для більшої точності виявлення несправностей сигнал включається, тільки якщо вона проявилася протягом двох поїздок. Також доступний більш точний режим, коли система діагностування повідомляє інформацію тільки по одній поїздки, що важливо для виявлення періодичних несправностей. При цьому в пам'ять ЕБУ вводиться інформація про виявлений код несправності. Коди несправностей ВВБ зведені в таблицю 1.

Після завершення ремонту і усунення несправностей, повинен бути виконаний тест з імітацією умов виникнення несправності. Для цього передбачено поглиблений режим перевірки.

Порядок переходів в режимах тесту наступний:

1. Підключіть діагностичний прилад до DLC 3.
2. Переведіть перемикач живлення в положення (двигун включений).
3. Виконайте процедуру з видалення діагностичних кодів несправностей.
4. Вимкніть двигун на 30 секунд.
5. Переведіть перемикач живлення на (двигун включений).
6. Зачекайте 5 секунд.
7. Введіть з меню: Powertrain / Engine and ECT / Trouble Codes.
8. Прочитайте коди несправностей.

9. Якщо виведений код несправності - система несправна.

10. Якщо коди несправностей не виводяться, виконайте процедури меню: Powertrain / Engine and ECT / Utility / All Readiness.

11. Введіть перевіряється діагностичний код (наприклад P0010), перевірте результат тестування.

Таблиця 1 - Коди несправностей високовольтної акумуляторної батареї

Код несправності	Несправність
P1600	Несправність кола джерела живлення
P3001	Несправність ЕБУ системи
P3002	Помилка зв'язку ЕБУ системи з джерелом живлення
P3005	Забруднений високовольтний запобіжник
P3006	Рівень заряду батареї (SOC) нерівномірний
P3009	Виявлено витік
P3010	Внутрішній опір батареї перевищений
P3011-P3029	Несправність блоку батареї (1-18)
P3030	Обрив лінії напруги акумуляторної батареї
P3060	Несправність датчика температури батареї
P3076	Порушений повітряний потік від вентилятора, що охолоджує батарею
P3077	Несправність ланцюга вентилятора охолодження акумуляторної батареї
P3115	Несправність датчика струму батареї

Після завершення перевірки вбудована система діагностування здійснює висновок про її результати (табл. 2).

Таблиця 2 - Результати сканування кодів несправностей

Результат (судження)	Опис
NORMAL	Перевірка закінчена. Несправності усунені.
ABNORMAL	Перевірка закінчена. Несправності не усунуті.
INCOMPLETE	Перевірка не закінчена. Необхідно повторити перевірку в більш наближених умовах
UNKNOWN	Неможливо прийняти рішення. Кількість записаних кодів несправностей перевищило те, що може вміститися в пам'яті ЕБУ.

Після постановки діагнозу система змінює свій стан з нормального режиму в режим тесту або навпаки, при цьому всі коди несправностей будуть видалені. Тому необхідно записувати коди несправностей і дані в «стоп-кадр». Коди несправностей зберігаються в пам'яті ЕБУ і можуть мати статус: «поточної» або «відкладеної» в пам'яті несправності. Якщо несправність не повторюється під час другої і наступних поїздок, деякі діагностичні коди не зберігаються в пам'яті ЕБУ. Записані коди можуть бути стерті з допомогою сканера помилок або від'єднанням

клеми «мінус» у допоміжної акумуляторної батареї. Коди помилок в статусі «поточні» не можуть бути стерті жодним з цих способів. Такі коди видаляються тільки після усунення причини їх виникнення шляхом, описаним вище.

Приклад тесту для постановки діагнозу.

1. Переведіть двигун в режим тесту.
2. Дайте двигуну працювати на холостому ходу 30 секунд.
3. Здійсніть поїзку на автомобілі зі швидкістю 40 км/год протягом 5 хвилин. Тест можна завершити, якщо швидкість автомобіля знижувалася нижче 40 км/год і час руху перевищило 5 хвилин.
4. Через 10 хвилин, з моменту запуску двигуна, в діагностичному приборі введіть меню: Powertrain / Engine and ECT / Trouble Codes.
5. Переконайтеся, що при завершенні тесту постійні коди несправності відсутні.

На гібридних автомобілях передбачена бортова (вбудована) система діагностування, що дозволяє зчитувати коди несправностей: Diagnostic Trouble Codes (DTCs). Для сканування електронних блоків застосовується стандартний автомобільний діагностичний 16-контактний роз'єм «Data Link Connector 3 (DLC 3)», розташований під рульовим колесом (рис. 1).

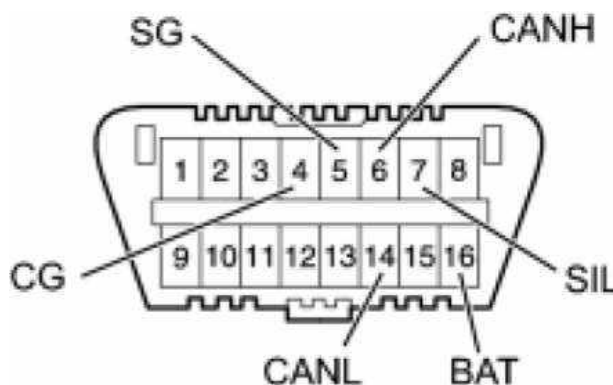


Рисунок 1 - Розташування контактів в діагностичному роз'ємі

Клеми в діагностичному роз'ємі розміщені згідно зі стандартами SAE J1962 і ISO 15765-4 (табл. 3). Блок управління двигуном автомобіля використовує стандарт передачі даних ISO 15765-4. Даний стандарт входить в список для роботи по OBD-II.

Перед вимірюванням опору можна включати живлення будь-яких споживачів. Принаймні протягом однієї хвилини не відчиняти двері автомобіля. Якщо результат не відповідає необхідному, може бути несправний DLC 3. У цьому випадку слід відремонтувати або замінити джгут і роз'єм.

**Пз 4.2. Методи оцінки технічного стану високовольтної акумуляторної батареї.** Метод зчитування параметрів. Метод діагностування полягає в зчитуванні параметрів і перевірці помилок електронного блоку високовольтної батареї. Аналізуються зміни параметрів з включеним і вимкненим навантаженням. В якості навантаження застосовуються споживачі електроенергії автомобіля (дальнє світло фар, обігрів скла і сидінь, кондиціонер і т.д.). Метод

дозволяє виявити відхилення від заводських параметрів у парі елементів блоку високовольтної батареї.

Переваги:

- швидке проведення вимірювань;
- вимірювання записуються автоматично.

Недоліки:

- напруга вимірюється на парах елементів ВВБ;
- часткове навантаження дає неточну оцінку стану елементів ВВБ.

Таблиця 3 - Перевірка контактів діагностичного роз'єму

Символ	Номер клеми	Призначення	Опорний термінал	Результат	Стан
SIL	7	Bus "+" line	5 - Signal ground	Генерація імпульсів	При включеному запалюванні
CG	4	Маса кузову	Маса кузову	1 Ом або менш	Завжди
SG	5	Маса кузову	Маса кузову	1 Ом або менш	Завжди
BAT	16	Батарея +	Маса кузову	від 11 до 14 В	Завжди
CANH	6	CAN "High" line	14 - CANL	від 54 до 69 Ом	Запалювання вимкнено
			Батарея +	6 кОм або більше	Запалювання вимкнено
			4 - CG	200 Ом або більше	Запалювання вимкнено
CANL	14	CAN "Low" line	Батарея +	6 кОм або більше	Запалювання вимкнено
			4 - CG	200 Ом або більше	Запалювання вимкнено

Процес діагностування тягового акумулятора розглянемо на прикладі автомобіля Toyota Prius NHV10 (рис. 2).

Порядок виконання:

1. Включити запалювання автомобіля.
2. Підключити в діагностичний роз'єм DLC 3 сканер CARMAN SKAN IT-700.

3. Виконати ідентифікувати автомобіля.

4. Перевірити помилки електронних блоків автомобіля. Сканер виявив такі помилки:

- блок ABS - помилка C1259 (несправність в системі рекуперативного гальмування);

- блок гібридної системи - помилка C2679 (несправність у високовольтній батареї);

- блок управління ВВБ - помилка C2544 (різниця по напрузі між осередками високовольтної батареї перевищує допустиму величину - delta SOC перевищив 28%);

- блок управління ВВБ - помилка C2579 (несправність елементів ВВБ).

Основна помилка C2579 (несправність елементів ВВБ).

5. Відобразити поточні параметри блоку ВВБ. Після зчитування помилок ми повинні подивитися на сканері ще кілька обов'язкових поточних параметрів.



Рисунок 2 - Toyota Prius NHV10

Нас цікавлять наступні параметри:

- SOC (STATE OF CHARGE) - рівень заряду ВВБ;

- delta SOC - рівень різниці пар елементів ВВБ по ємності, заряду і напруги;

- різниця між парою елементів ВВБ з максимальною напругою і парою елементів ВВБ з мінімальним напругою.

Параметри блоку ВВБ наведені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Параметри блоку ВВБ

Номер пари елементів ВВБ	Напруга, В	Номер пари елементів ВВБ	Напруга, В
1	18,06	11	18,08
2	17,94	12	18,03
3	17,93	13	18,05
4	17,91	14	17,92
5	17,93	15	18,09
6	17,89	16	17,94
7	17,93	17	17,93
8	17,93	18	17,79
9	17,91	19	18,06
10	18,07	20	17,93
SOC=65,5%; delta SOC=46,5			

За поточними параметрами можемо визначити, що дана ВВБ несправна і вимагає ремонту. Параметр delta SOC не повинен перевищувати 20%, різниця між парами елементів ВВБ з максимальною напругою і парами елементів ВВБ з мінімальною напругою не повинна перевищувати 0,2 В.

6. Перевести селектор перемикання передач в нейтральне положення «N». Цим ми примусово відключаємо заряд ВВБ.

7. Включити в автомобілі споживачі електроенергії (дальнє світло фар, обігрів скла і сидінь, кондиціонер і т.д.) до моменту падіння напруги на парах елементів ВВБ до номінального значення 14,1-14,2В.

8. Відобразити поточні параметри блоку ВВБ.

Поточні параметри ВВБ після падіння напруги на парах елементів наведені в таблиці 5.

За цими параметрами ми можемо визначити, що:

- delta SOC збільшився на 0,5%. Це говорить про те, що в ВВБ дійсно є несправні елементи, і що помилки в блоках управління не є наслідком неправильної роботи блоків управління;

- в 18-й парі елементів ВВБ є як мінімум один несправний елемент.

Таблиця 5 - Параметри ВВБ після падіння напруги

Номер пари елементів ВВБ	Напруга, В	Номер пари елементів ВВБ	Напруга, В
1	14,06	11	14,16
2	13,69	12	14,01
3	13,93	13	14,09
4	13,71	14	13,79
5	13,96	15	14,18
6	13,22	16	13,72
7	13,91	17	13,95
8	13,91	18	12,51
9	13,81	19	14,11
10	14,14	20	13,92
SOC=42%; delta SOC=47			

**Пз 4.3. Метод визначення внутрішнього опору.** Метод діагностування полягає в вимірі внутрішнього пору високовольтної батареї за допомогою аналізатора електрохімічних джерел живлення. Отримані параметри порівнюють із заводськими параметрами виробника. Метод дозволяє виявити несправні елементи високовольтної батареї.

Переваги:

- портативність пристроїв;
- простота використання;
- спеціалізовані моделі дозволяють зберігати результати і переносити їх на комп'ютер для підготовки звітів.

Недоліки:

- необхідність в розборі ВВБ;

- необхідність повної зарядки ВВБ;

- визначення внутрішнього опору дає неточну оцінку стану елементів ВВБ.

Процес діагностики тягового акумулятора розглянемо на прикладі Toyota Prius (ZVW30).

Порядок виконання:

1. Високовольтну батарею необхідно демонтувати з автомобіля і від'єднати контакти.

2. Розібрати високовольтну батарею.

3. Виміряти параметри кожного елемента високовольтної батареї за допомогою аналізатора електрохімічних джерел живлення АЕА30V.

4. Занести данні вимірювань в таблицю.

5. Порівняти отримані параметри до заводських параметрами виробника.

У таблиці 6 представлено результати вимірювання тягової батареї автомобіля Toyota Prius.

Таблиця 6 - Результати вимірювань елементів ВВБ автомобіля Toyota Prius

Номер елемента ВВБ	Напруга, В	Комплексне внутрішній опір, мОм	Активна складова внутрішнього опору, мОм	Реактивна складова внутрішнього опору, мОм
1	7.876	7.918	6.279	4.825
2	7.876	8.322	6.179	5.575
3	7.867	8.302	6.180	5.545
4	7.858	8.482	6.355	5.619
5	7.841	8.251	6.313	5.313
6	7.841	8.366	6.226	5.589
7	7.832	8.516	6.306	5.724
8	7.841	8.608	6.378	5.782
9	7.849	8.446	6.357	5.562
10	7.841	8.229	6.208	5.402
11	7.849	8.603	6.376	5.777
12	7.832	8.557	6.369	5.716
13	7.841	8.559	6.369	5.718
14	7.832	8.400	6.282	5.577
15	7.832	8.561	6.387	5.701
16	7.841	8.614	6.348	5.824
17	7.832	8.420	6.275	5.615
18	7.841	8.408	6.261	5.613
19	7.841	8.550	6.363	5.712
20	7.832	8.519	6.268	5.770
21	7.841	8.458	6.295	5.650
22	7.832	8.521	6.262	5.780

Продовження табл. 6

23	7.849	8.621	6.391	5.786
24	7.849	8.532	6.320	5.732
25	7.841	8.854	6.330	6.192
26	7.849	8.684	6.364	5.910
27	7.849	8.465	6.309	5.644
28	7.876	8.357	6.309	5.481

Експериментальним шляхом прийнято нормальним вважати активний опір елемента для даного типу батареї менш 6,27 мОм на частоті 1000 Гц.

За результатами вимірювань видно, що тільки 7 з 28 елементів відповідають цьому опору. Це не означає, що батарея непридатна до експлуатації (інші елементи мають незначне відхилення), але показує, що батарея вже має знос, а так же пояснює, чому індикатор заряду АКБ автомобіля показує неповний заряд батареї.

Характеристика розряду батареї нелінійна, і чим більше її опір, тим швидше вона розряджається. Бензиновий двигун, отримуючи інформацію про низький рівень заряду, включається частіше для її зарядки, відповідно, зростає витрата палива.

**Пз 4.4. Метод визначення напруги струму під навантаженням.** Метод діагностування полягає у вимірі напруги елементів високовольтної батареї під каліброваним навантаженням. Елементи навантажують за допомогою потужного навантажувального апарату, який здатний розрядити всі елементи високовольтної батареї одночасно і з однаковою силою струму. Напругу вимірюють за допомогою вольтметра. Метод дозволяє виявити елементи високовольтної батареї, які не здатні витримати навантаження.

Переваги:

- висока точність вимірювань.

Недоліки:

- необхідність в еквалізації ВВБ;
- необхідність в розборі ВВБ;
- данні вимірювань документуються вручну;
- точність вимірювань залежить від швидкості вимірів.

Процес діагностики тягового акумулятора розглянемо на прикладі Toyota Prius (NHV10).

Порядок виконання:

1. Провести еквалізацію ВВБ
2. Акумуляторну батарею необхідно демонтувати з автомобіля і від'єднати контакти.
3. Розібрати високовольтну батарею.
4. Прикрутити контакти штатними болтами навантажувального апарату до клемми «+» і «-» блоку ВВБ.
5. Включити навантажувальний апарат в мережу. Вимикачі повинні бути розімкнуті.

6. Виміряти напругу блоку ВВБ. В даному випадку воно дорівнює 156,3 В. Напруга має відповідати 150..180 В. Це залежить від багатьох факторів: стану елементів ВВБ, кількості несправних елементів в блоці, тривалості проведеної еквалізації і т. д.

7. Засікти час і включити обидва вимикача навантажувальних елементів до моменту падіння напруги блоку ВВБ до 140 В.

8. Розімкнути вимикач навантажувального елемента потужністю 300 Вт.

9. Виміряти напругу на кожному елементі блоку ВВБ. Максимальний час вимірювання - 1 хв. Вимірювання занести в таблицю (табл. 7).

Таблиця 7 - Результати вимірювань елементів ВВБ

Номер елемента ВВБ	Напруга, В	Номер елемента ВВБ	Напруга, В
1	7,12	21	7,07
2	6,94	22	7,09
3	6,89	23	7,08
4	6,80	24	6,93
5	7,11	25	7,05
6	6,82	26	7,04
7	6,90	27	6,88
8	6,81	28	6,91
9	7,08	29	7,12
10	6,88	30	7,06
11	7,10	31	6,80
12	6,12	32	6,92
13	6,92	33	6,97
14	6,99	34	6,98
15	6,96	35	5,62
16	6,95	36	6,89
17	7,19	37	7,09
18	6,62	38	7,02
19	7,11	39	6,91
20	7,03	40	7,01

10. Розімкнути вимикач навантажувального елемента потужністю 1,5 кВт і вимкнути навантажувальний апарат з мережі.

11. Відкрити контакти навантажувального апарату від блоку ВВБ.

12. Таку ж процедуру навантаження провести з блоком № 2. На ньому напруга без навантаження досить сильно відрізняється від показників навантаження на блоці № 1 і становить 164,4 В.

13. Проаналізувати отримані вимірювання і виявити елементи нездатні витримати навантаження.

**Пз 4.5. Аналіз обладнання для діагностування високовольтних батарей.**

1 Сканер Toyota Intelligent II. Дилерський прилад Toyota Intelligent II (рис. 3) використовується для діагностування, пошуку, усунення несправностей у всіх електронних блоках управління автомобілів марки Toyota і Lexus.

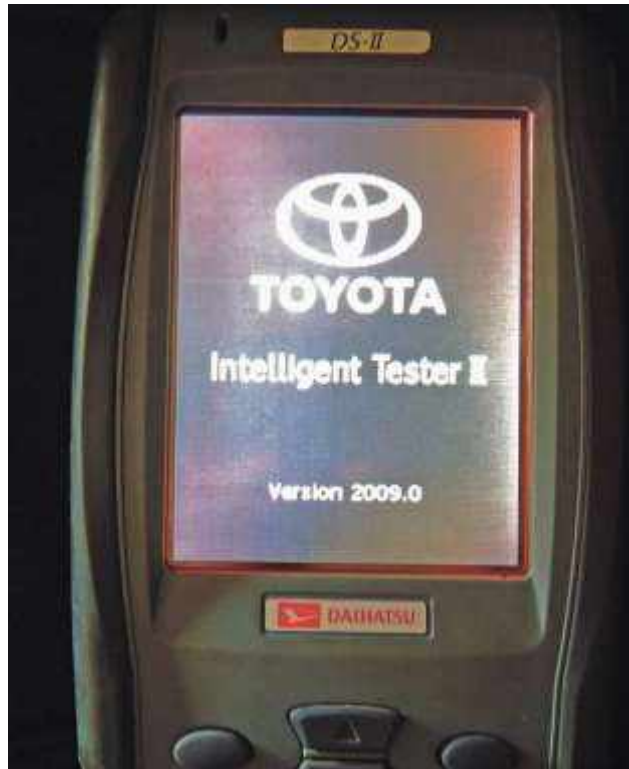


Рисунок 3 - Дилерський прилад Toyota Intelligent II

. Робота сканера представляє повнофункціональний пристрій для роботи з автомобілями даних марок на дилерському рівні. Даний сканер оснащений флеш картою об'ємом 32 Мб. Все необхідне програмне забезпечення зберігається на цій карті. Оновлення тестера відбувається за допомогою цієї карти. Нове програмне забезпечення копіюється на карту і за допомогою цього здійснюється перепрограмування програм. Крім усього іншого сканер має вбудований мультиметр і двоканальний осцилограф. Легкість використання сканера, додає сенсорний дисплей. Результати діагностування ВВБ за допомогою сканера Toyota Intelligent II приведена на рисунку 4.

Функціональні можливості:

- автоматичний пошук електронних систем (Short test);
- зчитування, розшифровка, видалення кодів помилок;
- висновок поточних даних датчиків, блоків, виконавчих механізмів;
- тести і активація виконавчих механізмів;
- ініціалізація блоків управління.

На відміну від мультимарочних сканерів, даний апарат підтримує всі сервісні функції для європейського і американського ринків. Але не все доступно для машин японського ринку. Працює з усіма сучасними авто, хоча останнє оновлення програми датується 2012 роком.

Primary	Value	Unit
Target Engine Rev	0	rpm
Engine Rev (Sensor)	0	rpm
State of Charge (All Bat)	52.5	%
Power Resource VB	219.0	V
Power Resource IB	1.80	A
V <sub>L</sub> Voltage before Boosting	218	V
V <sub>H</sub> Voltage after Boosting	219	V
Boost Ratio	0.0	%
Drive Condition ID	0	
Shift Sensor Shift Pos	P	
Short Wave Highest Val	4.98	V

Рисунок 4 - Результати діагностування ВВБ приладом Toyota Intelligent II

Зокрема, для Toyota існує програмне забезпечення під назвою Techstream (рис. 5). Фактично це аналог Intelligent Tester II, тільки програма встановлена на комп'ютер, а не на сканер. Techstream підтримує всі гібриди від Toyota і Lexus, з усіма сервісними функціями, незалежно від ринку.

Parameter	Value	Unit	Parameter	Value	Unit
Batt Block Max Vol	20,85	V	Internal Resistance R14	0,026	ohm
Max Battery Block No	11		Internal Resistance R15	0,027	ohm
Battery Block Vol -V01	20,72	V	Battery Low Time	0	
Battery Block Vol -V02	20,75	V	DC Inhibit Time	0	
Battery Block Vol -V03	20,66	V	Battery too High Time	0	
Battery Block Vol -V04	20,79	V	Hot Temperature Time	0	
Battery Block Vol -V05	20,72	V			
Battery Block Vol -V06	20,83	V			
Battery Block Vol -V07	20,79	V			
Battery Block Vol -V08	20,79	V			
Battery Block Vol -V09	20,66	V			
Battery Block Vol -V10	20,75	V			
Battery Block Vol -V11	20,69	V			
Battery Block Vol -V12	20,85	V			
Battery Block Vol -V13	20,72	V			
Battery Block Vol -V14	20,75	V			
Battery Block Vol -V15	20,72	V			
Internal Resistance R01	0,027	ohm			
Internal Resistance R02	0,027	ohm			
Internal Resistance R03	0,027	ohm			
Internal Resistance R04	0,027	ohm			
Internal Resistance R05	0,027	ohm			
Internal Resistance R06	0,027	ohm			
Internal Resistance R07	0,028	ohm			
Internal Resistance R08	0,027	ohm			
Internal Resistance R09	0,027	ohm			
Internal Resistance R10	0,027	ohm			
Internal Resistance R11	0,027	ohm			
Internal Resistance R12	0,028	ohm			
Internal Resistance R13	0,027	ohm			

Рисунок 5 - Діагностичний лист ВВБ програмного забезпечення Techstream

На перших версіях програми були проблеми з підтримкою японських ієрогліфів з японським ринком, а в нових версіях програми є підтримка англійської, що значно спрощує використання програм. Швидкість роботи залежить від застосованого діагностичного інтерфейсу.

2 Сканер Launch X 431 Master. Найпоширенішим сканером, яким можна провести діагностування гібридного автомобіля практично будь-якого виробника, є Launch X 431 Master (рис. 6). Це універсальний мультимарочний сканер з відкритою діагностичною платформою, вбудованим міні-принтером, широким набором адаптерів і програмним забезпеченням для діагностики електронних систем управління (ЕБУ/ECU).



Рисунок 6 - Сканер Launch X-431 Master

Сканер підтримує діагностування електронних систем управління автомобіля європейського, американського і азійського виробництва (включаючи японські автомобілі з правим кермом).

Підтримка протоколів OBD-II, Euro OBD для автомобілів на 12 і 24 вольт. Шини даних: SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM, ISO 9141-2, ISO 14230, ISO-15765-4 CAN.

Функціональні можливості:

- кодування блоків управління;
- адаптація блоків управління;
- скидання сервісних інтервалів;

- зчитування потоків даних систем автомобіля;
- відображення поточних параметрів системи;
- перевірка виконавчих механізмів;
- читання і стирання кодів несправностей систем автомобіля.

переваги:

- друк результатів діагностики через вбудований міні-принтер.

3 Сканер Carman Scan Auto-i 700. Carman Scan Auto-i 700 (рис. 7) - професійний діагностичний апарат останнього покоління на базі двоядерного процесора Cortex A8 з тактовою частотою 1 Ghz. Виконаний у вигляді модульного сканера з ЖК дисплеєм, LED підсвічуванням, регульованою яскравістю. Другий процесор Cortex M3 з частотою 120 Mhz відповідає тільки за діагностичну функцію, його запасу достатньо для виконання всіх існуючих процедур, включаючи програмування.



Рисунок 7 - Сканер Carman Scan Auto-i 700

Функції сканера:

- читання і розшифровка кодів помилок;
- видалення помилок;
- висновок поточних параметрів (в цифровому і графічному вигляді);
- формування груп параметрів вручну;
- перевірка (активація) виконавчих механізмів;
- можливість графічного порівняння вибраного параметра з усіма іншими;
- запис поточних параметрів;
- проведення спеціальних тестів;
- кодування;
- калібрування датчиків;
- скидання сервісних інтервалів;
- можливість підключення до стандартного комп'ютера (обробка результатів вимірів);

- можливість виходу на принтер (стаціонарний, переносний).

Особливістю сканера є відсутність кнопок на передній панелі. Управління ведеться через активну матрицю індустріального широкоформатного дисплея з високим контрастом, що дозволяє працювати при яскравому сонячному світлі. Сканер має вбудований WiFi модуль, самостійно підключається до мережі Інтернет для перевірки і завантаження оновлень.

Результати діагностування ВВБ за допомогою сканера Carman Scan Auto-i 700 приведена на рисунку 8.



The image shows a diagnostic tool interface with a table of battery block voltages. The table has columns for 'VOLTAGE', 'UNIT', and two other columns. The data is as follows:

Block	VOLTAGE	UNIT	Column 1	Column 2
Battery Block Voltage #2	14.49	V	14.5	14.6
Battery Block Voltage #3	13.80	V	13.8	14.2
Battery Block Voltage #4	13.58	V	13.6	14.0
Battery Block Voltage #5	14.38	V	14.4	14.4
Battery Block Voltage #6	14.49	V	14.5	14.5
Battery Block Voltage #7	14.51	V	14.5	14.6
Battery Block Voltage #8	14.48	V	14.5	14.6
Battery Block Voltage #9	14.41	V	14.4	14.4
Battery Block Voltage #10	14.38	V	14.4	14.4
Battery Block Voltage #11	14.47	V	14.5	14.5

Рисунок 8 - Результати діагностування ВВБ сканером Carman Scan Auto-i 700

Підтримувані протоколи: ISO 9142-2, ISO 14230-2, ISO 15765-4, SAE-J1850, SAE-J1850 PWM CAN ISO 11898, Highspeed, Middlespeed, Lowspeed, Singlewire CAN, K / L-Line High Speed Serial, Flashing Code, Ethernet, Byte, Honda Diag-H Protocol, KWPT1281, TP2.0, TP1.6, J2610 (Chrysler SCI).

4. Аналізатор АЕА30V. Аналізатор АЕА30V (рис. 9) призначений для вимірювання напруги на контактах полюсів і вимірювання внутрішнього опору електрохімічних джерел живлення (ЕХДЖ) з номінальною напругою не більше 30 В, а саме гальванічних елементів, акумуляторів різних типів і батарей на їх основі.

Технічні характеристики наступні:

- діапазон вимірювання постійної напруги від 0,3 до 30,0 В. Результат вимірювання активується у вигляді чотирьох розрядного числа з комою;

- діапазон вимірювання внутрішнього комплексного опору ЕХДЖ і його активної і реактивної складових від 0,006 до 6 Ом з діапазоном: 0,06 Ом; 0,6 Ом; 6 Ом. Вибір діапазону здійснюється автоматично в залежності від величини вимірюваного опору. Результат вимірювання в міліомах відображається у вигляді чотирьох розрядного числа зі знаком і комою.

- вимірювання внутрішнього комплексного опору і вектором його активної складової від мінус 90 до 90° С з дискретністю 0,01° С. Результат вимірювання відображається у вигляді чотирьох розрядного числа зі знаком і комою;

- вимірювання внутрішнього комплексного опору ЕХДЖ виконується на фіксованих частотах (від однієї до чотирьох), діапазон частот від 20 до 1000 Гц, значення частоти задається з дискретністю 1 Гц.



Рисунок 9 - Аналізатор АЕА30V

5. Мотортестер BOSCH FSA 050. Прилад FSA 050 (рис. 10) призначений для перевірки електричних ланцюгів гібридних та електромобілів. Передбачена можливість спільної роботи з пристроями сімейства FSA і передача даних в програму Comras Soft. Обмін даними з комп'ютером здійснюється за допомогою радіоканалу Bluetooth.



Рисунок 10 - Мотортестер BOSCH FSA 050

Функціональні можливості та особливості:

- перевірка ланцюгів високої напруги;
- перевірка ізоляції;
- функції мультиметра (вимір напруги, сили струму, опору, ємності, наявності контакту);
- можливість повністю автономного використання.

Технічні характеристики приведені в таблиці 8.

Таблиця 8 - Технічні характеристики приладу FSA 050

Найменування	Опис
Перевірка ланцюгів	До 600 В постійного струму високої напруги
Перевірка ізоляції	Перевірочна напруга: 0-100-250-500-1000 В Перевірочний струм: 1 мА
Опір ізоляції	Режими виміру: t, PI, DAR або INS
Вимірювання частоти	40 - 450 Гц
Вимірювання опору	0,01 кОм - 1000 кОм
Перевірка наявності контакту	0,01 Ом - 99,9 Ом Перевірочний струм 20 мА / 205 мА
Вимірювання ємності	100 пФ - 10 мкФ
Передача даних	Bluetooth Class 1 / 2 (на відстань 30м / 10м)

### Контрольні запитання

1. Яким чином працює вбудована система діагностування гібридного автомобіля і електромобіля?
2. Для чого виконується тест з імітацією умов виникнення несправності?
3. Який алгоритм тесту для постановки діагнозу?
4. Які існують методи оцінки технічного стану високовольтної акумуляторної батареї?
5. Як здійснюється процес діагностування тягового акумулятора?
6. Яке обладнання використовується для діагностування тягових батарей?

## Пз. 5-6 до теми 4.

### Приклад підходу до вибору побудови гібридних автомобілів і електромобілів

**Пз. 5-6.1. Основний принцип побудови гібридних автомобілів.** Основний принцип гібридної технології ТЗ полягає в використанні комбінованої силової енергоустановки, яка включає в себе двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) та додаткову економічну, екологічно чисту силову енергоустановку (як правило, електричні двигуни), що дозволяє виконати екологічні вимоги норм "Євро-5", "Євро-6" і навіть більш жорстких норм, знизити витрати палива та підвищити тягово-швидкісні характеристики автомобіля. Додаткова силова установка хоча і працює на абсолютно іншому принципі дії, ніж ДВЗ, але органічно його доповнює (рис. 1).



Рисунок 1 – Компонована схема гібридного автомобіля

Основна мета такого підходу – зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ), підвищення ККД, економія палива, з одночасним підвищенням потужності. Секрет поліпшення екологічних, паливно-економічних і тягово-швидкісних характеристик автомобіля з гібридною силовою установкою полягає в тому, що в тяжких режимах роботи ДВЗ, коли споживання палива та токсичність ВГ максимальна, додаткова силовa установка допомагає, або повністю заміняє ДВЗ. Крім того, традиційна система керування самого ДВЗ налагоджується спеціально під економічний і екологічно чистий режим роботи. Розглянемо для порівняння енергетичні і економічні показники роботи ДВЗ та синхронного електричного двигуна вентильного типу. Саме такий тип тягових електричних двигунів знайшов своє використання в гібридних силових установках автомобілів та в мотор-колесах.

Одним з основних показників ДВЗ є його ефективна потужність  $N_e$  (кВт), яка розраховується за формулою:

$$N_e = \frac{p_e V_h n i_u}{30\tau}, \quad (1)$$

де  $p_e$  – середній ефективний тиск в циліндрах, МПа;  
 $V_h$  – робочий об’єм циліндра, л;  
 $n$  – частота обертання колінчатого вала, хв<sup>-1</sup>;  
 $i_u$  – число циліндрів у двигуні;  
 $\tau$  – число ходів поршня за цикл.

Коли відома ефективна потужність  $N_e$  та відповідна до неї частота  $n$  колінчатого валу ДВЗ, то ефективний момент на валу  $M_e$  (Нм) дорівнює:

$$M_e = \left[ \frac{3 \cdot 10^4}{\pi} \right] \frac{N_e}{n}. \quad (2)$$

Паливна економічність роботи двигуна оцінюється питомою ефективною витратою палива  $g_e$  (г/кВт·год):

$$g_e = 10^3 \frac{G_{нал}}{N_e}, \quad (3)$$

де  $G_{нал}$  – годинна витрата палива, кг/год.

Ефективний ККД ДВЗ – це відношення роботи, здобутої на валу двигуна, до енергії, що містилась у витраченому паливі:

$$\eta_e = \frac{3600 N_e}{H_u G_{нал}}, \quad (4)$$

де  $H_u$  – нижча теплота згоряння палива, кДж/кг.

Граничні значення ефективних показників автомобільних ДВЗ наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 - Ефективні показники ДВЗ

Тип ДВЗ	$p_e$ , МПа	$g_e$ , г/кВт·год	$\eta_e$
Бензиновий	0.6...0.95	250...330	0.2...0.3 5
Дизельний без наддуву	0.55...0.85	210...260	0.33...0. 40
Дизельний з наддувом	0.7...2.2	200...242	0.35...0. 42

Для оцінки енергетичних та економічних показників ДВЗ використовують зовнішні швидкісні характеристики (рис. 2). Наведемо для порівняння основні

рівняння і характеристики вентиляного синхронного електричного двигуна, принцип дії якого та характеристики подібні колекторним двигунам постійного струму.

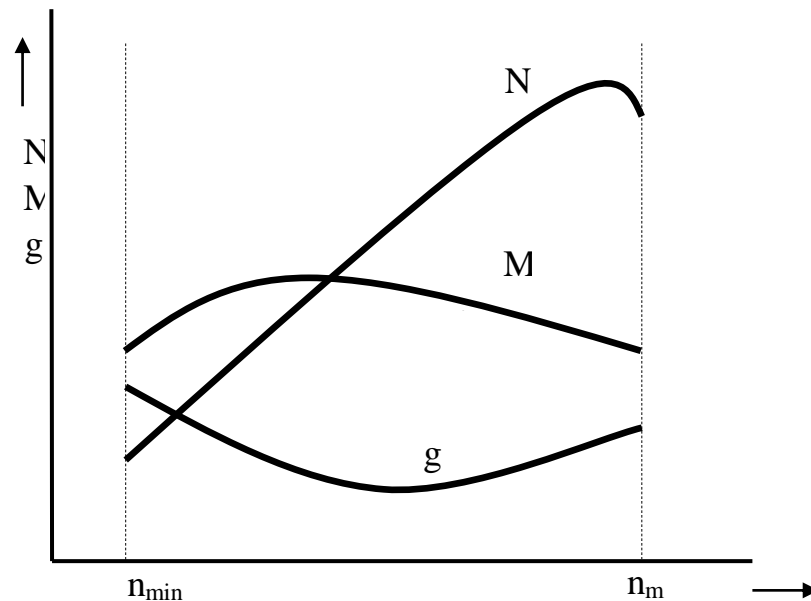


Рисунок 2 - Зовнішня швидкісна характеристика бензинового ДВЗ

Електрорушійна сила якоря  $E_y$  виражається залежністю:

$$E_y = cK_i\Phi\omega, \quad (5)$$

де  $c$  – конструктивний коефіцієнт;

$K_i$  – коефіцієнт інвертування;

$\Phi$  – повний магнітний потік;

$\omega$  – кутова швидкість колінчастого вала.

Момент  $M$  електричного двигуна:

$$M = cK_i\Phi I_y, \quad (6)$$

де  $I_y$  – струм, який споживає якорна обмотка.

Потужність двигуна отримуємо з формул (5) і (6):

$$P = E_y I_y = M\omega. \quad (7)$$

На рисунку 3 наведено порівняльні механічні характеристики тягових вентиляних електричних двигунів автомобілів Toyota Prius и Toyota Prius II, які функціонують відповідно у складі гібридних силових установок Toyota Hybrid System (THS) и THS II.

Механічна характеристика (рис. 3) показує, що вентиляні двигуни автомобілів Toyota Prius и Toyota Prius II реалізують максимальний обертовий момент як раз на старті (на невеликій частоті обертання), на відміну від двигунів внутрішнього згорання, які здатні генерувати максимальний обертовий момент

лише на підвищеній частоті обертання (рис. 2). Тому навіть відносно невисока додаткова потужність електричного двигуна дозволить значно покращити динамічні характеристики автомобіля.

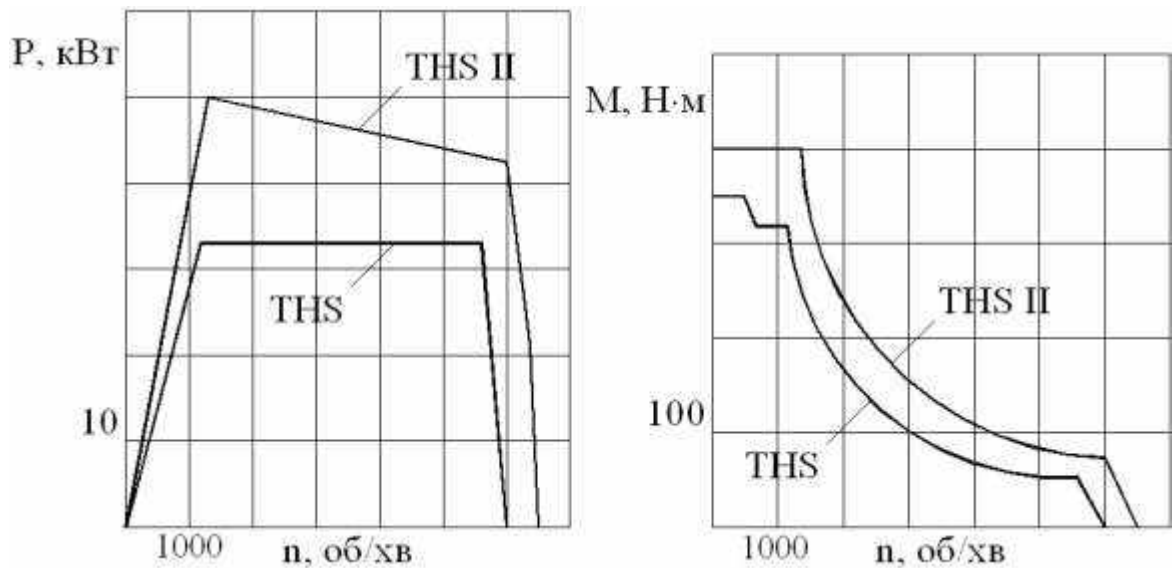


Рисунок 3 - Порівняльні механічні характеристики тягових електричних двигунів автомобілів Toyota Prius и Toyota Prius II

Слід відмітити, що система керування вентилювальним двигуном здатна запрограмувати практично будь-яку механічну характеристику, в залежності від необхідних потреб. Коефіцієнт корисної дії сучасних вентилювальних двигунів досягає майже 95 %. Крім відносно високого ККД вентилювальні двигуни мають такі позитивні властивості, як високу надійність, термін служби, хорошу якість регулювання.

Вентилювальні двигуни у сучасному автомобілебудуванні є самими перспективними із всіх типів електродвигунів, які застосовуються у сучасних регульованих електроприводах. Це пояснюється їх конструктивними й техніко-експлуатаційними перевагами в порівнянні з існуючими типами електричних машин. Застосування вентилювальних машин для приводу електромобілів або в складі гібридних силових установок автомобілів обумовлені тим, що вони мають високий пусковий момент, високу заводстійкість та надійність, невелику масу, можливість роботи в широкому діапазоні температур, вологості, тиску, крім того, мають практично необмежений діапазон регулювання частоти обертання й можливість регулювання частоти обертання за різними законами. Тому вони знайшли своє широке застосування у мотор-колесах автомобілів.

У цей час виготовленням вентилювальних електричних машин займаються практично всі ведучі електромашинобудівні компанії (“Siemens”, “Bosch”, “General Electric” і багато хто інші). Спеціально для потреб автомобільного транспорту розробляють і виготовляють вентилювальні машини компанії “Toyota”, “Honda”, “Mitsubishi”, у тому числі і для встановлення в маточину коліс електромобілів.

Принцип дії вентилювальних машин заснований на тих же електромагнітних явищах, які використовуються в традиційних електричних машинах. По фізичним

процесам, які в них протікають, вони близькі до колекторних машин постійного струму. Електромеханічна частина вентильного двигуна, тобто самого тягового електричного двигуна, аналогічна відомим конструктивним модифікаціям синхронних машин. Конструктивно трифазну обмотку якоря розміщують на нерухомому статорі, а на роторі - магнітні полюси (постійні магніти), які здійснюють магнітоелектричне збудження. Завдяки застосуванню висококоерцитивних постійних магнітів з матеріалів «залізо-неодим-бор» і використанню спеціальних конструктивних рішень в активних частинах магнітної системи ці двигуни мають оптимальні масо-габаритні параметри й значну переважувальну здатність.

При подачі на трифазну обмотку статора змінної трифазної напруги у вентильному електродвигуні виникає обертове магнітне поле, яке, взаємодіючи з полюсами постійних магнітів ротора, створює обертовий момент (рис. 4).

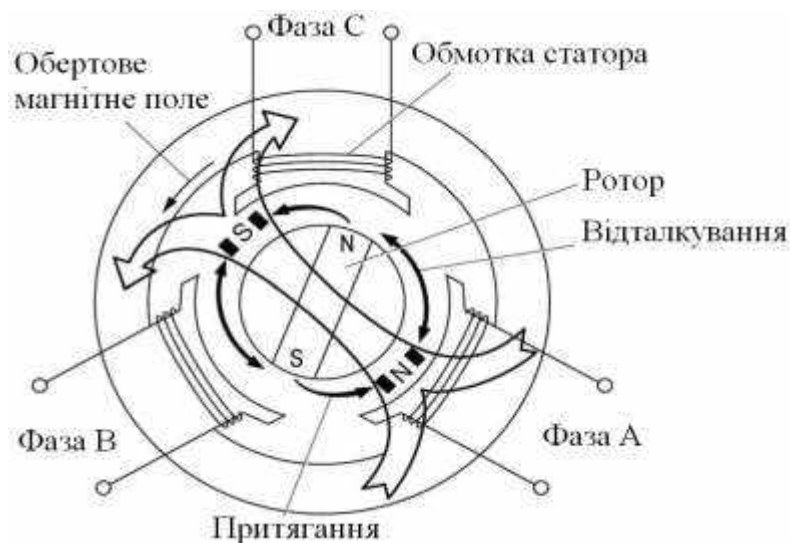


Рисунок 4 - Конструкція вентильного двигуна

Обертовий момент практично пропорційний силі струму, а швидкість обертання ротора регулюється частотою змінного струму. Оптимальне керування кутовим зсувом осі магнітів ротора й обертовим магнітним полем статора дозволяє одержати на валу двигуна високий корисний обертовий момент на всіх швидкісних режимах. У режимі генератора обертове магнітне поле ротора наводить струм в обмотці статора.

Система вентильної комутації складається з датчика синхронізуючих сигналів, системи керування й перетворювача напруги (рис. 5).

Датчик синхронізуючих сигналів, визначаючи порядок і частоту перемикання елементів комутатора, являє собою або датчик положення ротора (при позиційному керуванні), або датчик фази напруги (при фазовому керуванні). Система керування забезпечує формування й посилення синхронізуючих сигналів, а перетворювач напруги реалізує безконтактне перемикання в силових колах вентильного двигуна.



Рисунок 5 - Функціональна схема електропривода вентильного двигуна

Наведемо функціональні залежності між основними усередненими електромагнітними й механічними показниками вентильного електричного двигуна. Ці залежності можуть бути представлені формулами, аналогічними формулам для опису колекторних машин постійного струму, а саме:

- середнє значення проти-ЕРС двигуна

$$E_n = K_e \cdot K_u \cdot \Phi \cdot \omega_d, \quad (8)$$

де  $K_e$  – конструктивний коефіцієнт ЕДС;

$K_u$  – коефіцієнт інвертування комутатора;

$\Phi$  – повний магнітний потік з урахуванням реакції якоря й розсіювання;

$\omega_d$  – кутова частота обертання двигуна;

- середнє значення напруги, прикладеної до двигуна:

$$U = E_n + I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}}, \quad (9)$$

де  $I_{\text{я}}$  – середнє значення струму споживаного двигуном;

$R_{\text{я}}$  – еквівалентний активний опір ланцюга якоря двигуна;

– кутова частота обертання двигуна з урахуванням виразів (8) і (9):

$$\omega_d = \frac{U - I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}}}{K_e \cdot K_u \cdot \Phi}; \quad (10)$$

– електромагнітна потужність двигуна:

$$P_d = E_n \cdot I_{\text{я}}; \quad (11)$$

– електромагнітний момент двигуна з урахуванням виразу (10):

$$M = \frac{P_d}{\omega_d} = K_m \cdot K_u \cdot \Phi \cdot I_{\text{я}}, \quad (12)$$

де  $K_m$  – конструктивний коефіцієнт моменту.

Специфіка вентильних двигунів для наведених виразів проявляється в наявності коефіцієнта  $K_u$  і використанні повного потоку  $\Phi$  з урахуванням реакції якоря. Якщо реакція якоря проявляється слабо, то вентильні двигуни по процесах, що протікають у них, ближче до двигунів постійного струму, чим до синхронних двигунів.

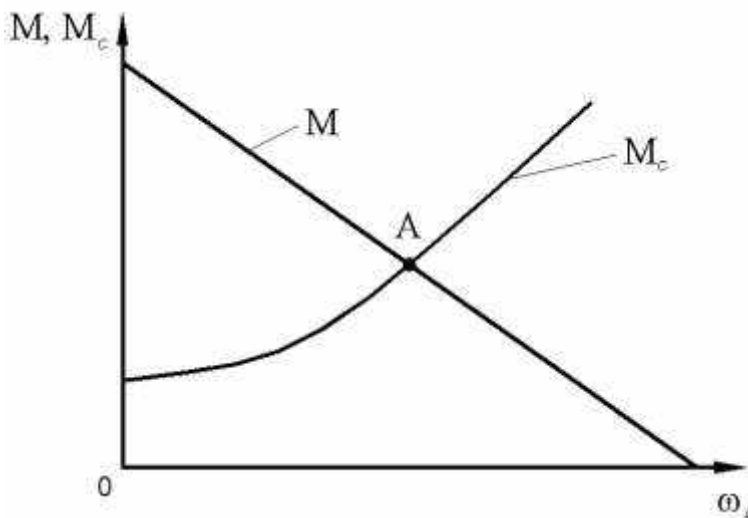
Відповідно до виразів (8 - 12), швидкість обертання ротора вентильного двигуна можна регулювати, змінюючи напругу живлення, активний опір у колі якоря, струм збудження при електромагнітному збудженні і коефіцієнт інвертування. Останній спосіб є специфічним для вентильного двигуна. Крім того, визначивши залежність напруги, прикладеного до двигуна, від струму якоря двигуна, тобто  $U = f(I_a)$ , неважко визначити зовнішню характеристику джерела електроенергії, яку він повинен мати відповідно до заданої характеристики ТЗ, з урахуванням балансу потужності, необхідної для руху, і потужності вентильного електропривода. Стійка робота такого тягового двигуна можлива за умови, що:

$$M = M_c, \quad (13)$$

де  $M_c$  – момент опору на валу, обумовлений приводом, на який працює двигун.

Залежність  $M_c = f(\omega_d)$  часто називають статичною характеристикою або характеристикою опору. При зміні швидкості електродвигуна  $\omega_d$  у загальному випадку змінюються як момент  $M$ , так і  $M_c$ . Від того, як відбувається така зміна, залежить ступінь стійкості роботи тягового електродвигуна.

Відомо, що характеристика опору ТЗ, яка обумовлена в основному дорожніми умовами й режимом роботи тягового двигуна, близька до квадратичної параболи зі зміщеною відносно початку координат вершиною. Суміщення в одній системі координат узагальненої механічної характеристики тягового вентильного двигуна і характеристики опору ТЗ (рис. 6), показує, що рівноважний режим роботи двигуна може підтримуватися протягом тривалого інтервалу часу тільки при виконанні умови (13).



### Рисунок 6 – Умови стійкої роботи тягового електродвигуна

Отже, положення стійкої роботи тягового електропривода визначається крапкою А, у якій перетинаються зазначені характеристики.

Якщо швидкість обертання електродвигуна під дією яких-небудь впливів зміниться, то виникне відповідний динамічний момент  $M_j$  (позитивний або негативний) під впливом якого швидкість обертання повернеться до попереднього значення.

$$M_j = M - M_c, \quad (14)$$

Таким чином, для стійкої роботи тягового електродвигуна необхідно, щоб при зменшенні швидкості обертання на величину  $d\omega_d$  обертовий момент одержував позитивне зростання  $+dM$ , а момент опору  $M_c$  одержував негативне зростання  $-dM_c$ , і навпаки. Отже, стійка робота тягового електропривода автомобіля буде забезпечена у всіх випадках, коли:

$$\frac{dM}{d\omega_d} < \frac{dM_c}{d\omega_d}, \quad (15)$$

а нестійка робота буде мати місце у всіх випадках, коли:

$$\frac{dM}{d\omega_d} > \frac{dM_c}{d\omega_d}. \quad (16)$$

Тоді оцінкою стійкості режиму роботи електродвигуна може служити відношення:

$$F_d = \frac{dM_c - dM}{d\omega_d}, \quad (17)$$

яке називається фактором стійкості двигуна.

Якщо  $F_d > 0$ , то тяговий вентильний двигун має позитивне самовирівнювання й режим роботи буде стійким, а якщо  $F_d < 0$ , то двигун має негативне самовирівнювання й режим роботи буде нестійким.

Сучасні електронні системи керування й досягнення в галузі енергетичної електроніки дозволяють синтезувати мікропроцесорний силовий комутатор, що здатний здійснювати регулювання швидкості обертання вентильних електродвигунів за різними законами в дуже широкому діапазоні. Це забезпечує одержання необхідної кратності швидкості обертання й електромагнітного моменту, а також необхідних електромеханічних і регульовальних характеристик.

**Пз. 5-6.2. Вибір раціональної схеми гібридної силової установки і приклад постановки задачі її моделювання.** При побудові екологічно чистого автомобіля ХНАДУ найефективнішою схемою трансмісії гібридних силових установок (ГСУ), на наш погляд, є послідовно-паралельна схема. Тому що початок руху, і рух на невисоких швидкостях здійснюється або тільки на електричній тязі, або комбіновано ДВЗ та електродвигун, що істотно підвищує екологічну чистоту автомобіля, особливо в міському циклі руху.

Основними вузлами гібридної електромеханічної трансмісії автомобіля є: електричний генератор, тяговий електричний двигун, акумуляторна батарея, система управління (рис. 7).

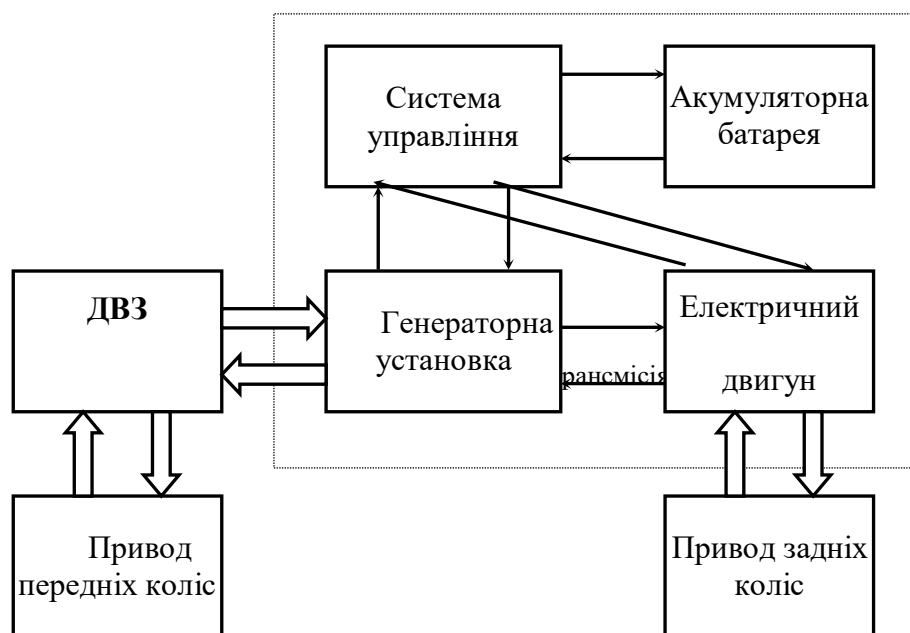


Рисунок 7 – Структурна схема електромеханічної трансмісії гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ

Моделювання буває трьох видів:

– натурне моделювання. Дослідження параметрів системи і моделювання його роботи проводиться в реальних умовах експлуатації безпосередньо на випробувальному зразку системи. Гідність: висока достовірність отриманих результатів, тому що експеримент проводиться на реальному фізичному об'єкті в реальних умовах експлуатації. Недоліки: висока вартість досліджень, а в деяких випадках, повна неможливість їх проведення (система знаходиться у стадії розробки, а не удосконалення, або невідомі умови експлуатації);

– фізичне моделювання. Дослідження параметрів системи і моделювання його роботи проводиться в лабораторних умовах на випробувальному зразку системи або її частини. Гідність: відносно висока достовірність отриманих результатів, тому що експеримент проводиться на реальному фізичному об'єкті, але в лабораторних умовах експлуатації. Недоліки: відносно висока вартість досліджень, а в деяких випадках, повна неможливість їх проведення (система знаходиться у стадії розробки, а не удосконалення, або невідомі умови експлуатації);

– математичне моделювання. Дослідження параметрів системи і моделювання його роботи проводиться на математичних моделях фізичних об'єктів. Їх динаміка в загальному випадку описується диференціальними рівняннями.

При розробці таких електромеханічних систем як ГСУ і безпосередньо сам автомобіль частіше всього використовують математичні моделі. Математична модель дозволяє вивчити властивості електромеханічної системи, що

розробляється. При побудові математичних моделей необхідно встановити всі взаємозв'язки між змінними, які характеризують поведінку системи.

Математична модель є формалізованим описом системи за допомогою абстрактної мови, зокрема, за допомогою математичних співвідношень, що відображають процес функціонування системи. Для складання моделі можна використовувати будь-які математичні засоби – алгебра, диференціальне, інтегральне числення, теорію множин, теорію алгоритмів і т.д. При побудові математичних моделей необхідно встановити всі взаємозв'язки між змінними, які характеризують властивості і характеристики системи.

Оскільки всі реальні системи по своїй природі є динамічними, то для їх опису можна використовувати диференціальні рівняння. Для вирішення системи отриманих рівнянь використовується перетворення Лапласа.

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt. \quad (18)$$

Метод перетворення Лапласа дозволяє замінити достатньо складне рішення диференціальних рівнянь відносно простим рішенням рівнянь алгебри.

Змінну  $s$  в перетворенні Лапласа можна розглядати як оператор диференціювання

$$s \rightarrow \frac{d}{dt} \quad (19)$$

Аналогічно можна ввести оператор інтеграції

$$\frac{1}{s} \rightarrow \int_0^t dt \quad (20)$$

Визначення реакції системи на вхідну дію має на увазі наступні дії:

- отримання диференціальних рівнянь, що описують поведінку досліджуваної системи;
- перетворення по Лапласу цих диференціальних рівнянь;
- рішення отриманих рівнянь алгебри.

В даний час могутнім засобом для моделювання і дослідження систем управління із зворотним зв'язком є програма Simulink, а також інші системи моделювання. Розглянемо особливості побудови математичних моделей в програмі Simulink. Simulink – інтерактивний інструмент для моделювання, імітації і аналізу динамічних систем. Він дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і удосконалювати проекти. Simulink повністю інтегрований з MATLAB, тому забезпечує оперативний доступ до широкого спектру інструментів аналізу і проектування. Математична модель створена в програмі Simulink дозволить вивчити властивості гібридної силової установки і провести порівняльний аналіз тягово-динамічних характеристик автомобіля на різних режимах руху.

Поставимо задачі на математичне моделювання тягово-динамічних характеристик автомобіля з гібридною силовою установкою на різних режимах руху, а саме:

- скласти математичну модель тягово-динамічних характеристик автомобіля з існуючим ДВЗ, в яку входять наступні підсистеми: модель ДВЗ, модель трансмісії, модель системи управління, модель сил діючих на автомобіль, модель визначення потужності та інші підсистеми;
- скласти математичну модель тягово-динамічних характеристик автомобіля з тяговим електричним двигуном з урахуванням маси акумуляторних батарей;
- скласти комбіновану математичну модель тягово-динамічних характеристик автомобіля з гібридною силовою установкою;
- провести порівняльну оцінку тягово-динамічних характеристик автомобіля з ДВС і автомобіля з гібридною силовою установкою.

Для моделювання тягово-динамічних характеристик автомобіля в якості прикладу виберемо самий недорогий український автомобіль ЗАЗ 1102 «Таврія» з ДВЗ об'ємом 1.2 л. Вибір цього автомобіля підкріплено ще тим, що саме такий тип автомобіля, тільки в вантажно-пасажи́рському варіанті (ЗАЗ-110550) був обраний для створення фізичної моделі гібридної силової установки, та успішно пройшов всі стендові та дорожні випробування.

Для складання математичної моделі автомобіля з ГСУ приведемо в таблиці 2 основні технічні характеристики автомобіля ЗАЗ 1102 «Таврія», які потрібні для розрахунку тягово-швидкісних характеристик автомобіля.

Таблиця 2 - Початкові дані для моделювання автомобіля ЗАЗ 1102 «Таврія»

Параметр	Позначення в математичній моделі	Розмірність	Величина
Повна маса	$m$	кг	710
Максимальна потужність двигуна	$N_e$	кВт	37,5
Частота обертання валу при максимальній потужності	$n_N$	Обертів за хвилину	5300
Передавальні числа коробки передач	$U_{k1}$		3,454
1-а передача	$U_{k2}$		2,056
2-а передача	$U_{k3}$		1,333
3-а передача	$U_{k4}$		0,969
4-а передача	$U_{k5}$		0,730
5-а передача	$U_0$		3,875
Передавальне число головної передачі	$\eta$		0,9
ККД трансмісії	$r_{ст}$	м	0,271
Статичний радіус коліс	$B_r$	м	1,554
Габаритні розміри: ширина	$H_r$	м	1,410
висота	$k$	$N \cdot c^2 / M^4$	0,29
Коефіцієнт опору повітря			

В якості додаткового електропривода виберемо електричний двигун постійного струму. Його необхідну потужність розрахуємо під час моделювання ГСУ автомобіля.

Для створення математичної моделі ГСУ автомобіля необхідно побудувати підсистеми усіх її основних блоків. Для цього моделюємо в блоці “автомобіль” підсистеми “engine” (двигун внутрішнього згоряння), “gearbox” (коробка перемикачів передач), “ $U_0$ ” (головна передача), “ $R_k$ ” (ведучі колеса). Побудова моделі систем зводиться до того, щоб за допомогою програми “Simulink” зібрати схему, що буде відображати формулу, яка описує заданий вузол. Крім того в модель вписуються параметри автомобіля, тобто в модель підставляються потужність двигуна, передаточні числа коробки передач, головної передачі та інші дані, які були вибрані з технічних характеристик автомобіля.

**Пз. 5-6.3. Приклад математичної моделі ДВЗ.** Створюємо модель поршневого ДВЗ (підсистема “engine”) працюючого на зовнішній швидкісній характеристиці, використовуючи емпіричну формулу, що дозволяє по відомим координатам однієї точки швидкісної характеристики ( $N_{E_{max}}$  та  $n_N$ ) відтворити всю криву потужності:

$$N_e = N_{e_{max}} \left[ A_1 \frac{n}{n_N} + A_2 \left( \frac{n}{n_N} \right)^2 - \left( \frac{n}{n_N} \right)^3 \right], \quad (21)$$

де  $N_e$  - поточне значення потужності ДВЗ, відповідне частоті обертання вала двигуна, кВт;

$n$  - частота обертання вала ДВЗ, об/хв.;

$n_N$  - частота обертання вала при максимальній потужності ДВЗ, об/хв.;

$N_{E_{max}}$  - максимальна потужність ДВЗ, кВт;

$A_1, A_2$  - емпіричні коефіцієнти, що характеризують тип двигуна внутрішнього згоряння. Для бензинових двигунів  $A_1 = A_2 = 1,0$ .

Визначивши поточне значення потужності ДВЗ  $N_e$  для любых значень частоти обертання вала  $n$ , модель рахує відповідне значення обертового моменту двигуна  $M_e$ .

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n}, \quad (22)$$

Структура моделі ДВЗ (підсистеми “engine”) представлена на рисунку 8.

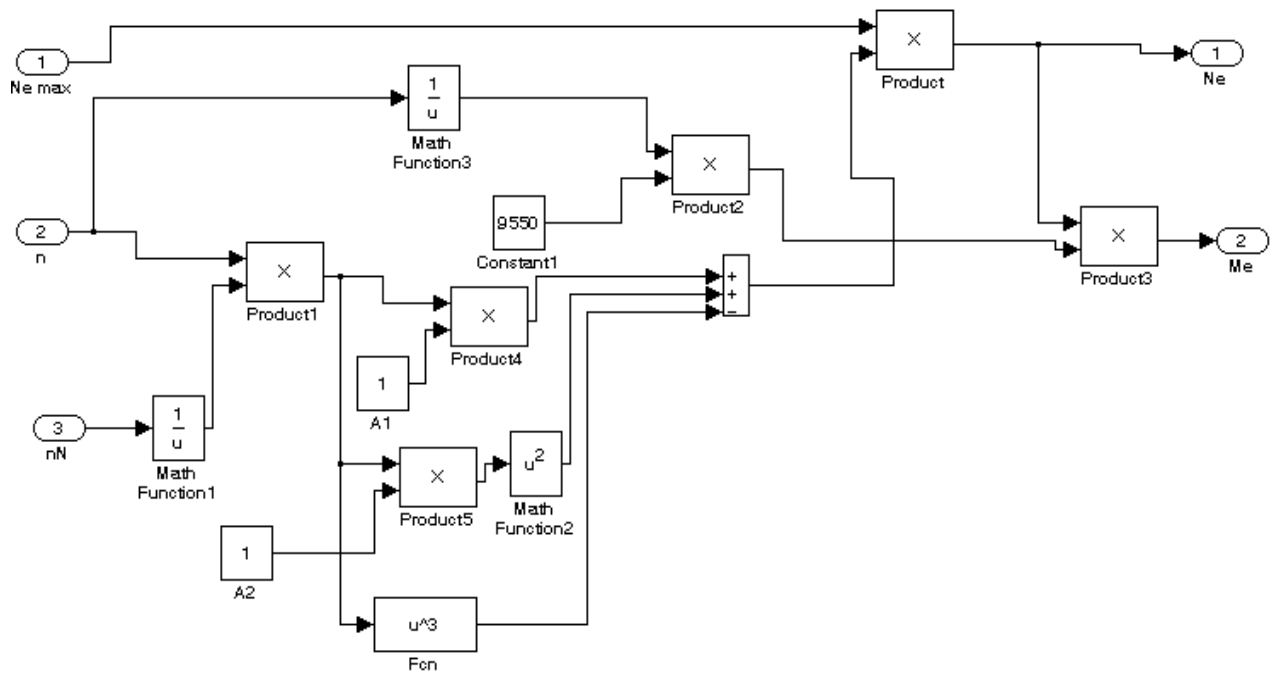


Рисунок 8 - Структурна схема моделі ДВЗ (підсистема “engine”) автомобіля

### Контрольні запитання

1. Який основний принцип закладено в гібридній технології ТЗ?
2. Чим відрізняються механічні характеристики тягових вентильних електричних двигунів автомобілів Toyota Prius від характеристик звичайних ДВЗ?
3. Який коефіцієнт корисної дії сучасних вентильних електричних двигунів?
4. Яка структурна схема електромеханічної трансмісії гібридної силової установки автомобіля ХНАДУ?
5. Що є сновними вузлами гібридної електромеханічної трансмісії автомобіля?

## Пз 7 до теми 5.

### Приклад визначення параметрів працездатності ТЗ в умовах експлуатації засобами *ITS*

**Пз. 7.1. Результати виконання ідентифікації ТЗ в умовах експлуатації 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.

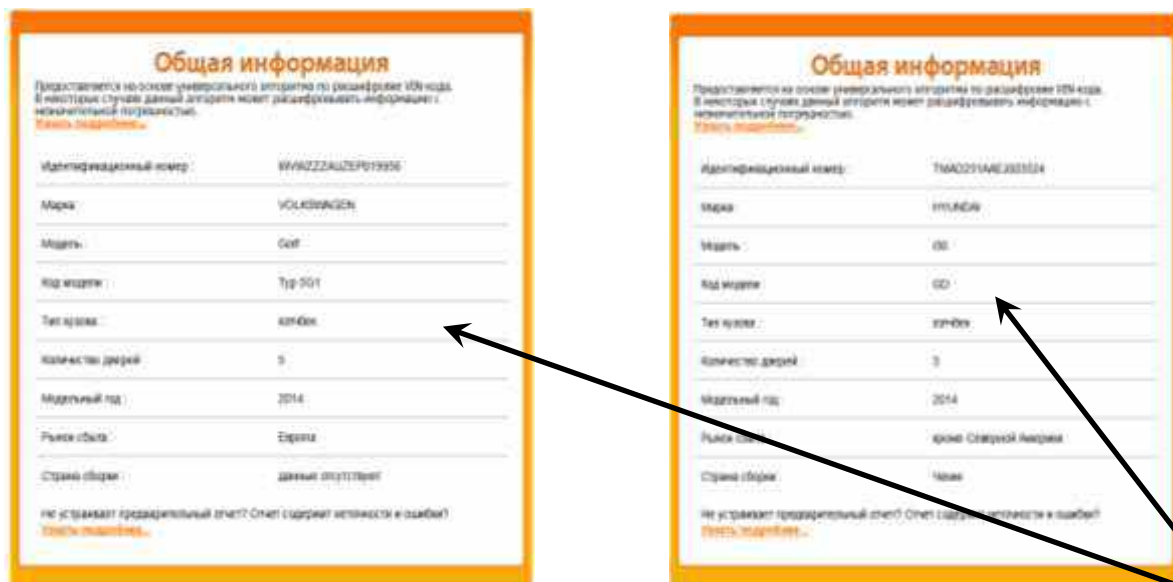
Для моніторингу параметрів технічного стану ТЗ вибирали технічні параметри, що є у доступі при під'єднанні бортового сканера *Scanmaster ELM327* до рознімання OBD-II ТЗ.

В основу численних розрахунків покладена необхідність отримати інформацію про умови експлуатації ТЗ засобами *ITS*.

Ідентифікація ТЗ в потоці виконується за допомогою мережевих даних і з використанням програмного модуля *Carlif* (<http://carlife.in.ua/vin-kod>), а також з використанням програмного модуля *Torque* (<http://ian-hawkins.com:8080/>) і розробленого ХНАДУ ІПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*». 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»*».

Ідентифікація ТЗ відбувається при натисканні кнопки підключення *Carlif* завдяки підключенню ІПК до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Carlif*. Робоче вікно *Carlif* (рис. 1) відображає підсумковий звіт про результати ідентифікації ТЗ в умовах експлуатації. Крім цього, при натисканні кнопки підключення *Torque* і ІПК відбувається підключення до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Torque* і ІПК «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» (рис. 2). Робоче вікно «*IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»*» (рис. 2) відображає підсумковий звіт про результати ідентифікації ТЗ в умовах експлуатації.

**Пз. 7.2. Результати виконання моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації засобами *ITS*.** При натисканні кнопки «Показати *Torque*» відбувається підключення до програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Torque* (рис. 3)). Робоче вікно *Torque* (рис. 4) відображає поточні параметри роботи двигуна ТЗ (рис. 5), та інші параметри відповідно до положень методики експериментальних досліджень в ІПК «*MonDiaFor «HADI-15»*».



Робочі вікна з розширеною робочою областю інформації про ТЗ про результати ідентифікації ТЗ в умовах експлуатації з використанням програмного модуля Carlife

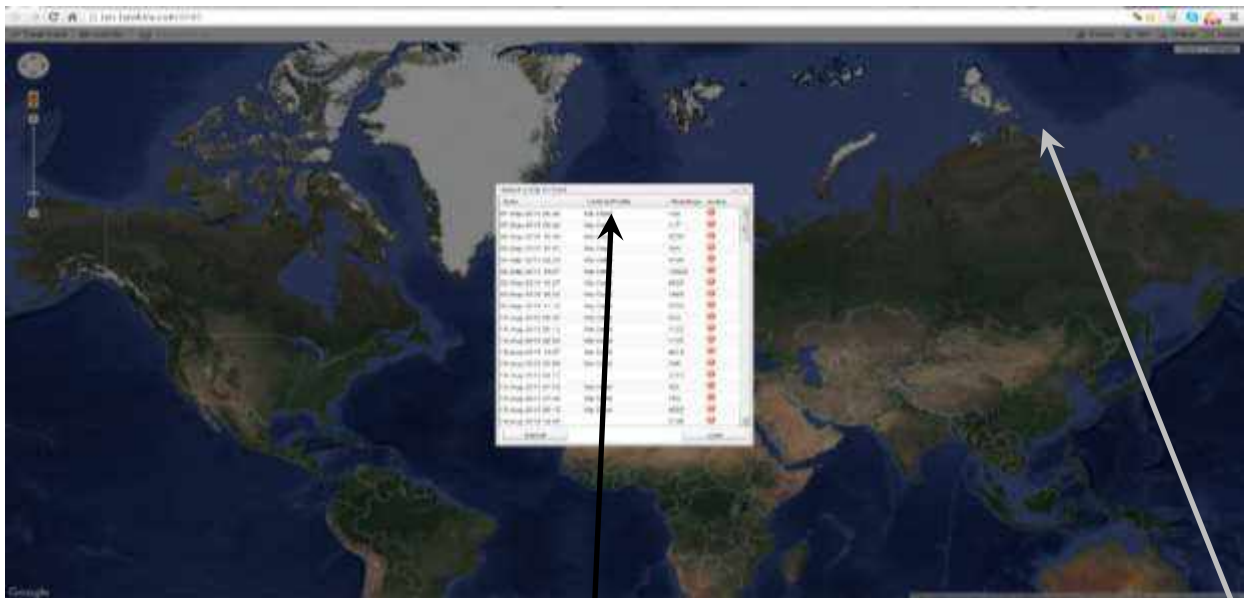
Рисунок 1- Робоче вікно *Carlife* з підсумковим звітом про результати ідентифікації ТЗ в умовах експлуатації

В процесі моніторингу ТЗ одночасно і у відповідності до отриманого звіту (рис. 4 і 5) отримували звіт у форматі *MS Excel* про результати моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, при використанні програмного модуля *Torque*, в форматі *.csv*, а програмно переконвертований за відповідним алгоритмом звіт про результати моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в форматі *.xlsx*, що наведено на рис. 6.

Результаты идентификации транспортного средства	
Начало интервала	2017-01-17 17:06:32
Конец интервала	2017-01-18 12:02:19
VIN код автомобиля	WVWZZZAUZEPO19956
Объем двигателя, см <sup>3</sup>	1968
Марка	VOLKSWAGEN
Модель	GOLF
Тип	Легковой хэтчбек-В
Регистрационный номер	AH2214IX
ID калибровки авто:	E7FCMS1A----

Результаты идентификации транспортного средства	
Начало интервала	217-01-20 16:09:40
Конец интервала	2017-01-21 08:05:29
VIN код автомобиля	TMAD231AAEJ003524
Объем двигателя, см <sup>3</sup>	1396
Марка	HYUNDAI
Модель	I30
Тип	Легковой хэтчбек-В
Регистрационный номер	AH0539IH
ID калибровки авто:	E7FCMS1A----

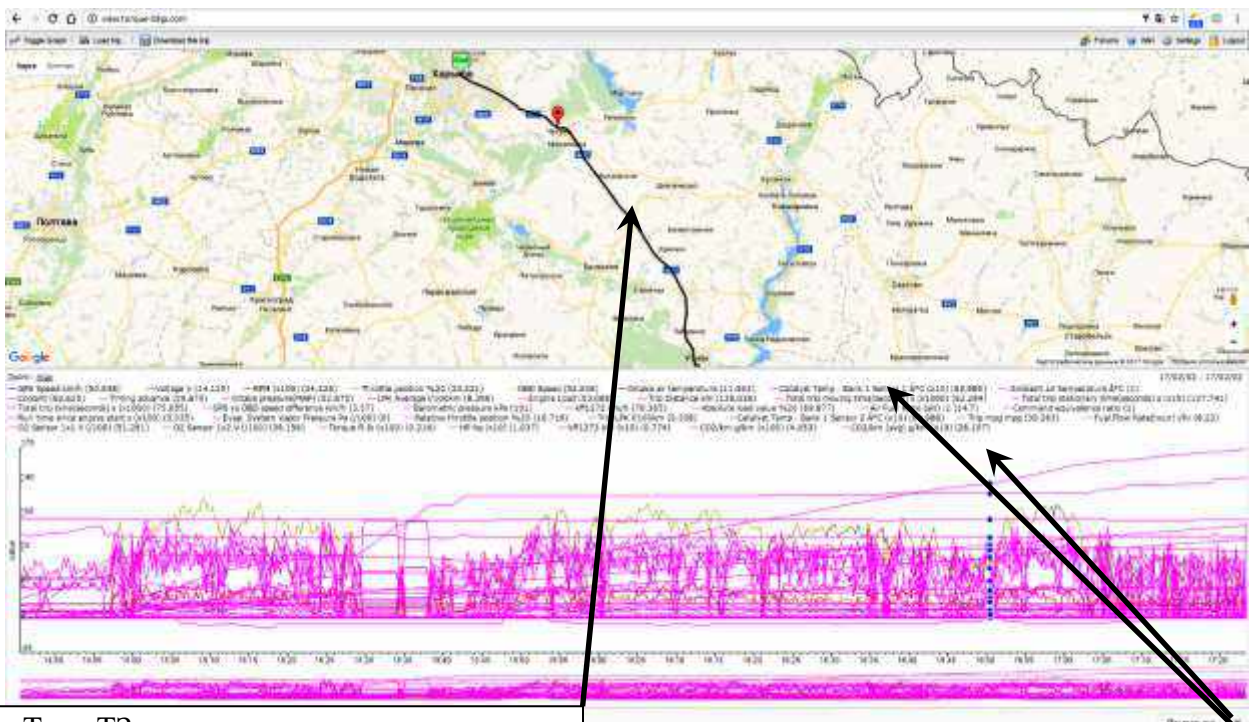
Рисунок 2 – Результаты ідентифікації ТЗ з використанням ІПК «IденMonDiaOperCon «HNADU-16»» (робоче вікно)



Інформація про зафіксовані логи ТЗ, що зберігається в пам'яті програмного модуля

Інтерфейс програми з робочою областю

Рисунок 3 – Інтерфейс програмного модулю *Torque* в процесі вибору файла моніторингу



Трек ТЗ з автоматичним визначенням параметрів технічного стану в координатах на мапі

Результати моніторингу параметрів технічного стану

Рисунок 4 - Робоче вікно *Torque* з параметрами моніторингу параметрів технічного стану ТЗ



**Пз. 7.3. Результати виконання діагностування технічного стану ТЗ в умовах експлуатації засобами ITS.** Процес діагностування і визначення статусу несправності ТЗ за допомогою DTCs (діагностичних кодів несправностей) здійснювався в автоматичному режимі за алгоритмом за допомогою програмного модуля *Torque* в межах ПК «IденMonDiaOperCon «HNADU-16»» в умовах ITS. Підсумковий звіт про результати діагностування технічного стану і визначення статусу несправностей у взаємодії з комп'ютером користувача через ПК «IденMonDiaOperCon «HNADU-16»» також може бути доступним у вигляді зведеної таблиці - DTCs ТЗ.

На рисунку 7 показано отриманий підсумковий звіт з РМ ММТЗ про результати діагностування технічного стану і розпізнавання несправностей, а саме визначення статусу несправностей - DTCs при використанні ПК «IденMonDiaOperCon «HNADU-16»» і програмного модуля *Torque* в умовах ITS.

Підсумок – результати визначення DTCs	
Початок інтервалу	2017-02-02 14:45:31
Кінець інтервалу	2017-02-02 17:23:45
Пристрій	KIA CEE'D 2.0 5MT2 (AH3128CM) engine G4GC (4FS 8.2 / 9.35)
Пробіг у поїздках	171,66 Км
Час у русі	02:14:01
Виявлення коду несправності	3
Розпізнання коду несправності	3
Розпізнання коду несправності DTCs в БІНК	
<b>P0133 – Трансмсія 02 Sensor Circuit Slow Response (Bank 1 Sensor 1)</b>	
<b>P0170 - Трансмсія Fuel Trim (Bank 1)</b>	
<b>P0304 - Трансмсія Cylinder 4 Misfire Detected</b>	
Попередження про несправність	Да / 15:30:55
Передача інформації про виявлену несправність	Да / 15:30:58
Пробіг з моменту виявлення несправності	116.6
Час з моменту виявлення несправності	01:15:24
Повідомлення сервера ПК про розпізнання DTCs	
<b>P0133</b> O2 Sensor Circuit Slow Response (Sensor 1)	<b>P0133</b> Електричний ланцюг датчика O2 – повільна реакція (ряд циліндрів 1, датчик 1)
<b>P0170</b> Malfunction equalizer fuel supply (Bank 1)	<b>P0170</b> Невірна робота коректора подачі палива (ряд циліндрів 1)
<b>P0304</b> Cylinder 4-Misfire Detected	<b>P0304</b> Зареєстровано пропуск воспромінення у циліндрі №4

Рисунок 7 – Отриманий підсумковий звіт з РМ ММТЗ про результати діагностування технічного стану і розпізнавання несправностей, а саме визначення статусу несправностей - DTCs при використанні ПК «IденMonDiaOperCon «HNADU-16»» і програмного модуля *Torque* в умовах ITS

**Пз. 7.4. Результати визначення оцінки умов експлуатації в процесах моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації засобами ITS.** Для дослідження і оцінки умов експлуатації в процесах моніторингу

параметрів технічного стану ТЗ використовуються засоби моніторингу інфраструктури автомобільного транспорту і автомобільних доріг.

На рисунках 8 - 10 10 показано робоче вікно для визначення транспортних і дорожніх умов експлуатації ТЗ на основі мережевих даних і програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) *Torque* і Google.maps. При наближенні до об'єкту дослідження можливо визначити особливості дорожнього покриття або дорожніх умов транспортних засобів в умовах експлуатації.

На основі комерційної системи моніторингу транспорту *Torque* і Google.maps на базовій платформі і робочому вікні (рис. 8 - 10) надаються послуги супутникового спостереження і контролю через *Web*-інтерфейс за транспортними і дорожніми умовами експлуатації ТЗ, оснащеним БІНК або будь-якими іншими комунікаторами з модулем GSM.



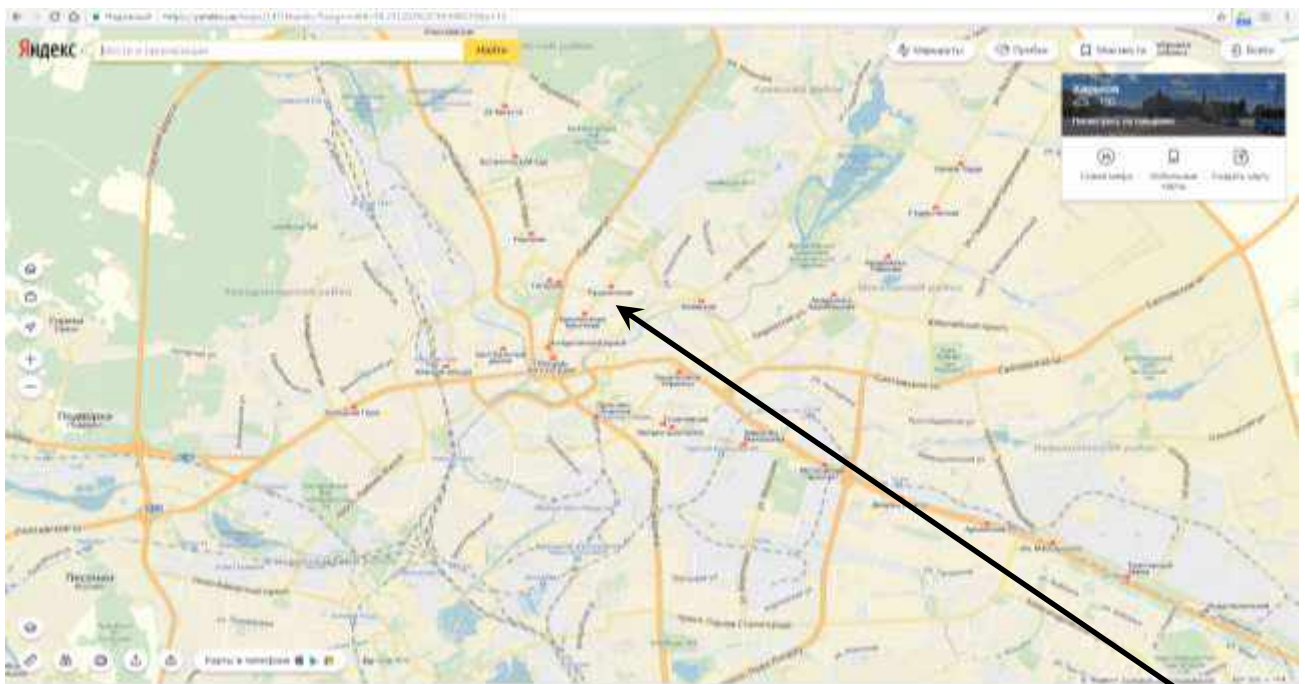
Трек ТЗ з автоматичним визначенням параметрів технічного стану в координатах на мапі місцевості

Рисунок 8– Робоче вікно для визначення дорожніх умов експлуатації ТЗ на основі мережевих даних і програмного модуля *Torque*



Вікно для отримання інформації про дорожні умови ТЗ в умовах експлуатації

Рисунок 9 – Робоче вікно для визначення дорожніх умов експлуатації ТЗ на основі мережових даних і програмного модуля *Torque*



Мапа місцевості в процесі руху ТЗ

Рисунок 10 – Робоче вікно для визначення транспортних і дорожніх умов експлуатації ТЗ на основі мережових даних і програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) Google.maps

На рисунку 11 – 13 показані робочі вікна для визначення транспортних і дорожніх умов експлуатації ТЗ на основі мережових даних і програмного модуля

(програми, електронного інформаційного модуля) з урахуванням геолокації на основі мережевих даних Google.maps.

Google.Пробки - веб-сервіси компанії «Google» дозволяють отримати інформацію про дорожні пробки. Google.maps являє собою розширення функціональності, мають елементи соціальної мережі, є лідерами ринку «пробкових» сервісів.

Одним з основних джерел даних для Google.Пробки є дані, що передаються користувачами сервісів, на мобільних телефонах у яких запущені мобільні Google.maps. Крім того, для передачі даних про пробки потрібен GPS приймач, або вже вбудований в телефон, або зовнішній, підключений через Bluetooth. Коли користувач пересувається на автомобілі по дорозі, мобільні Google.Пробки передають його координати, напрямок руху і середню швидкість, розраховану GPS приймачем. Дані від користувачів передаються або раз в 30 секунд, або, при безперервному русі, по переміщенні на 200 метрів. Кожен пакет даних, що приходить від користувача, можна зобразити на карті у вигляді точки з напрямком і швидкістю. У процесі попередньої обробки точок визначаються вулиці, по яким проїхав користувач, і відновлюється маршрут, з урахуванням правил дорожнього руху. Для відновлення маршруту пересування використовуються мапи, до яких включено дані про типи доріг, дозволених поворотах, і пропускної здатності доріг. Після того, як відновлений маршрут, ще раз розраховується середня швидкість, з якою користувач проїхав ділянку дороги. Це потрібно для додаткової перевірки і уточнення швидкості, розрахованої GPS приймачем. Швидкість обчислюється за всіма відомій формулі  $\text{швидкість} = \text{відстань} / \text{час}$ . На наступному етапі аналізу маршрути користувачів, що проїхали за однією дорогою об'єднуються між собою, і обчислюється середня швидкість руху на пересічних ділянках маршрутів. В результаті цього отримуємо карту доріг міста з розставленими швидкостями руху. Обчислені дані про швидкості на дорогах оцінюються з урахуванням пропускної здатності доріг - наприклад, 40 км / год на МКАД це складне становище, а на вузькій вулиці в центрі - це вільний рух. Після всіх цих дій приймається фінальне рішення про те, вільна або завантажена вулиця, і на ній малюється зелена, червона або жовта стрілка. Коли запущені Google.Пробки, інтервал, за який враховуються зібрані дані, було встановлено в 30 хвилин. «Час життя» даних про вільні дороги - до 10 хвилин, даних про труднощі - до 20 хвилин, час життя даних про пробки залишився поки 30 хвилин - адже розсмоктуються пробки, на жаль, повільніше, ніж утворюються. Тому, обробка даних дозволяє отримати підсумкову картинку, максимально відповідну дорожній обстановці.

GPS-приймачі допускають похибки при визначенні координат, що ускладнюють побудову треку. Похибка може «змістити» автомобіль на кілька метрів в будь-яку сторону, наприклад, на тротуар або дах поруч розташованої

будівлі. Координати, що надходять від користувачів, потрапляють на електронну схему міста, на якій якраз відображені всі будівлі, парки, вулиці з дорожньою розміткою та інші міські об'єкти. Завдяки цій деталізації програма розуміє, як насправді рухався автомобіль. Наприклад, в тому чи іншому місці автомобіль не могла виїхати на зустрічну смугу або поворот був здійснений по дорожньої розмітки, не «зрізуючи» кут.

У Києві та інших великих містах сервіс Google.maps оцінює ситуацію за 10-бальною шкалою (де 0 балів - вільний рух, а 10 балів - місто «стоїть»). За допомогою цієї оцінки водії можуть швидко зрозуміти, скільки приблизно часу вони втратять в пробках. Наприклад, якщо середній бал по Києву дорівнює семи, то дорога займе приблизно в два рази більше часу, ніж при вільному русі.

Шкала балів налаштована по-різному для кожного з міст: то, що в одному місті - невелике утруднення, в іншому місті - вже серйозна пробка.

Бали розраховуються наступним чином. Вулицями кожного міста заздалегідь складені маршрути, які включають в себе основні шосе і проспекти. Для кожного маршруту є еталонне час, за яке його можна проїхати по вільній дорозі, не порушуючи правил. Після оцінки загальної завантаженості міста програма-агрегатор розраховує, на скільки відрізняється реальний час від еталонного. На основі різниці по всіх маршрутах і обчислюється завантаженість в балах. Система балів показана на рисунку 11.

В панелі Google.Пробки можливо побачити на карті прогноз завантаженості доріг протягом найближчої години. Для цього перетягніть движок на шкалі Зараз - Через годину в потрібне місце (перемикач Сьогодні / Статистика при цьому повинен знаходитися в позиції Сьогодні). За допомогою Google.maps можливо дізнаватися про дорожні події на обраній маршрут. Для цього включіть на панелі пробок опцію Дорожні події - на карті будуть зображені значки дорожніх подій. Натисніть значок, щоб переглянути докладне повідомлення про подію. Щоб дізнатися про статистику пробок в різні дні тижня і час доби, встановіть перемикач Сьогодні/Статистика в положення Статистика, натисніть на потрібний день тижня і перетягніть движок на шкалі часу доби в необхідне положення.

На основі комерційної системи моніторингу транспорту з урахуванням геолокації на основі мережевих даних Yandex.maps і (або) Google.maps на базовій платформі і робочому вікні (рис. 12 і 13) надаються послуги супутникового спостереження і контролю через Web-інтерфейс за транспортними і дорожніми умовами експлуатації ТЗ, оснащеним БІНК або будь-якими іншими комунікаторами з модулем GSM.

**Система баллов «Яндекс.Пробок»:**

1 — Дороги свободны
2 — Дороги почти свободны
3 — Местами затруднения
4 — Местами затруднения
5 — Движение плотное
6 — Движение затрудненное
7 — Серьезные пробки
8 — Многокилометровые пробки
9 — Город стоит
10 — Пешком быстрее

Вікно для отримання інформації про настроювання системи балів у системі Google.Пробки

Рисунок 11 – Робоче вікно для отримання інформації про настроювання системи балів у системі Google.Пробки

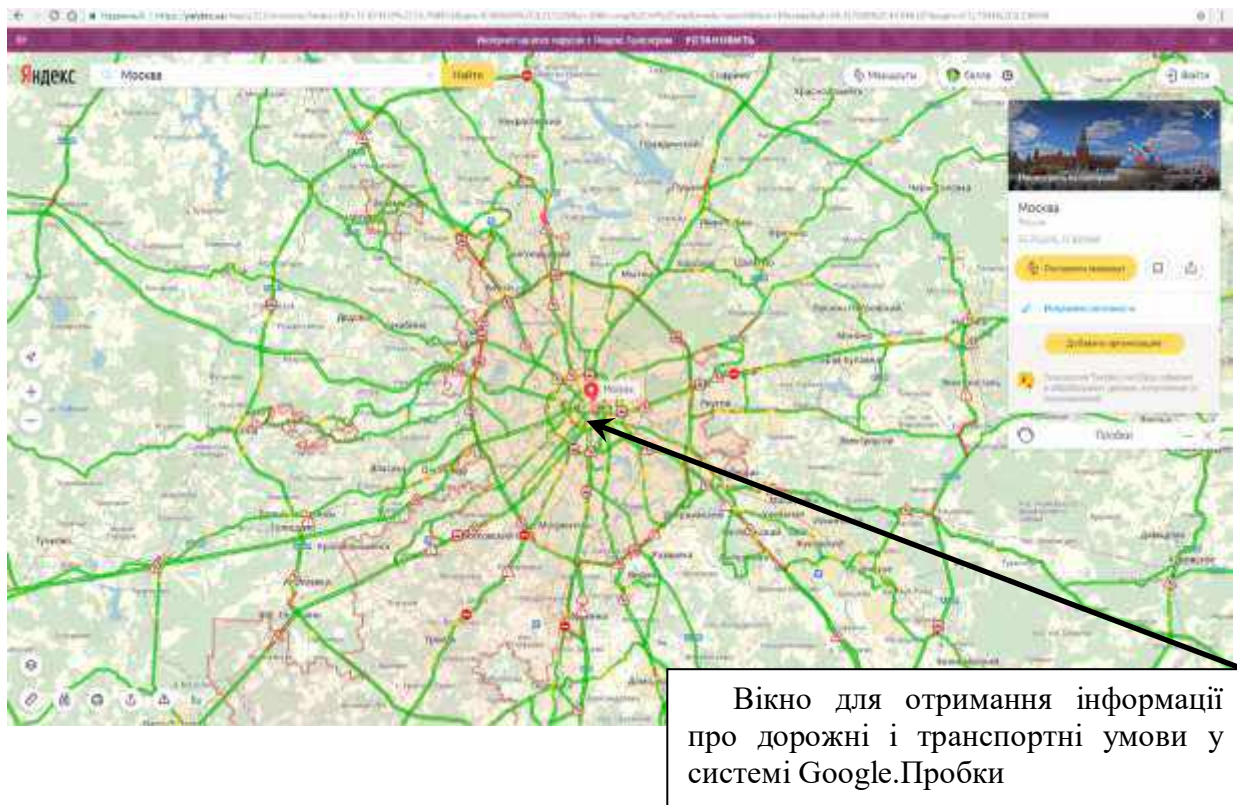


Рисунок 12 – Робоче вікно для отримання інформації про дорожні і транспортні умови у системі Google.Пробки

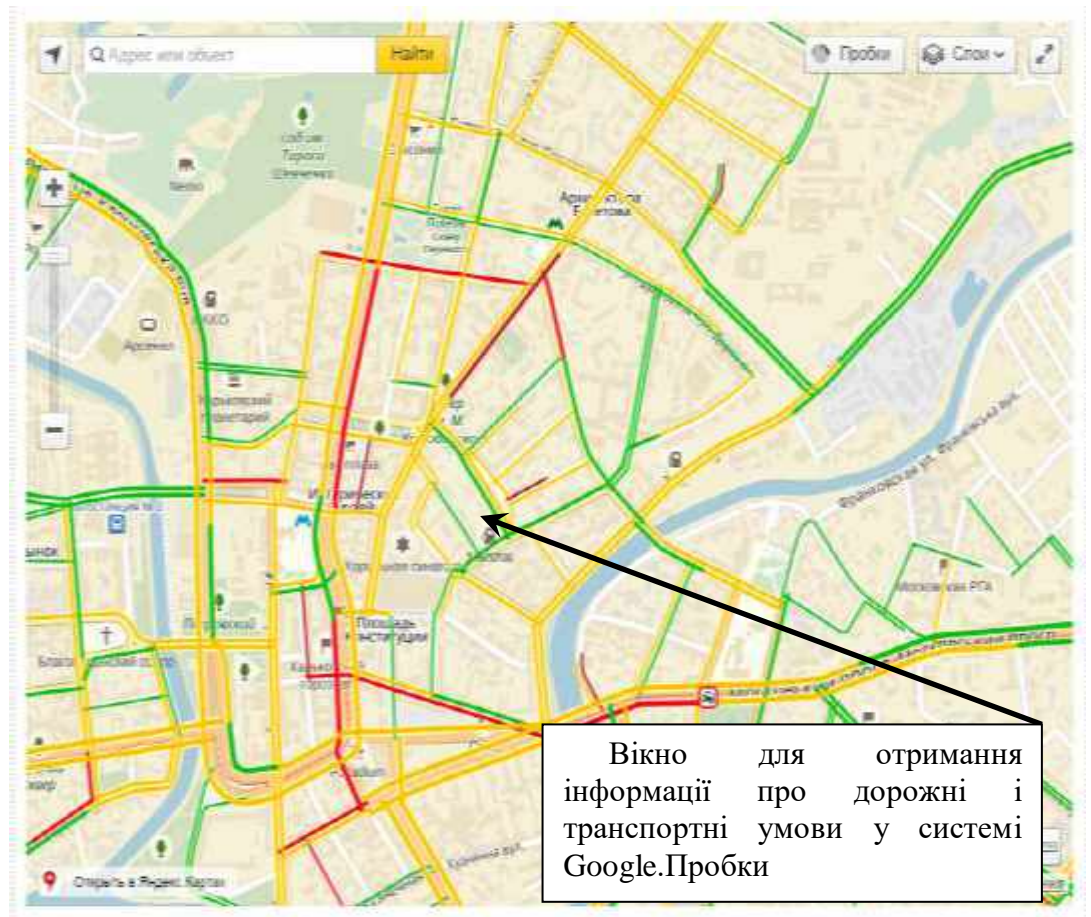


Рисунок 13 – Робоче вікно для отримання інформації про дорожні і транспортні умови у системі Google.Пробки

На рисунках. 14 – 16 показані робочі вікна для визначення атмосферно-кліматичних умов експлуатації ТЗ на основі мережевих даних і програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) Meteoco, [ready.arl.noaa.gov/READYsmet](http://ready.arl.noaa.gov/READYsmet) і (або) [meteorprog.lv/ru/weather](http://meteorprog.lv/ru/weather). На основі комерційної системи моніторингу транспорту з урахуванням атмосферно-кліматичних умов експлуатації ТЗ на основі мережевих даних Meteoco, [ready.arl.noaa.gov/READYsmet](http://ready.arl.noaa.gov/READYsmet) і (або) [meteorprog.lv/ru/weather](http://meteorprog.lv/ru/weather) на базовій платформі і робочому вікні (рис. 14 – 16) надаються послуги супутникового спостереження і контролю через *Web*-інтерфейс за транспортними і дорожніми умовами експлуатації ТЗ, оснащеним БІНК або будь-якими іншими комунікаторами з модулем GSM.

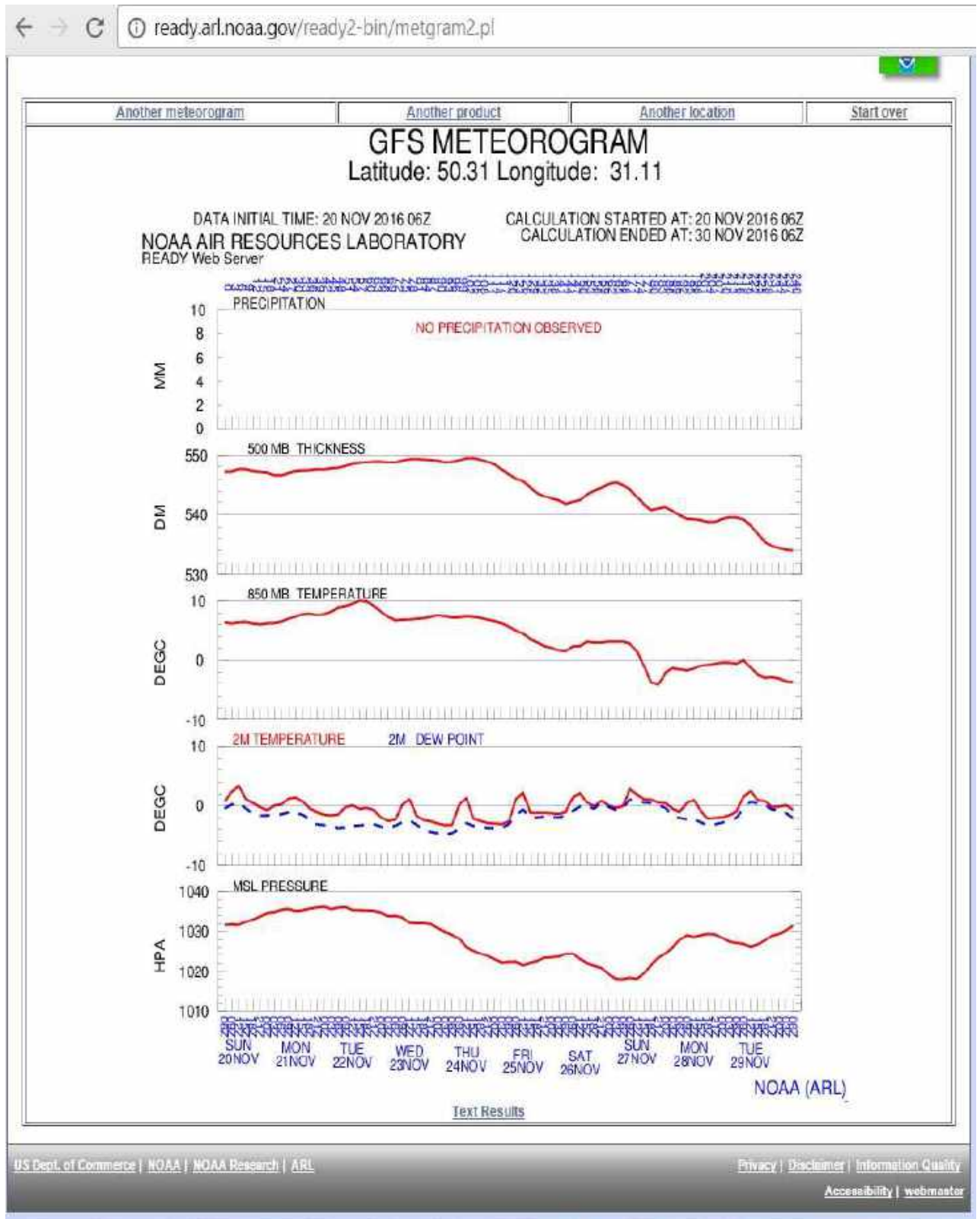


Рисунок 14 – Робоче вікно для визначення атмосферно-кліматичних умов експлуатації ТЗ на основі мережових даних і програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) Meteoco



Рисунок 15 – Робоче вікно для визначення атмосферно-кліматичних умов експлуатації ТЗ на основі мережевих даних і програмного модуля (програми, електронного інформаційного модуля) [meteorprog.lv/ru/weather](http://meteorprog.lv/ru/weather)

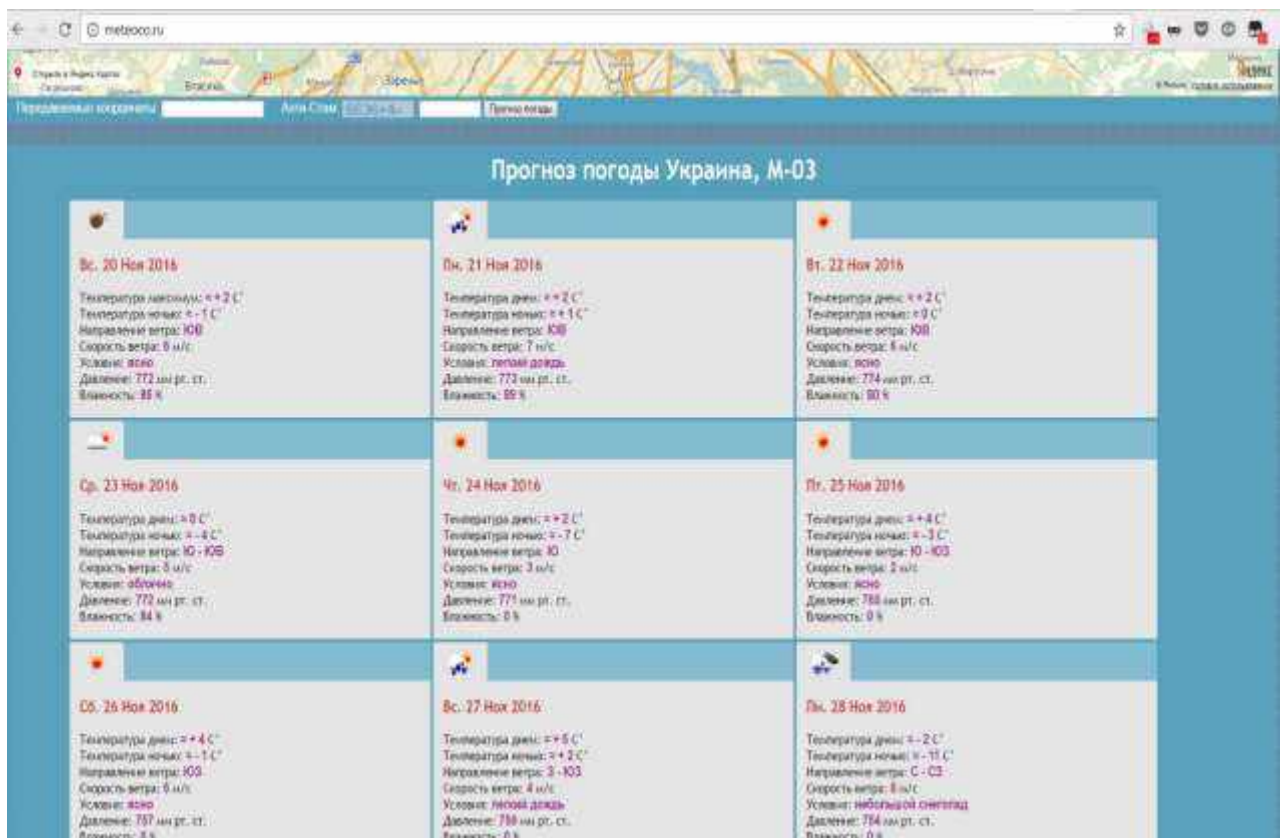


Рисунок 16 – Робоче вікно для визначення атмосферно-кліматичних умов експлуатації ТЗ на основі мережевих даних і програмного модуля ([ready.arl.noaa.gov/READYmet](http://ready.arl.noaa.gov/READYmet))

## Контрольні запитання

1. Яким чином здійснюється ідентифікації ТЗ в умовах експлуатації засобами *ITS*?
2. Для чого використовується програмний модуль Carlife?
3. Для чого використовується програмний модуль Torque?
4. Яким чином здійснюється виконання діагностування технічного стану ТЗ в умовах експлуатації засобами *ITS*?
5. Яким чином здійснюється оцінка умов експлуатації в процесах моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в умовах експлуатації засобами *ITS*?
6. Для чого використовується програмний модуль Google.maps?
7. Яким чином здійснюється оцінка завантаженості автомобільних доріг?

**Пз 8 до теми 5.**  
**Приклад визначення техніко-економічних показників ТЗ**  
**в умовах експлуатації засобами ITS**

Великий вплив на основні техніко-економічні показники роботи надає швидкість руху. При роботі ТЗ на лінії прийнято розрізняти технічну та експлуатаційну швидкість руху.

Технічна швидкість - це середня швидкість за час знаходження автомобіля в русі. Вона визначається за формулою

$$V_{\text{тех}} = S / t_{\text{рух}} ,$$

де  $S$  - подолана автомобілем відстань (пробіг), км;

$t_{\text{рух}}$  - час руху автомобіля, включаючи зупинки в очікуванні можливості продовжити рух, год (без урахування часу перебування під навантаженням і розвантаженням).

Значення величини технічної швидкості залежить від технічного стану автомобіля, стану і профілю дороги, інтенсивності руху на маршрутах вантажоперевезень. Уміння вибрати найбільш раціональний режим руху з урахуванням перерахованих факторів залежить від кваліфікації водія.

Експлуатаційна швидкість - це середня швидкість автомобіля за час знаходження автомобіля на лінії. При розрахунку цієї швидкості на відміну від технічної швидкості автомобіля враховується весь час його перебування в наряді. Враховуються витрати часу: на оформлення документів при отриманні і здачі вантажів; на простої під навантаженням і розвантаженням; на усунення технічних несправностей автомобіля і вантажу, що перевозиться під час наряду.

Експлуатаційна швидкість автомобіля визначається за формулою

$$V_{\text{експ}} = S / t_{\text{лін}} ,$$

де  $S$  - подолана автомобілем відстань (пробіг);  $t_{\text{лін}}$  - час знаходження автомобіля на лінії, год.

**Пз 8.1. Результати дослідження руху ТЗ на всій ділянці руху в цілому.** Для визначення швидкості ТЗ в умовах експлуатації (УЕ) засобами ITS використовували декілька етапів. Розглянемо результати на прикладі одного маршруту з електронним звітом результатів проведеного дослідження.

На першому етапі процес визначення швидкості ТЗ здійснювався в цілому для всієї ділянки дослідного відрізка шляху за формулою  $V = S/t_{\text{рух}}$ . Для цього скористались результатами – електронним звітом отриманим за допомогою ПК ««IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»»».

Виходячи з положень технічної експлуатації отримали: загальний пробіг -  $S = 172,6$  км; загальний час в русі -  $t_{\text{рух}} = 2,23$  год; загальний час знаходження автомобіля на лінії  $t_{\text{лін}} = 2,63$  год.

Тобто, отримані швидкості руху ТЗ для дослідної дільниці склали:

$$V_{\text{сер.тех}} = 77,27 \text{ км/год}; \quad V_{\text{сер.експл}} = 65,44 \text{ км/год}. \quad V_{\text{макс}} = 123 \text{ км/год}; \quad (1)$$

Відомо, що визначення середньої технічної швидкості ТЗ можливо при наявності сумарного пробігу ТЗ  $S$  по спідометру і часу руху  $t_{\text{рух}}$ . Відносний коефіцієнт зміни швидкості руху (ВКЗШР) ТЗ, який прийнятий в якості основного критерію при визначенні групи умов експлуатації (УЕ), можливо визначити за формулою

$$K_v = S / (t_{\text{рух}} \cdot V_{\text{ал}}) \approx 1.43 \cdot S / (t_{\text{рух}} \cdot V_{\text{макс}}), \quad (2)$$

де  $V_{\text{ал}}$  – швидкість руху даного типу ТЗ на дорозі 1-ї групи ( $0,7 \cdot V_{\text{макс}}$ ).

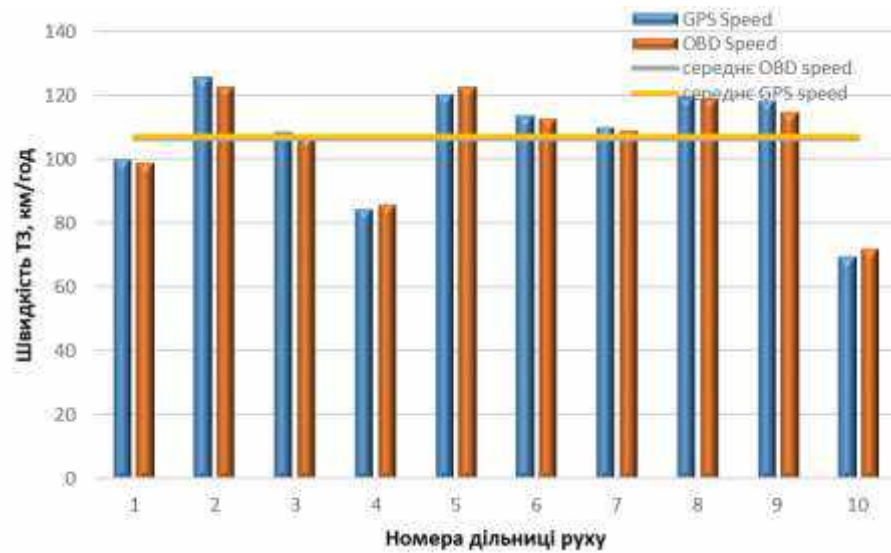
При такому визначенні швидкості взагалі не можливо визначити УЕ ТЗ за швидкістю, хоча транспортні, дорожні і природно-кліматичні умови визначити можливо. Це пов'язано із тим, що не зрозуміло яку максимальну швидкість руху ТЗ  $V_{\text{макс}}$  для формули (2) необхідно вибрати для всієї відстані шляху.

**Пз. 8.2 Результати дослідження руху ТЗ на дільницях відстані руху при вільному виборі кількості дільниць.** На другому етапі для визначення швидкості руху ТЗ з урахуванням умов експлуатації розбивали дослідну дільницю шляху пропорційно на 10 відрізків. Підхід був наступний. Для подолання відстані у 172,6 км була отримана 9541 фіксація (вимірювання) часу через 1 сек. Тобто в результаті поділу було отримано 9 дільниць по 1000 вимірювань і одна - на 541 вимірювання часу відповідно. В результаті обробки протоколу звіту було отримана зміна швидкості руху ТЗ в залежності від положення дільниці, відстані шляху і часу руху, які показані на рисунку 1.

Середня швидкість руху ТЗ рисунку 1 на всій відстані дистанції руху склала  $V_{\text{сер.тех}} = 77,27$  км/год, як і на першому етапі досліджень. Середня витрата палива на всій відстані дистанції руху склала  $G_{\text{сер.}} = 6,82$  л/год (рис. 3).

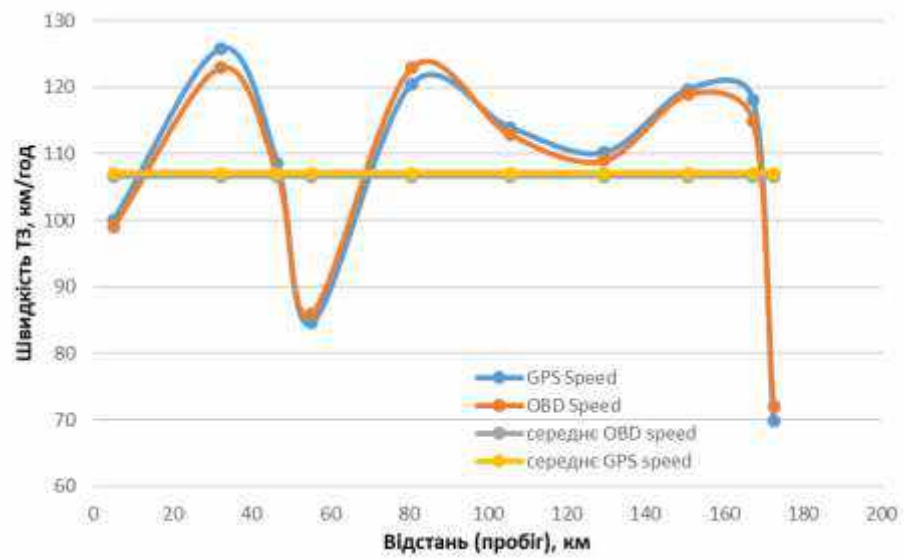
Дослідження на другому етапі зовсім не враховувало різницю умов руху на дільницях шляху ТЗ, тобто не враховувалось, що ТЗ за швидкістю рухався не тільки за містом, але й у місті. Тобто умови руху за швидкістю (експлуатаційні умови) враховані не були. Провести дослідження зміни швидкості руху ТЗ в залежності від умов експлуатації на другому етапі – неможливо. Це пов'язано із тим, що визначення кордонів дослідних ділянок проводилось випадковим чином, шляхом простого ділення кількості вимірювань на 10 дільниць.

Результати дослідження зміни максимальної швидкості руху ТЗ в залежності від положення дільниці, відстані шляху і часу руху ТЗ показано на рисунку 2. Результати зміни витрати палива в залежності від відстані шляху і часу руху ТЗ показано на рисунку 3.

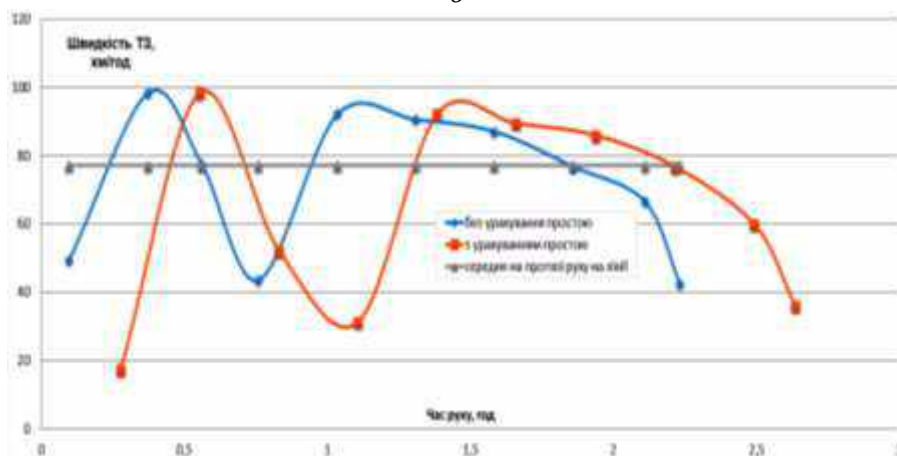


Номера ділянки шляху

*a*

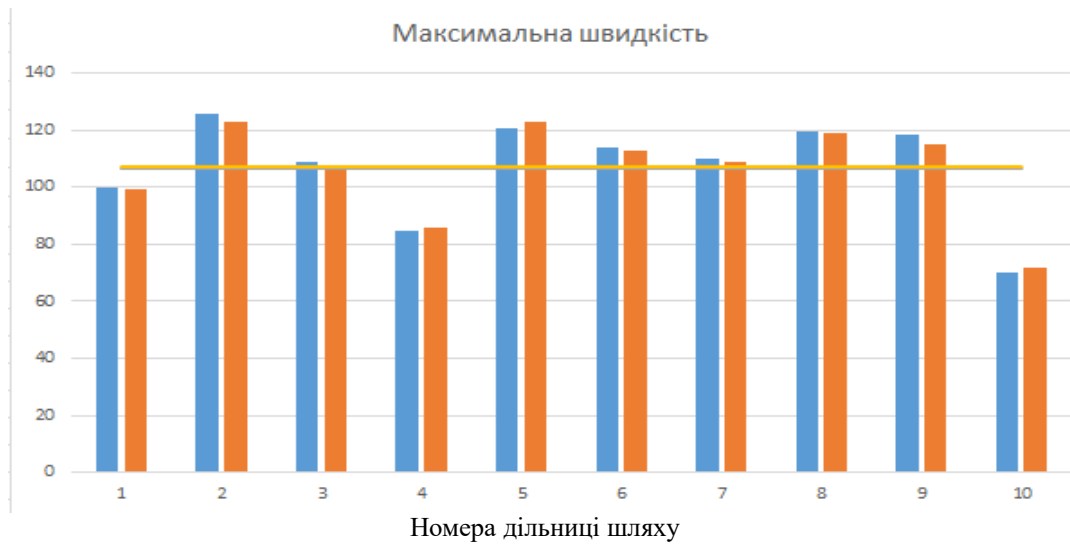


*б*



*в*

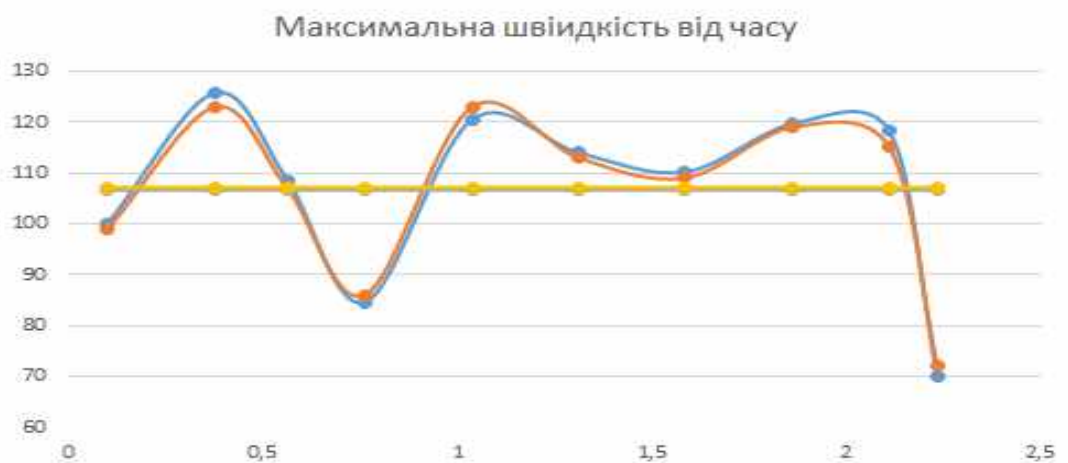
Рисунок 1 - Результати дослідження зміни середньої швидкості руху ТЗ на дослідних ділянках в межах відстані шляху (варіант 2): *a* - в залежності від положення ділянки; *б* - в залежності від відстані шляху; *в* - в залежності від часу руху



*a*



*b*

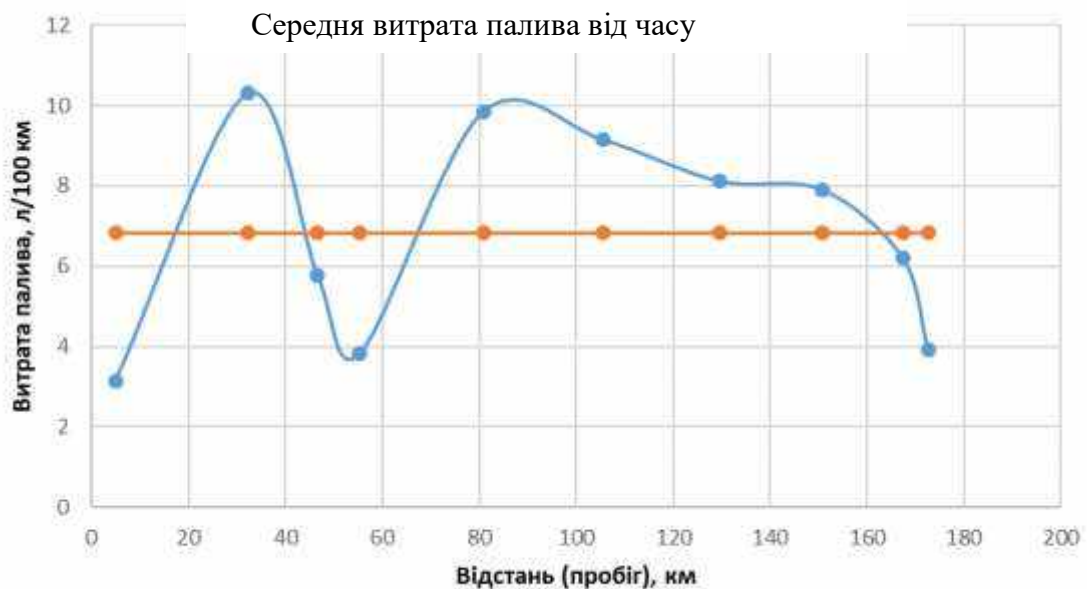


*в*

Рисунок 2- Результати дослідження зміни максимальної швидкості руху ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху (варіант 2): *a* - в залежності від положення дільниці; *b* - в залежності від відстані шляху; *в*- в залежності від часу руху



*a*



*б*

Рисунок 3- Результати дослідження витрати палива ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху (варіант 2): *a* - в залежності від відстані шляху; *б* - в залежності від часу руху

На рисунку 4 показано визначення і дослідження ВКЗШР на другому етапі дослідження. Особливість визначення ВКЗШР полягала в наступному:

1. В якості обмежень в частині максимальної швидкості на дільниці були обрані 3 швидкості  $V_{max}$  відповідно: *a* - максимальна можлива швидкість  $V_{max}$  для дослідного ТЗ ( $0,7 \cdot V_{max} = 0,7 \cdot 205$ )=143,5 км/год; *б* - максимальна можлива швидкість  $V_{max}$  руху дослідного ТЗ на дорозі 1-ї групи (за містом) - 130 км/год; *в* - максимальна можлива швидкість  $V_{max}$  руху (ПДР) дослідного ТЗ на дорозі 1-ї групи (у місті) - 80 км/год;

2. Відносний коефіцієнт зміни швидкості руху (ВКЗШР) ТЗ визначали за формулами

$$K_{v p} = S_{дільниці i} / (t_{рух} \cdot V_{a сер. дільниці i}), \quad (3)$$

$$K_{v p+ст} = S_{дільниці i} / ((t_{рух} + t_{ст}) \cdot V_{а сер. дільниці i}), \quad (4)$$

де  $K_{v p}$  - ВКЗШР для ТЗ тільки в русі;

$S_{дільниці i}$  - відстань руху ТЗ на  $i$  – дільниці шляху;

$V_{а сер. дільниці i}$  - середня швидкість ТЗ на  $i$  - дільниці шляху;

$K_{v p+ст}$  - ВКЗШР для ТЗ в русі з урахуванням стоянки і зупинки;

$t_{ст}$  - час зупинки, стоянки.

На другому етапі дослідження було отримано аналогічний результат як і у на першому етапі, в частині урахування УЕ ТЗ за швидкістю і коректного отримання значення ВКЗШР у відповідних УЕ ТЗ. При такому визначенні швидкості взагалі не можливо визначити УЕ ТЗ за швидкістю, хоча можливо визначити транспортні, дорожні і природно-кліматичні умови. Це пов'язано із тим, що не зрозуміло яку максимальну швидкість руху ТЗ  $V_{max}$  для формул (3) і (4) необхідно вибирати для ділянок шляху руху ТЗ і для всієї відстані шляху.

На основі проведеного дослідження отримали однозначну відповідь у тому, що визначення УЕ за швидкістю ТЗ, за результатами першого і другого етапів досліджень, виконати не можливо.

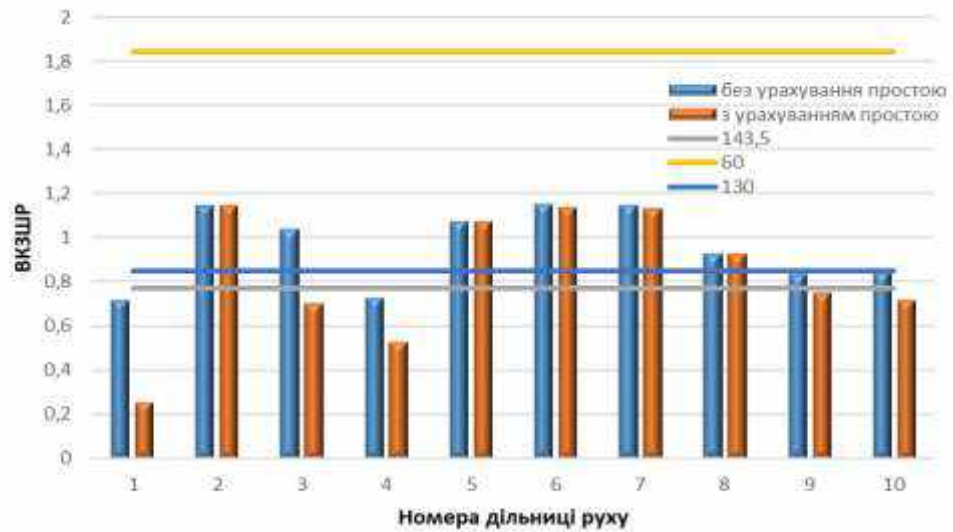
Потрібно на початку визначення і дослідження швидкості руху ТЗ, витрати палива і визначення ВКЗШР проводити формування геозон шляху руху ТЗ. При цьому потрібно відокремлювати геозони руху ТЗ у місті і рух ТЗ за містом.

**Пз. 8.3. Результати дослідження руху ТЗ на дільницях відстані руху із застосуванням геозон при їх формуванні.** На третьому етапі для визначення швидкості руху ТЗ з урахуванням УЕ розбивали дослідну дільницю шляху в залежності від формування геозон на всій відстані шляху. В першу чергу виділяли геозони міст з обмеженням максимальної швидкості руху за вимогами ПДР 80 км/год і геозони за містом з обмеженням максимальної швидкості руху – 130 км/год. Результати формування геозон на третьому етапі дослідження показані на рисунку 4.

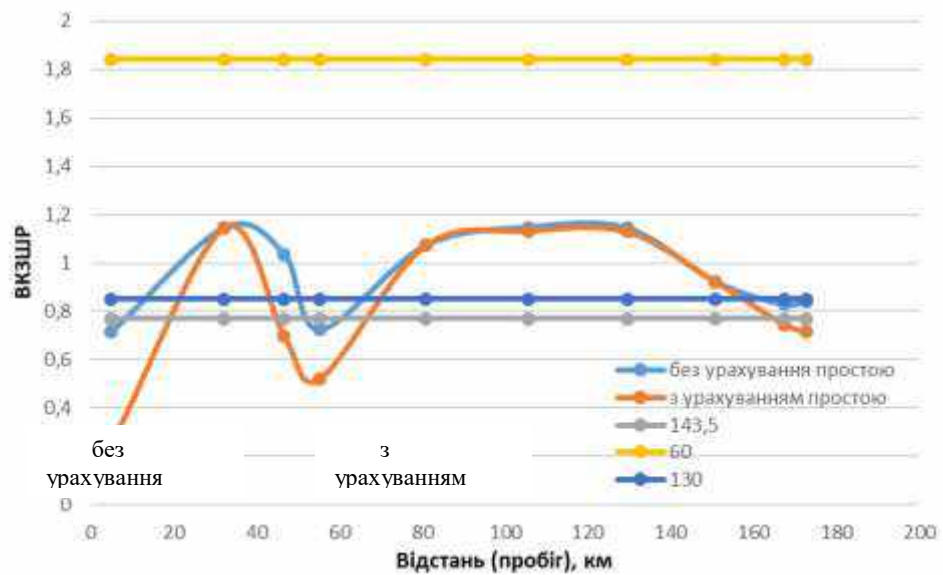
Таким чином, в результаті аналізу умов використання ТЗ в УЕ на основі звіту, було сформовано 8 геозон, координати початку і кінця яких наведені в табл. 1 у стовбцях 1-5. Швидкість руху ТЗ в геозонах встановлювалась відповідно до прийятих положень, а саме в геозонах 1, 3, 5, 7 було встановлено обмеження 130 км/год (для умов руху ТЗ за містом), а в геозонах 2, 4, 6, 8 - 80 км/год (для умов руху ТЗ у місті).

Для формування фінального звіту про рух ТЗ (у нашому випадку – дослідний зразок і визначення УЕ ТЗ за швидкістю проводили аналіз і визначення техніко-економічних показників роботи та параметрів технічного стану ТЗ в УЕ в результаті моніторингу засобами *ITS*.

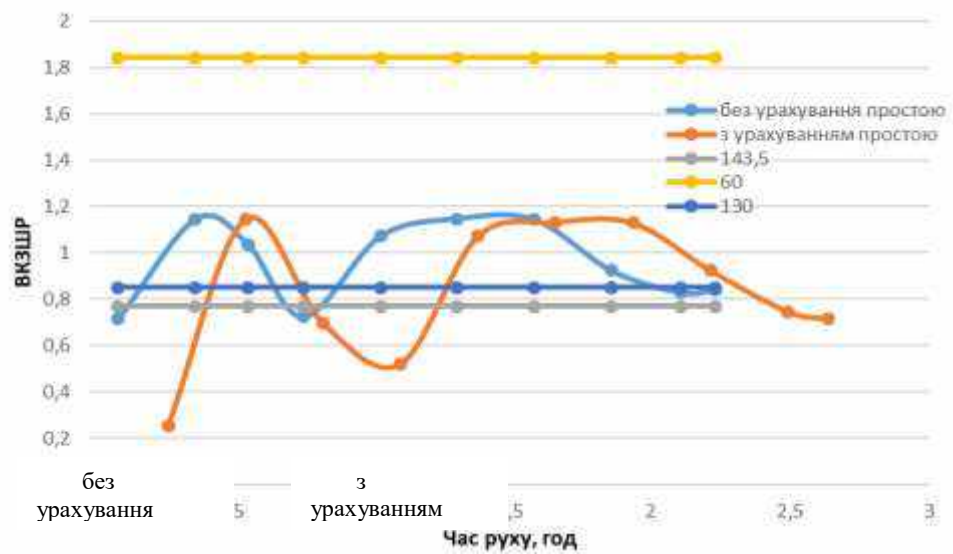
Результати детального аналізу умов руху ТЗ і визначення початкових даних для подальшого розрахунку параметрів представляли за допомогою порівняння результатів моніторингу (рис. 5) і даних отриманого звіту.



*a*



*б*



*в*

Рисунок 4 - Результати дослідження VKZSP на дослідних ділянках в межах відстані шляху (варіант 2): *a* – в залежності від положення ділянки; *б* - в залежності від відстані шляху; *в*- в залежності від часу руху

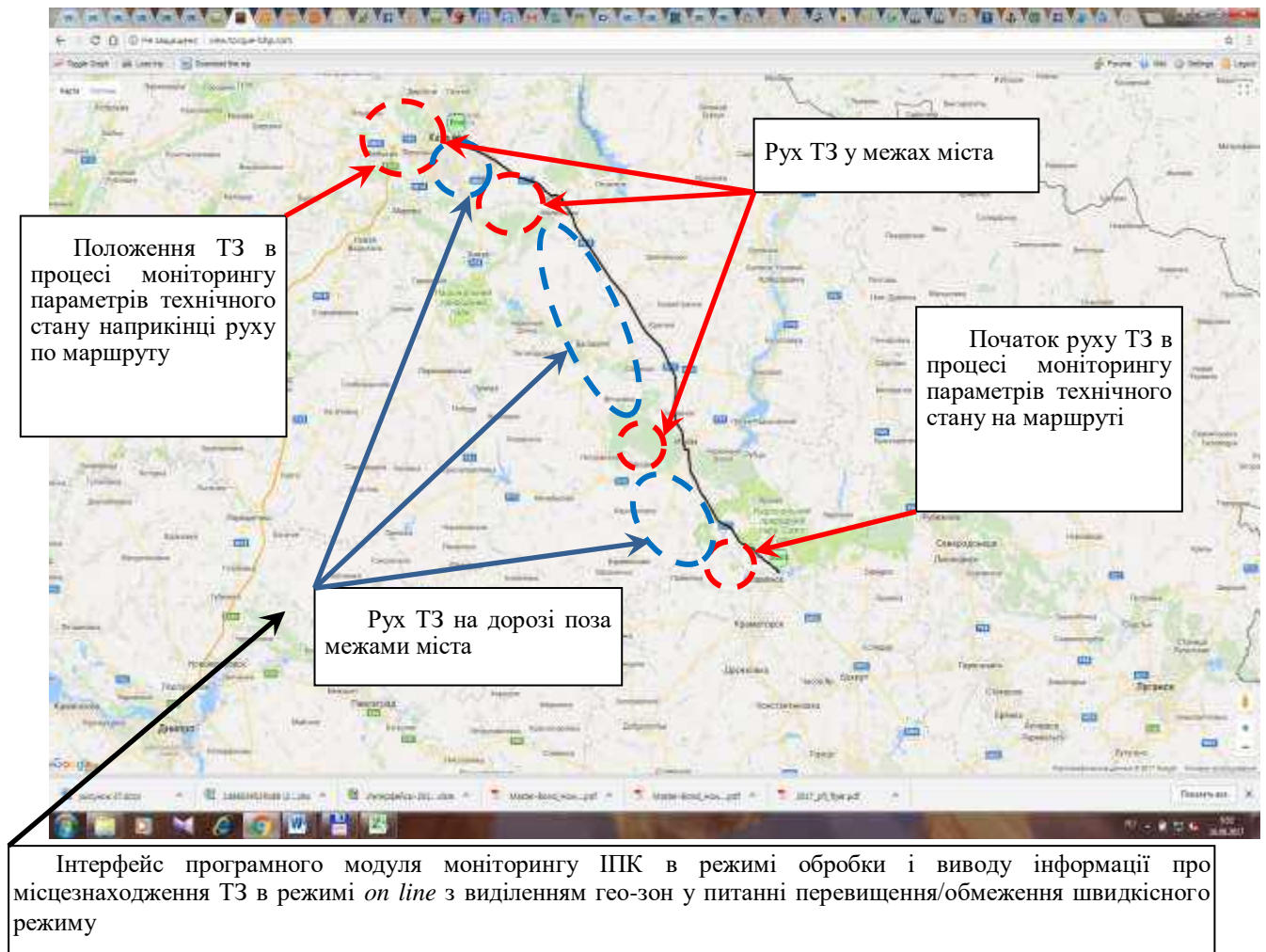


Рисунок 5 - Формування гео-зон дослідної ділянки

В результаті обробки протоколу дослідження (звіту) було отримана зміна швидкості руху ТЗ в залежності від положення ділянки, відстані шляху і часу руху, які показані на рисунку 5.

На рисунку 5 показана діаграма зміни швидкостей руху ТЗ в залежності від ділянки рисунку 5 а і графіки зміни швидкостей руху ТЗ в залежності від відстані шляху рисунку 5 б і в залежності від часу руху рисунку 5 в, що отримані на основі аналізу звіту, де для кожної ділянки розраховували (в порядку розрахунку за наведеними формулами):

$$V_i = S_i / t_{\text{рух } i} \quad (5)$$

$$V_i = S_i / (t_{\text{рух}} + t_{\text{ст}})_i \quad (6)$$

$$V_i = \sum V_{\text{GPS } i} \quad (7)$$

$$V_i = \sum V_{\text{OBD } i} \quad \dots\dots(8)$$

де  $V_i$  - швидкість руху ТЗ в межах  $i$  - ділянки;

$S_i$  - відстань  $i$  - ділянки;

$V_{\text{GPS } i}$  - GPS швидкість руху ТЗ в межах кожної ділянки, які отримані із звіту;

$V_{\text{OBD } i}$  - OBD швидкість руху ТЗ в межах кожної ділянки, які отримані із звіту;

$t_{\text{рух } i}$  - час руху ТЗ в межах  $i$  - ділянки;  $(t_{\text{рух}} + t_{\text{ст}})_i$  -  $\Sigma$  часу руху ТЗ і зупинки, стоянки в межах  $i$  - ділянки.

Таблиця 1 - Результати формування фінального звіту про рух дослідного автомобіля в УЕ (на третьому етапі досліджень)

Рух дослідного автомобіля в УЕ - 02.02.2017														
№ п/п	Початок моніторингу, точка протоколу	Початкове положення, координати	Кінець моніторингу, точка протоколу	Кінцеве положення	Час у русі (с)/ (год)	Час простою (с)/ (год)	Довжина дільниці (км)	Середня швидкість для дільниці (км/год)		Максимальна швидкість (км/год)		Середня витрата палива	стоянки	зупинки
								GPS	OBD	GPS	OBD			
1	14:45:31 2	Виїзд з м. Слав'янська 48°52'15,74" 37°40'7,24"	15:24:16 2331	сел. Кам'янка 49°7'27,61" 37°17'40,16"	1678,875 / 0,467	648,36 / 0,18	40,70	62,65	62,96	125,80	123	6,90	0	14
2	15:24:16 2331	сел. Кам'янка 49°7'27,61" 37°17'40,16"	15:24:29 2344	сел. Кам'янка 49°7'34,25" 37°17'32,89"	13,0 / 0,0036	0 / 0	0,25	70,02	72	78,16	80	10,74	0	0
3	15:24:29 2344	сел. Кам'янка 49°7'34,25" 37°17'32,89"	15:29:07 2626	м Ізюм 49°10'14,54" 37°16'38,5"	275,979 / 0,077	2,022 / 0,0006	5,21	66,96	66,73	95,46	95	8,20	0	1
4	15:29:07 2626	м Ізюм 49°10'14,54" 37°16'38,5"	15:50:31 3915	м Ізюм 49°13'32,12" 37°15'2,87"	682,626 / 0,189	601,412 / 0,167	7,28	19,88	20,37	79,33	81	2,93	2	4
5	15:50:31 3915	м Ізюм 49°13'32,12" 37°15'2,87"	16:46:26 7280	м. Чугуїв 49°50'26,31" 36°43'1,51"	3329,463 / 0,925	25,617 / 0,007	81,18	86,96	86,76	120,55	123	8,80	0	4
6	16:46:26 7280	м. Чугуїв 49°50'26,31" 36°43'1,51"	16:51:53 7608	м. Чугуїв 49°51'9,64" 36°39'31,48"	326,984 / 0,091	0 / 0	4,70	51,26	51,09	75,29	78	5,50	0	0
7	16:51:53 7608	м. Чугуїв 49°51'9,64" 36°39'31,48"	17:03:22 8297	м Харків 48°56'7,96" 36°25'44,71"	688,558 / 0,191	0,502 / 0,0001	19,36	100,85	100,68	119,67	119	10,20	0	1
8	17:03:22 8297	м Харків 48°56'7,96" 36°25'44,71"	17:23:45 9521	м Харків 49°59'27,49" 36°15'52,67"	1045,973 / 0,291	176,332 / 0,049	13,93	40,11	39,85	90,06	91	4,58	0	10
Разом					8041,458 / 2,23	1454,245 / 0,403	172,61	62,33 (77,27)	62,55 (77,27)	125,8 (125,8)	123 (123)	7,23 (6,97)	2	33

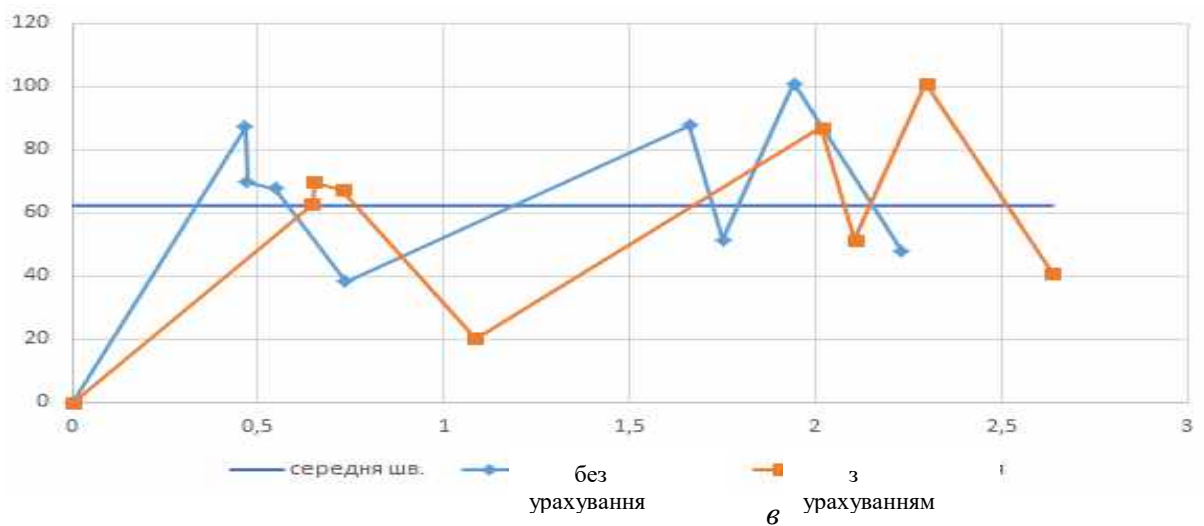
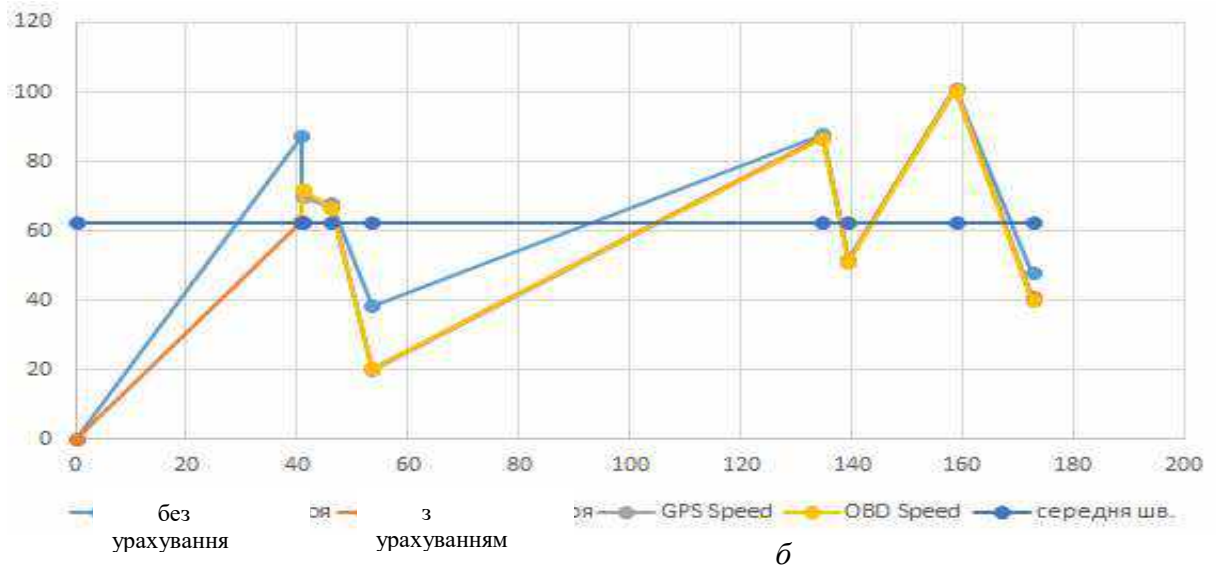
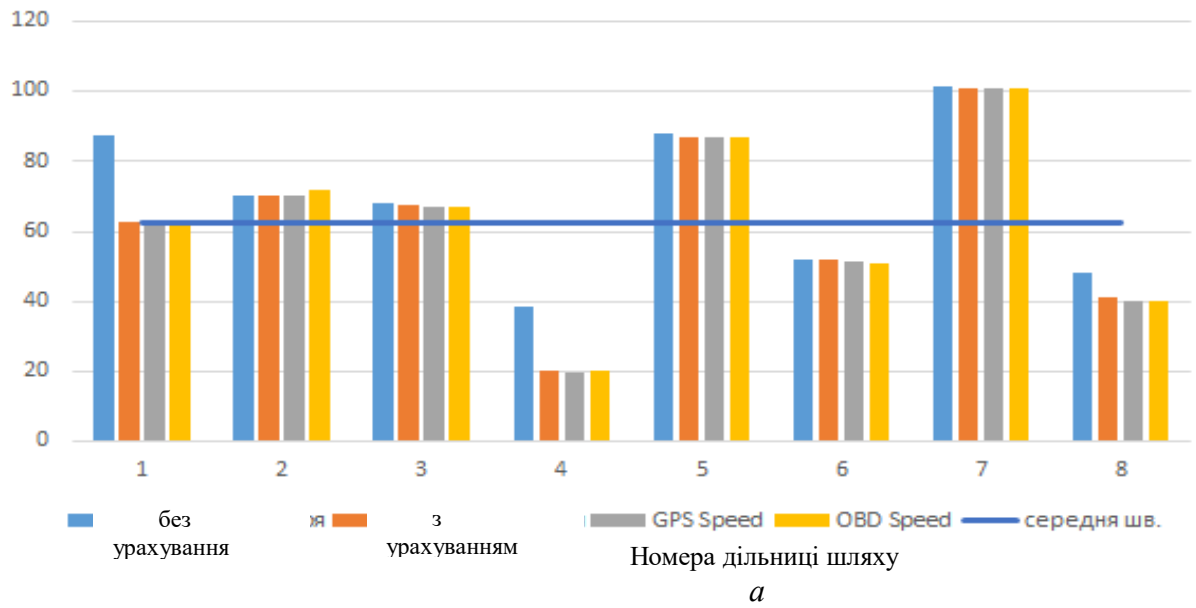


Рисунок 6 - Результати дослідження зміни середньої швидкості руху ТЗ на дослідних ділянках в межах відстані шляху (варіант 3): а - в залежності від положення ділянки; б - в залежності від відстані шляху; в- в залежності від часу руху

Всі отримані результати зміни параметрів в звіті в частині середніх швидкостей руху ТЗ наведені на рисунку 6.

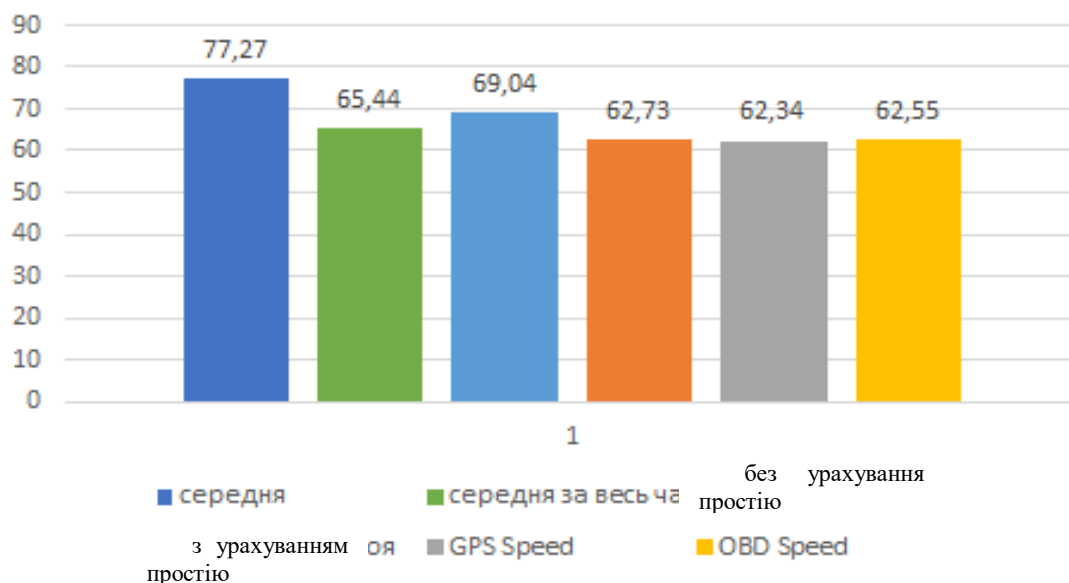


Рисунок 7 - Результати визначення зміни середньої швидкості руху ТЗ за результатами обробки звіту

Значення  $V_{\text{сер}}$  на рисунку 7 були отримані за наступними залежностями (в порядку розрахунку за наведеними формулами):

$$V_{\text{сер}} = S_{\Sigma i} / t_{\Sigma \text{рух } i} \quad (9)$$

$$V_{\text{сер}} = S_{\Sigma i} / (t_{\text{рух}} + t_{\text{ст}})_{\Sigma i} \quad (10)$$

$$V_{\text{сер}} = \Sigma (S_i / t_{\text{рух } i}) / n_i \quad (11)$$

$$V_{\text{сер}} = \Sigma (S_i / (t_{\text{рух}} + t_{\text{ст}})_{i}) / n_i \quad \dots\dots(12)$$

$$V_{\text{сер}} = \Sigma V_{\text{GPS сер } i} / n_i \quad (13)$$

$$V_{\text{сер}} = \Sigma V_{\text{OBD сер } i} / n_i \quad \dots\dots(14)$$

де  $V_{\text{сер}}$  -- середня швидкість руху ТЗ в межах відстані руху;

$S_{\Sigma i}$  - сума відстаней  $i$  - діляниць;  $t_{\Sigma \text{рух } i}$  -  $\Sigma$  часу руху ТЗ на  $i$  - діляницях в межах відстані руху;

$(t_{\text{рух}} + t_{\text{ст}})_{\Sigma i}$  -  $\Sigma$  часу руху ТЗ і зупинки, стоянки на  $i$  - діляницях в межах відстані руху;

$n_i$  - кількість діляниць;

$V_{\text{GPS сер } i}$  - середня GPS швидкість руху ТЗ в межах кожної  $i$  - діляниці, що були отримані із звіту;

$V_{\text{OBD } i}$  - середня OBD швидкість руху ТЗ в межах кожної  $i$  - діляниці, що були отримані із звіту.

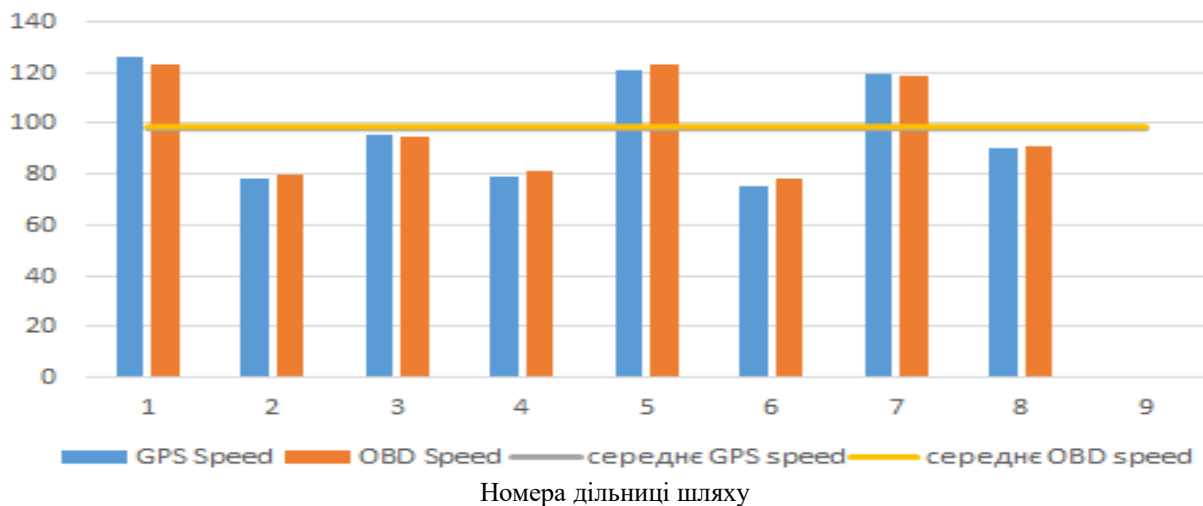
З отриманого результату видно, що після обробки отриманих параметрів технічного стану у звіті отримуються різні середні швидкості руху ТЗ в УЕ. В

результаті аналізу середніх швидкостей в подальших розрахунках використовуємо швидкість  $V_{\text{сер}} = 62,55$  км/год, тому, що саме це значення найбільш коректно враховує обмеження геозон в частині обмежень щодо руху в місті і поза ним та УЕ ТЗ. Тому саме це значення наносимо на рисунку 5.

Результати дослідження зміни максимальної швидкості руху ТЗ в залежності від положення дільниці, відстані шляху і часу руху ТЗ показані на рисунку 6. Результати зміни витрати палива в залежності від відстані шляху і часу руху ТЗ показані на рисунку 7. Всі отримані результати зміни параметрів в звіті в частині витрати палива ТЗ наведені на рисунку 8.

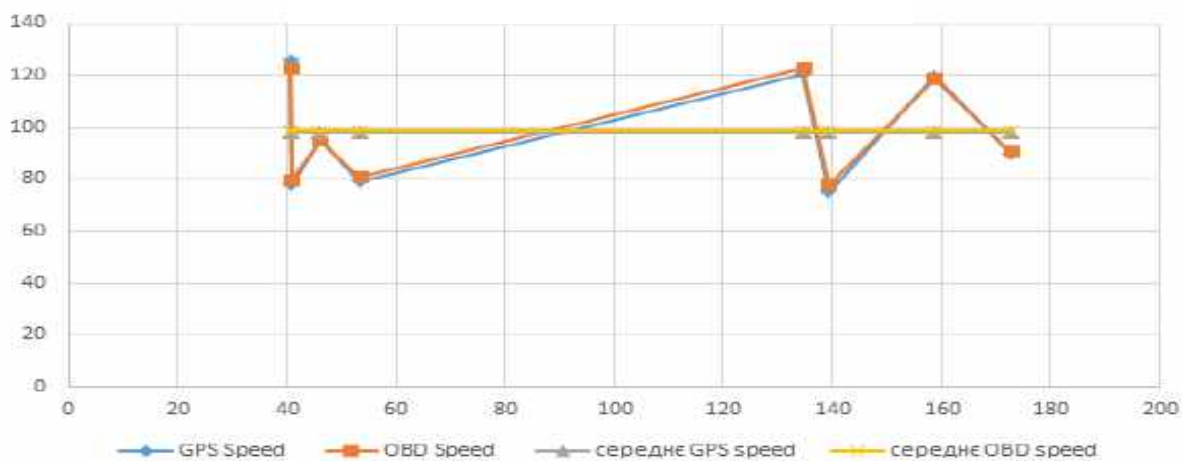
З рисунку 6 видно, що після обробки результатів отриманих параметрів технічного стану ТЗ, можливо розрахувати значення витрати палива з урахуванням сформованих геозон (рис. 5). В результаті було отримано середню витрату палива ТЗ на всю відстань руху з урахуванням геозон, яка дорівнює  $G_{\text{сер}} = 7.23$  л/год. Це значення обираємо, як фактично отриману витрату палива ТЗ. Для порівняння на рисунку 8 також показані витрати палива, які регламентуються виробником ТЗ у міському / за міському / змішаному циклі (відомості із заводської інструкції) і значення середньої витрати палива, що було визначено на 2-му етапі досліджень для всієї дистанції шляху без урахування геозон.

### Максимальна швидкість



*a*

### Максимальна швидкість від відстані



*б*

### Максимальна швидкість від часу



*в*

Рисунок 8 - Результати дослідження зміни максимальної швидкості руху ТЗ на дослідних дільницях в межах відстані шляху (варіант 3): *a* - в залежності від положення дільниці; *б* - в залежності від відстані шляху; *в* - в залежності від часу руху

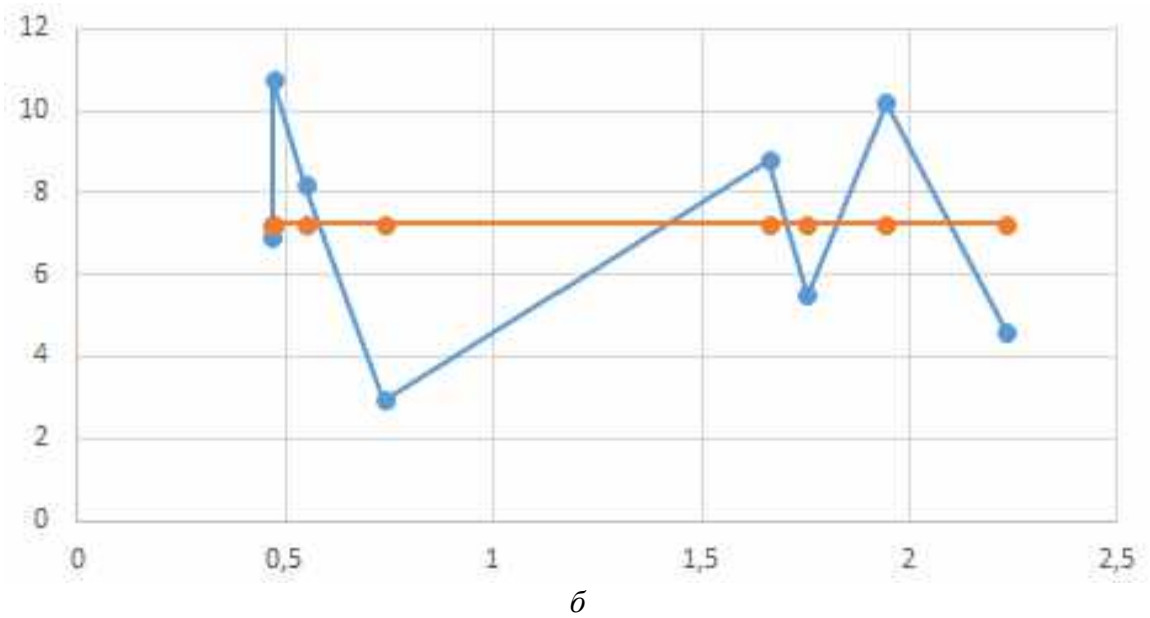
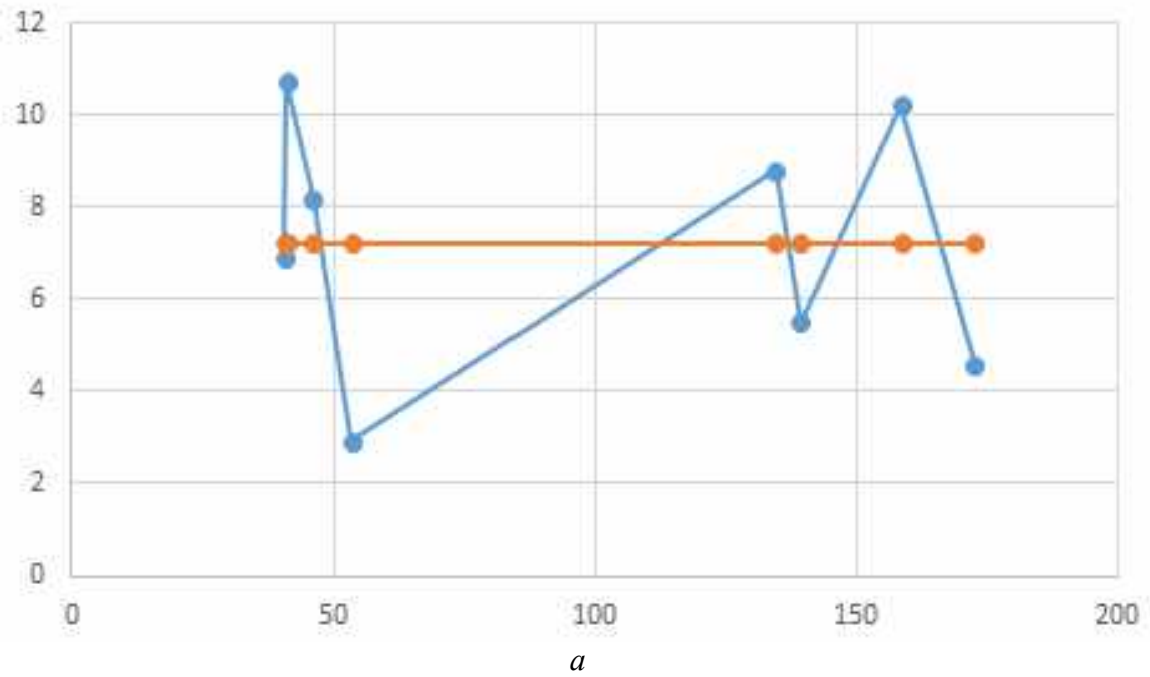


Рисунок 9 - Результати дослідження витрати палива ТЗ на дослідних ділянках в межах відстані шляху (варіант 3): *a* - в залежності від відстані шляху; *б* - в залежності від часу руху

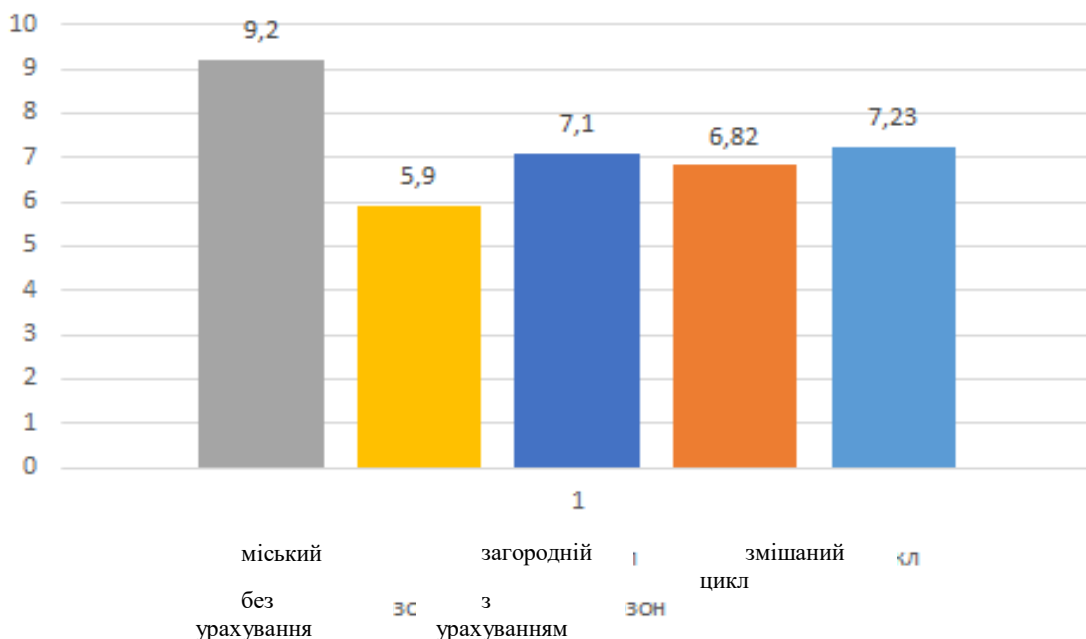


Рисунок 10 - Результати визначення зміни витрати палива ТЗ в процесі руху за результатами обробки звіту

На рисунку 11 показано визначення і дослідження ВКЗШР на третьому етапі дослідження. Особливість визначення ВКЗШР полягала в наступному:

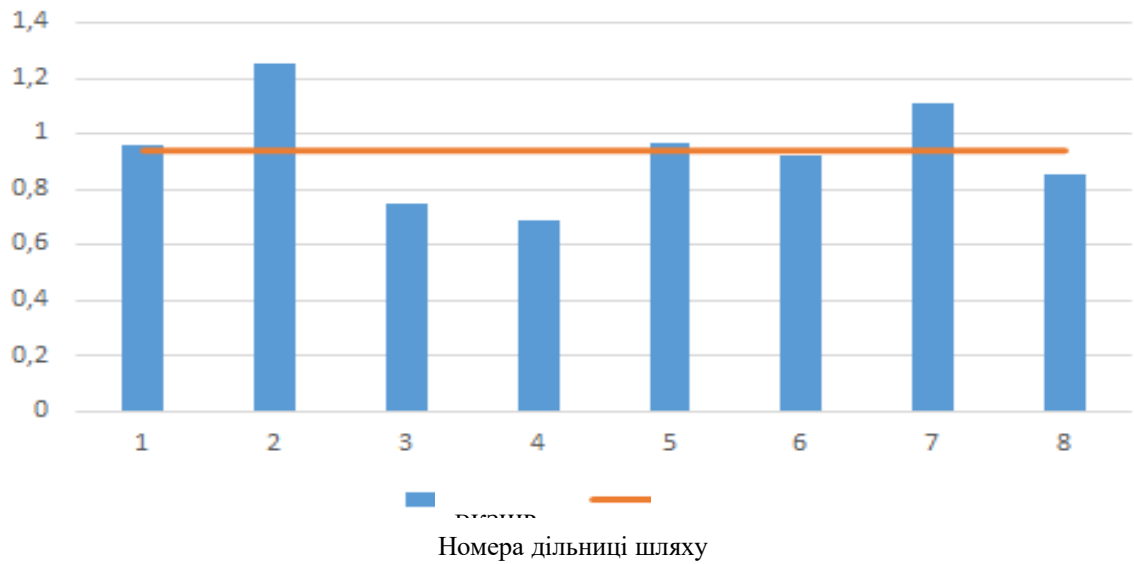
1. В якості обмежень в частині максимальної швидкості на відповідній ділянці були обрані 2 швидкості  $V_{\max}$  з урахуванням сформованих геозон, відповідно: *a* - максимально можлива швидкість  $V_{\max}$  руху дослідного ТЗ на дорозі 1-ї групи (за містом) - 130 км/год; *b* - максимальна можлива швидкість  $V_{\max}$  руху (ПДР) дослідного ТЗ на дорозі 1-ї групи (у місті) - 80 км/год;

2. ВКЗШР ТЗ визначали за формулою (3) для кожної ділянки з урахуванням геозон.

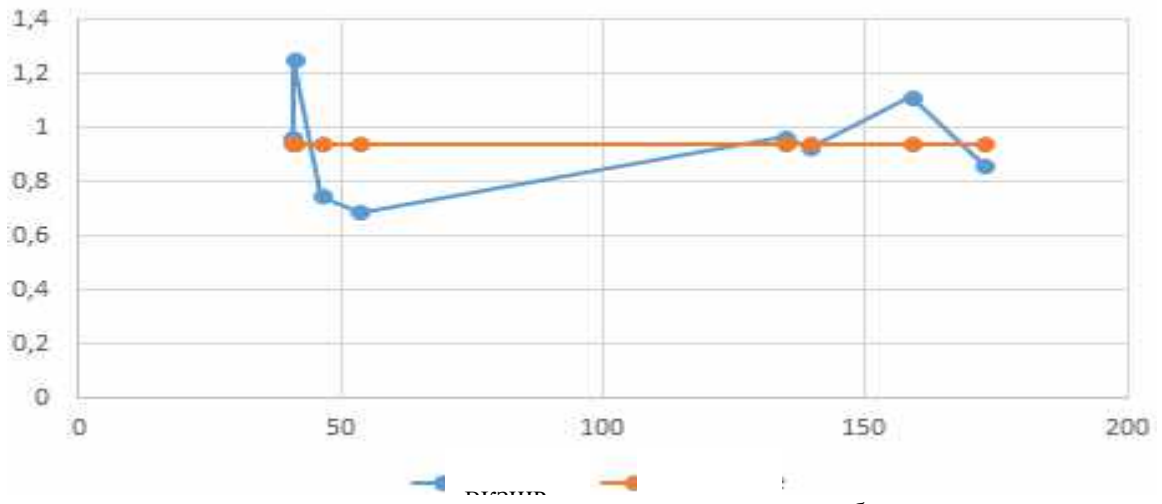
3. Середнє значення ВКЗШР визначали, як середнє для всієї відстані руху ТЗ.

На третьому етапі дослідження було отримано значення  $K_{v_p} = 0,94$ , що відноситься до першої групи УЕ,  $K_{v_p}$  змінювався на ділянках шляху руху ТЗ в межах  $K_{v_p} = 0,69 - 1,25$ .

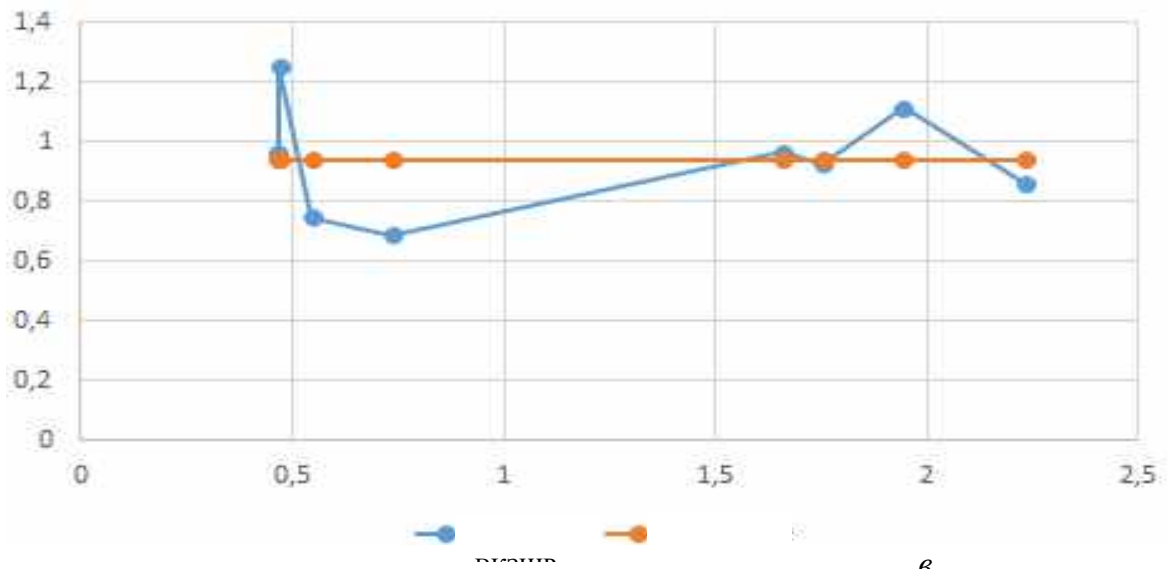
На основі проведеного дослідження отримали метод обробки результатів моніторингу параметрів технічного стану ТЗ в УЕ. В результаті його використання є можливість отримати значення середніх швидкостей руху для ділянки з урахуванням геозон, витрати палива і відносного коефіцієнту зміни швидкості руху, який є основним орієнтиром при визначенні УЕ ТЗ.



*a*



*б*



*в*

Рисунок 11 - Результати дослідження ВКЗШР на дослідних ділянках в межах відстані шляху (варіант 3): *a* - в залежності від положення ділянки; *б* - в залежності від відстані шляху; *в*- в залежності від часу руху

## Контрольні запитання

1. Від чого залежить технічна швидкість транспортного засобу?
2. Яким чином за допомогою ППК ««IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» здійснюється визначення середньої швидкості руху транспортного засобу?
3. Як визначається середня витрата палива при моніторингу транспортного засобу?
4. Як визначається відносний коефіцієнт зміни швидкості руху транспортного засобу?
5. Як визначаються умови експлуатації транспортного засобу за допомогою відносного коефіцієнту зміни швидкості руху?

## Рекомендована література:

### 1. Базова література

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

1.2 Волков В.П. Інтелектуальні системи управління роботоздатністю автомобілів / В.П. Волков, В.П. Матейчик, І.В. Грицук і інші. – Харків: Майдан, 2016. – 503 с.

1.3 Будова й експлуатація автомобілів. Навч. посібник / В.Ф. Кисликів, В.В. Лущик. – Вид-во Либідь, 2018. – 400 с.

### 2. Допоміжна література

2.1 Волков В.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навч. посібник. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 292 с.

2.2 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.

2.3 Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. – К.: Знання - Прес, 2003. – 511 с.

2.4 Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту: навчальний посібник / А.А. Кашканов, В.П. Кужель, О.Г. Грисюк. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 230 с.

2.5 Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. Гібридні автомобілі. – Харків, ХНАДУ, 2008. – 326 с.

2.6 Andreas Haag. Konzepte für effiziente hybride Triebstränge. Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart. – 2017. – 215.

2.7 Achim Kampker, Dirk Vallje, Armin Schnettler. Elektromobilität Grundlagen einer Zukunftstechnologie. Aachen University, Aachen, Deutschland. – 2018. – 416.

### 3. Додаткові джерела:

3.1 Гібридний автомобіль. Матеріал з Вікіпедії. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B5\\_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B1%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D0%B5_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE).

3.2 Електромобіль. Матеріал з Вікіпедії. Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C>.

3.3 Водневий транспорт. Матеріал з Вікіпедії. Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B5\\_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B5_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE).