

УДК 531.7

І.Г. Грабар, д.т.н., проф.  
В.М. Іванченко, аспір.  
Д.Л. Калінкін, аспір.  
О.П. Кухарчук, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

## ЕЛЕКТРОННИЙ ПАСПОРТ РУХУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

*Викладено ідею побудови програмно-апаратного комплексу для реєстрації, накопичення та обробки значень одного параметра циклічного процесу протягом повного циклу експлуатації об'єкта дослідження.*

**Постановка проблеми.** Підставою для постановки і розв'язку даної задачі є відсутність відповідного засобу накопичення абсолютних значень параметра протягом повного циклу експлуатації об'єкта дослідження.

**Вступ.** Динамічні процеси є невід'ємною частиною роботи машин та механізмів. Умови їх протікання впливають на ресурс і, як наслідок – на надійність роботи [1]. В класичній механіці умови, в яких працював механізм, оцінюють по зносу контактних поверхонь та появи тріщин. Передбачення зносу та поломки для машин та механізмів розраховується з умов планового терміну напрацювання в годинах або пробігу в кілометрах [2]. Відомий метод є усередненим, так як спирається, в основному, на стаціонарні режими і не враховує їх перехідні процеси при роботі вузлів, агрегатів та машин.

У зв'язку зі стрімким розвитком електроніки та інформаційних технологій з'являється можливість створювати недорогі системи реєстрування та накопичення експлуатаційних даних [3] протягом тривалого періоду часу, а в деяких випадках повного циклу експлуатації об'єкта дослідження.

### Постановка завдання.

1. Розробити структурну та функціональну схеми, загальний алгоритм роботи програмно-апаратного комплексу (ПАК) для дослідження параметрів експлуатації технологічних та транспортних машин.

2. Провести розрахунки необхідних ресурсів ПАК для забезпечення розв'язку поставленої задачі за основними параметрами: точності вимірювань, частоти дискретизації, розрядності периферії мікроконтролера та об'єму необхідної пам'яті для забезпечення можливості збору статистичних даних протягом повного циклу експлуатації об'єкта дослідження на прикладі декількох транспортних засобів (ТЗ).

3. Обґрунтувати граничні можливості використання ПАК.

**Викладення основного матеріалу.** Основною проблемою при створенні ПАК є вибір найбільш оптимального варіанта його реалізації. Аналіз даної проблеми дозволяє виділити дві основні задачі:

- накопичення великих об'ємів даних;
- подальша їх обробка за певним алгоритмом.

Перша задача потребує використання значного ресурсу пам'яті разом із забезпеченням безперебійного живлення, що в свою чергу створить умови для подальшого надійного та довгострокового зберігання інформації. Особливу увагу необхідно приділити вибору типу та розміру пам'яті. Найбільш популярними є накопичувачі на жорстких магнітних дисках (НЖМД) та мультимедійні флеш-карти (флеш-пам'ять). НЖМД мають досить великі об'єми пам'яті (від 40 до 1000 ГБ), але висока ціна, енергоспоживання, складність інтерфейсу підключення, чутливість до магнітних полів та механічного впливу обмежує їх використання в мобільних пристроях та системах. Мультимедійні флеш-карти є стійкими до впливу зовнішнього середовища та мають достатні об'єми пам'яті (2...32 ГБ), низьке енергоспоживання, компактність, довговічність та високу швидкодію. Сучасні світові тенденції полягають в стрімкому здешевленні носіїв пам'яті на базі MMC та SD-карток, що робить їх ідеальними для застосування у вбудованих системах для зберігання конфігурацій системи, накопиченні показів датчиків, ведення журналу подій [4].

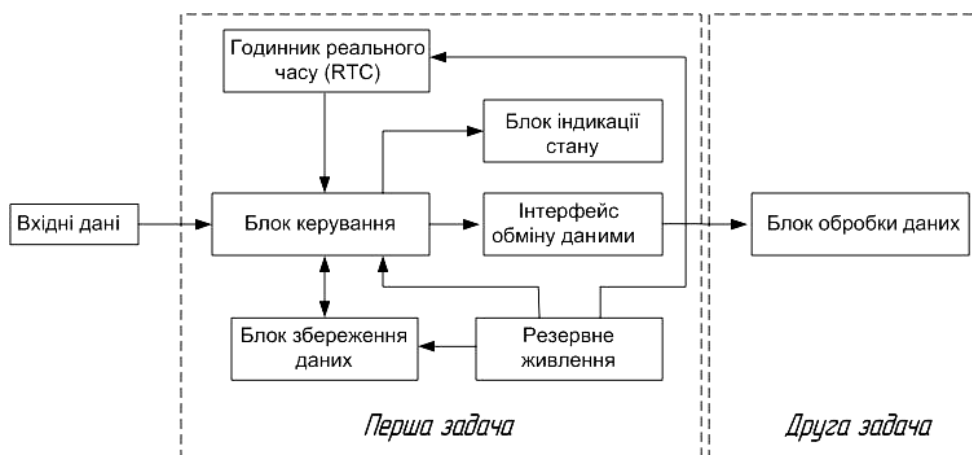


Рис. 1. Структурна схема ПАК

Центром координації роботи зі збереження отриманої експлуатаційної інформації є блок керування. Розглянемо його основні функції:

- отримання потоку вхідних даних;
- синхронізації даних із часом;
- приведення даних у відповідний формат, необхідний для блока обробки;
- запис даних до флеш-пам'яті;
- передача даних до блока обробки.

Виконання всіх зазначених вище функцій повністю задовольняють сучасні 8-розрядні мікроконтролери (МК) [5, 6]. Для створення даного ПАК буде використаний МК Atmega16-16AU компанії Atmel, оскільки цей МК поєднує потужний гарвардський RISC-процесор з роздільним доступом до пам'яті програм і даних [7]. Він має 32 регістри загального призначення і розвинену систему команд фіксованої 16-бітної довжини. Більшість команд виконуються за один машинний такт із одночасним виконанням поточної й вибіркою наступної команди, що забезпечує продуктивність до 1 MIPS на кожний МГц тактової частоти. Периферія МК AVR включає: таймери-лічильники, широтно-імпульсні модулятори, підтримку зовнішніх та внутрішніх переривань, аналогові компаратори, 10-розрядний 8-канальний АЦП, паралельні порти (від 3 до 48 ліній вводу/виводу), інтерфейси UART і SPI, сторожовий таймер. Всі ці якості перетворюють МК AVR в потужний інструмент для побудови сучасних, високопродуктивних і економічних ПАК різного призначення [3].

До складу Atmega16-16AU входять периферійні модулі (рис. 2), необхідні для швидкого та коректного доступу до складових частин динамічного паспорта (датчика, пам'яті, годинника реального часу) та комп'ютера.

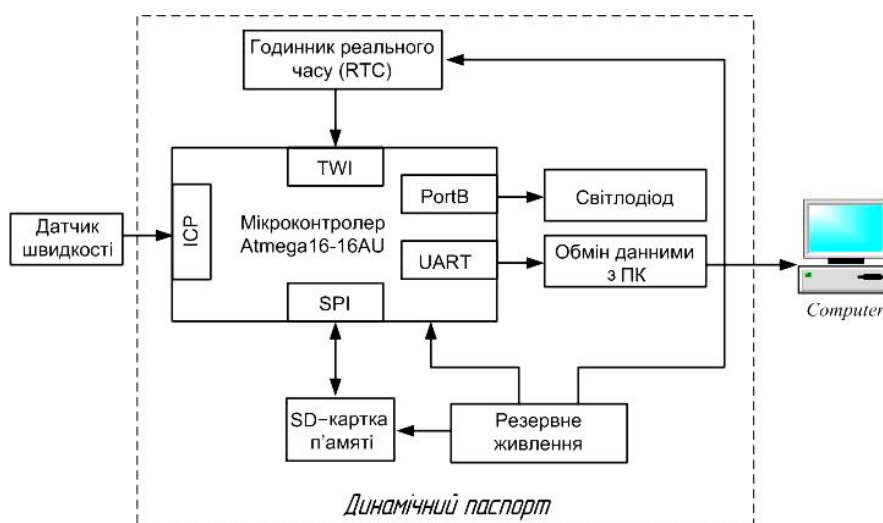


Рис. 2. Функціональна схема ПАК: I2C, TWI, SPI, UART – периферійні модулі МК

Для покращення надійності ПАК годинник реального часу виконаний у вигляді окремої мікросхеми DS1307, підключеної до МК за допомогою інтерфейсу ІС. Він використовується для формування часових інтервалів (секунда, хвилина, година, доба, місяць, рік).

Залежно від об'єкта дослідження існує можливість використання різних типів датчиків, серед яких: контактний, оптичний, електромагнітний, індуктивний та датчик Холла [6]. В даній статті буде розглянута можливість отримання інформаційних сигналів від штатних автомобільних датчиків швидкості.

Алгоритм роботи ПАК (рис. 3) включає в себе чотири основні етапи – реєстрація, накопичення, аналіз та обробка отриманих результатів.

Особливістю роботи даного алгоритму є необхідність врахування заздалегідь невідомих умов, в яких проводитиметься дослідження об'єкта. До цих умов відносяться: стан з'єднань у вузлах та механізмах, їх зношення; резонансні явища та вібрації, пов'язані з конструктивними особливостями їх будови і компоновки та дією зовнішнього середовища (наприклад стан дорожнього покриття – для ТЗ); психологічно-фізіологічний стан водія чи оператора, що керують машинами та механізмами; перешкоди електричної природи та інші.

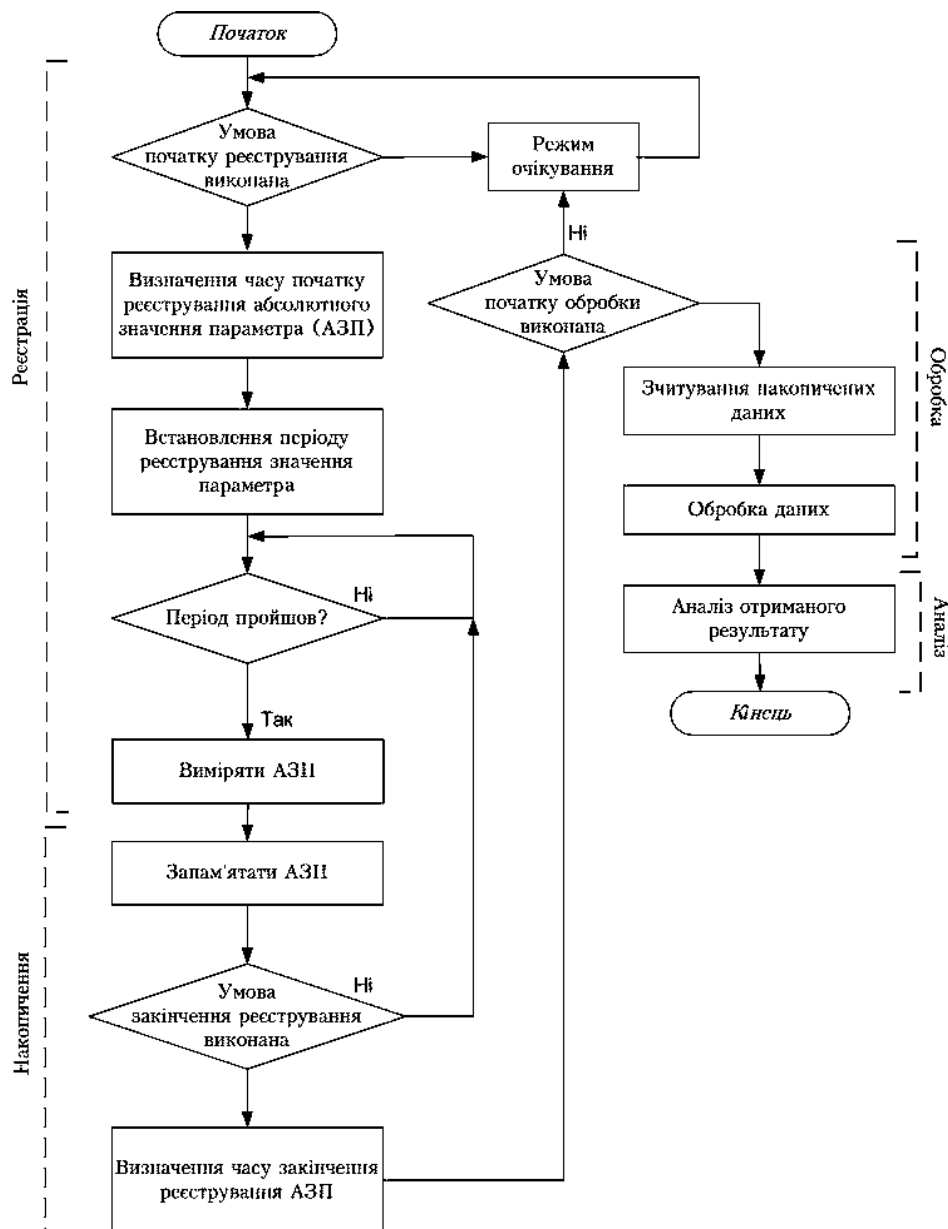


Рис. 3. Алгоритм роботи ПАК

Виділимо основні вимоги до динамічного паспорта як складової частини ПАК:

- стійкість до шкідливої дії механічних коливань та вібрацій;
- можливість використання у довільних кліматичних умовах;
- забезпечення електромагнітної захищеності;
- автономність;

- конфіденційність та захист даних від несанкціонованого доступу.

**Основні розрахунки необхідних параметрів ПАК.**

1. Розрахунок розрядності таймера-лічильника для вимірювання швидкості.

Для розрахунку розрядності цифрового коду аналогової величини, що вимірюється, необхідно задати динамічним діапазоном та точністю аналого-цифрового перетворення. Задамо динамічний діапазон швидкостей автомобіля – 1–60 м/с. Виходячи з можливостей МК ATmega16, на тактовій частоті 8 МГц можливо задати дискрету вимірювання часу 1 або 4 мкс. Знаючи швидкості руху автомобіля, можна розрахувати розрядність таймера-лічильника для їх вимірювання за наступним виразом:

$$Z_{TC} = \log_2 \left( \frac{1000}{V_{\min} \cdot N \cdot \Delta t} \right), \tag{1}$$

де  $V_{\min}$  – мінімальна швидкість автомобіля, м/с;  $\Delta t$  – точність вимірювання часу, с;  $N$  – кількість імпульсів на 1 км пробігу.

Результати розрахунків наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Результати розрахунків розрядності таймера-лічильника

Точність вимірювання часу, мкс.		1	4
Розрядність таймера-лічильника, біт.	Lanos T-150	17,18 = 18	15,17 = 16
	Cherry Amulet	18,45 = 19	16,45 = 17
	BA3 21183	17,35 = 18	15,34 = 16

Отже, обмеживши мінімальну швидкість автомобіля і налаштувавши таймер-лічильник на точність 4 мкс, можна впевнено використати 16 бітний код для зберігання поточного значення швидкості. При цьому похибка вимірювання швидкості буде лінійно залежати від значення швидкості, що і показано на рис. 4.

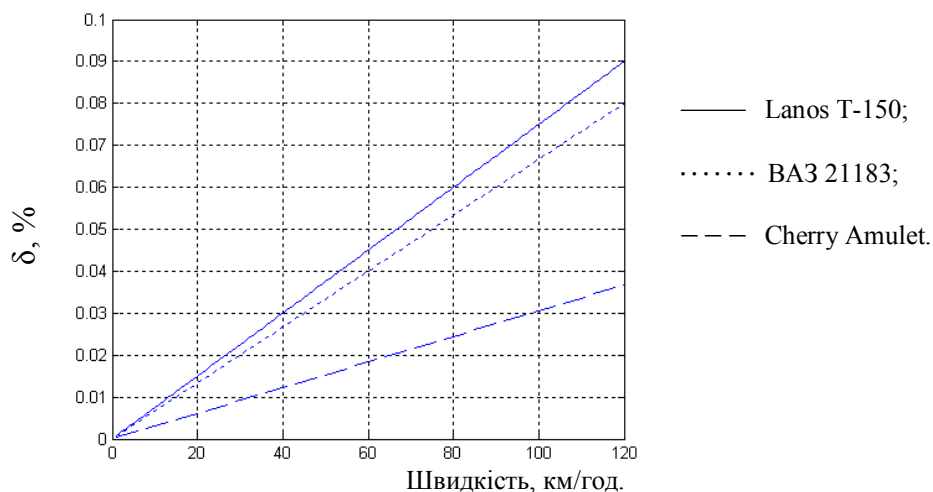


Рис. 4. Відносна похибка вимірювання швидкості автомобіля

2. Розрахунок необхідного об'єму картки пам'яті ПАК на 500 тис. км пробігу транспортного засобу проводиться за наступною формулою:

$$M_{\Sigma} = L \cdot \left( \frac{N}{N_C} k_N + \frac{Tr \cdot k_T + (St + 1) \cdot Tr \cdot k_S}{(t_D - t_S \cdot St) \cdot V} \right) \cdot \frac{1}{1024 \cdot 1024}, \tag{2}$$

$M_{\Sigma}$  – загальний об'єм пам'яті, Мбайт;  $L$  – загальний пробіг, км;  $N$  – кількість імпульсів на 1 км пробігу;  $N_C$  – кількість імпульсів для вимірювання швидкості;  $k_N$  – кількість байт для збереження поточного значення швидкості;  $Tr$  – кількість поїздок за 1 добу;  $k_T$  – кількість байт для збереження відмітки про поїздку;  $St$  – кількість зупинок за одну поїздку;  $k_S$  – кількість байт для збереження

відмітки про зупинку;  $t_D$  – час перебування в русі за 1 добу, год.;  $t_S$  – середній час однієї зупинки, год.;  $V$  – середня швидкість руху, км/год.

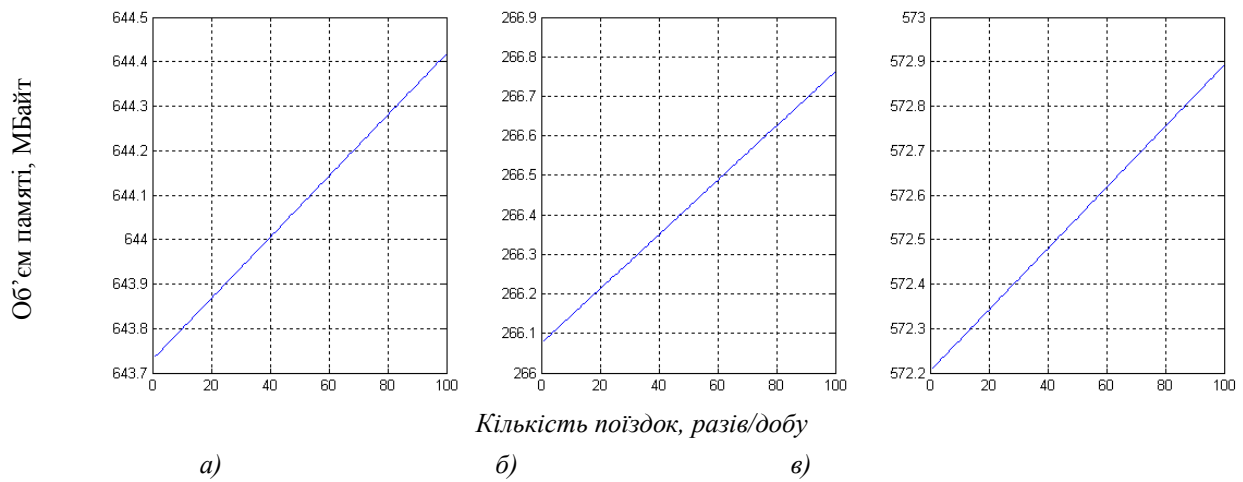


Рис. 7. Залежність необхідного об'єму пам'яті від кількості поїздок на добу по місту для автомобілів Lanos T-150 (а) Cherry Amulet (б), VAZ 21183 (в)

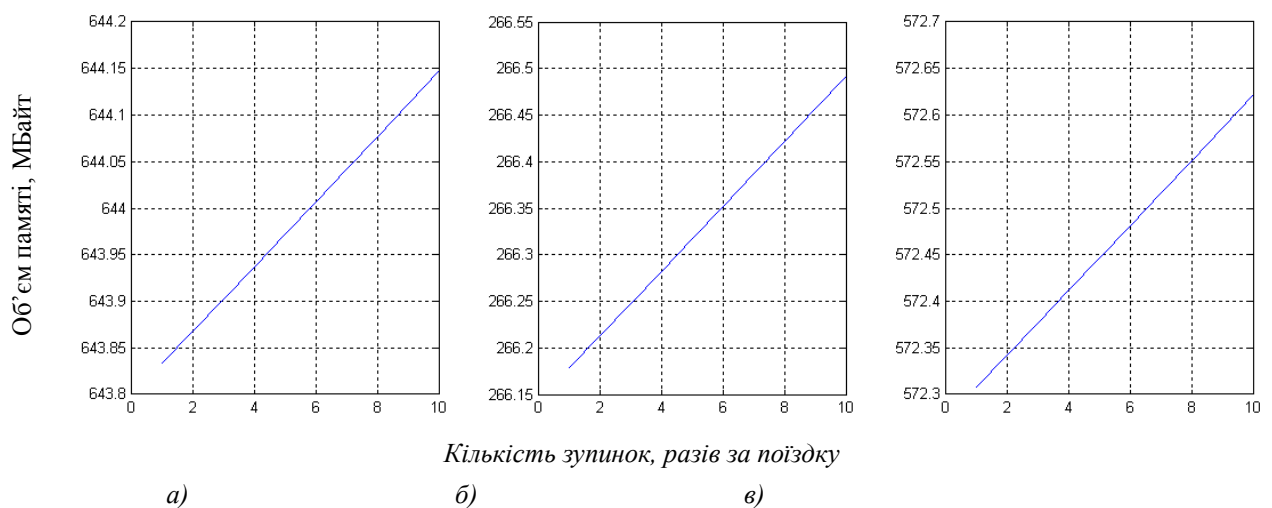


Рис. 8. Залежність необхідного об'єму пам'яті від кількості зупинок у поїзді по місту для автомобілів Lanos T-150 (а), Cherry Amulet (б), VAZ 21183 (в)

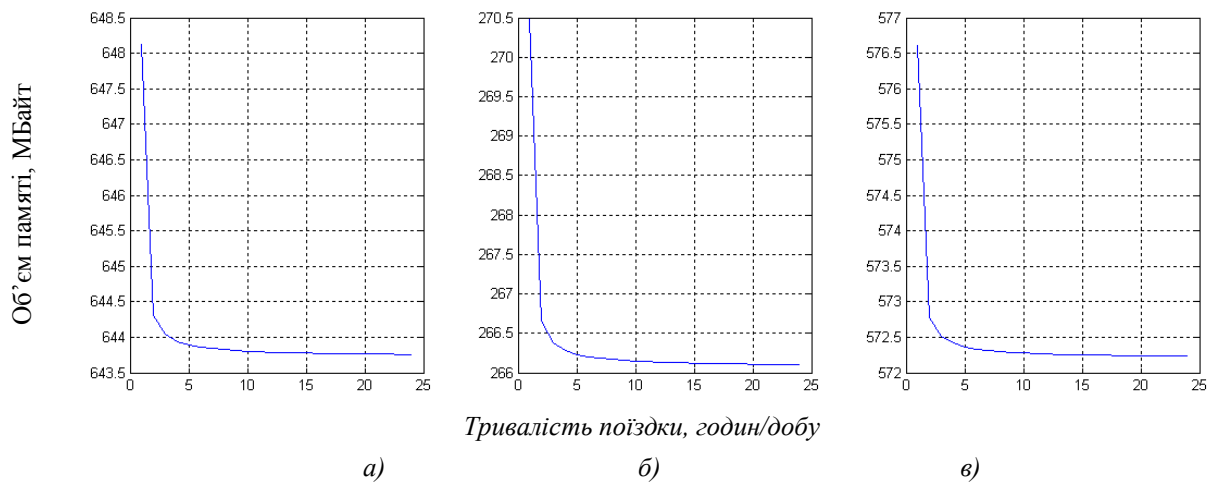


Рис. 9. Залежність необхідного об'єму пам'яті від тривалості поїздки по місту за добу для автомобілів Lanos T-150 (а), Cherry Amulet (б), ВАЗ 21183 (в)

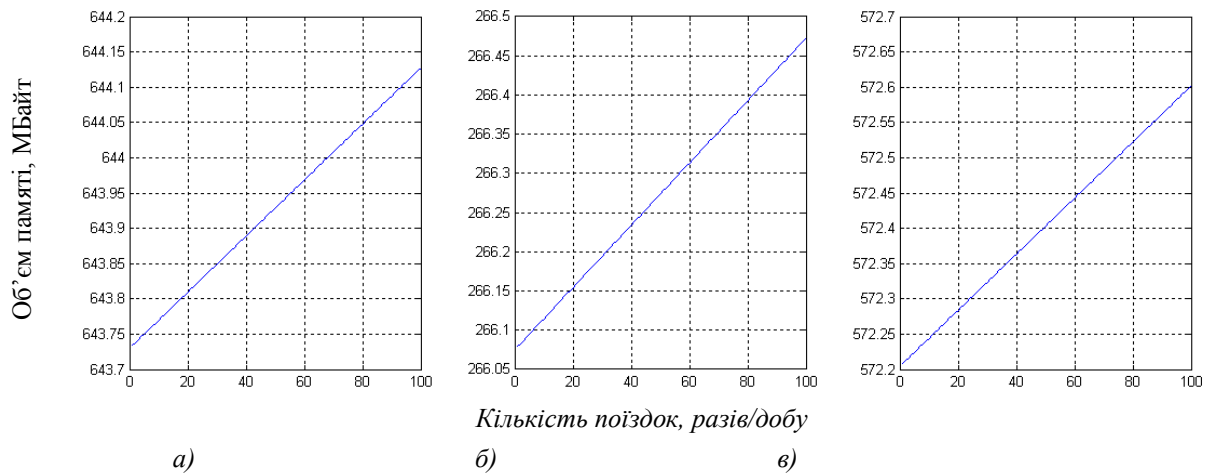


Рис. 10. Залежність необхідного об'єму пам'яті від кількості поїздок за добу по шосе для автомобілів Lanos T-150 (а), Cherry Amulet (б), ВАЗ 21183 (в)

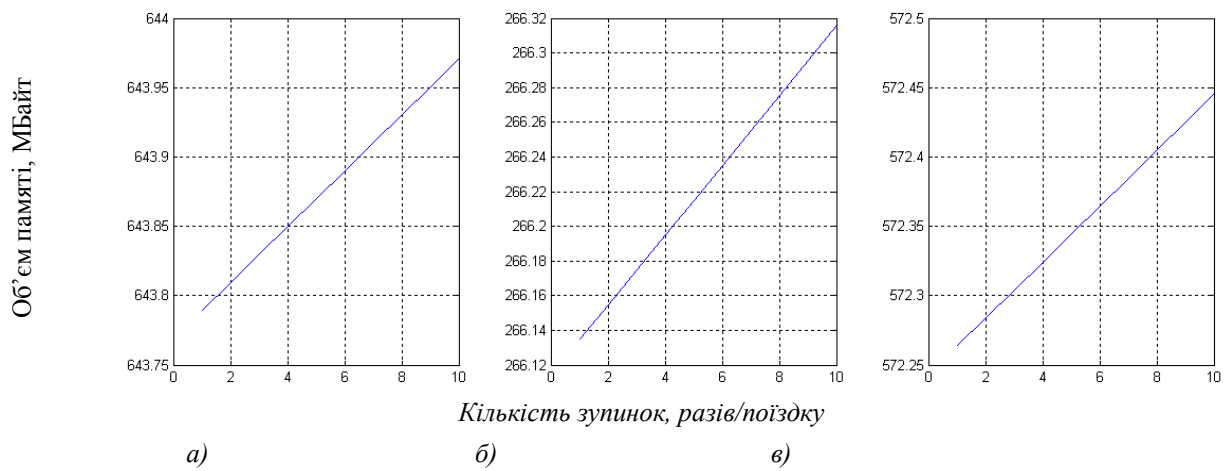


Рис. 11. Залежність необхідного об'єму пам'яті від кількості зупинок у поїздки за добу по шосе для автомобілів Lanos T-150 (а), Cherry Amulet (б), ВАЗ 21183 (в)

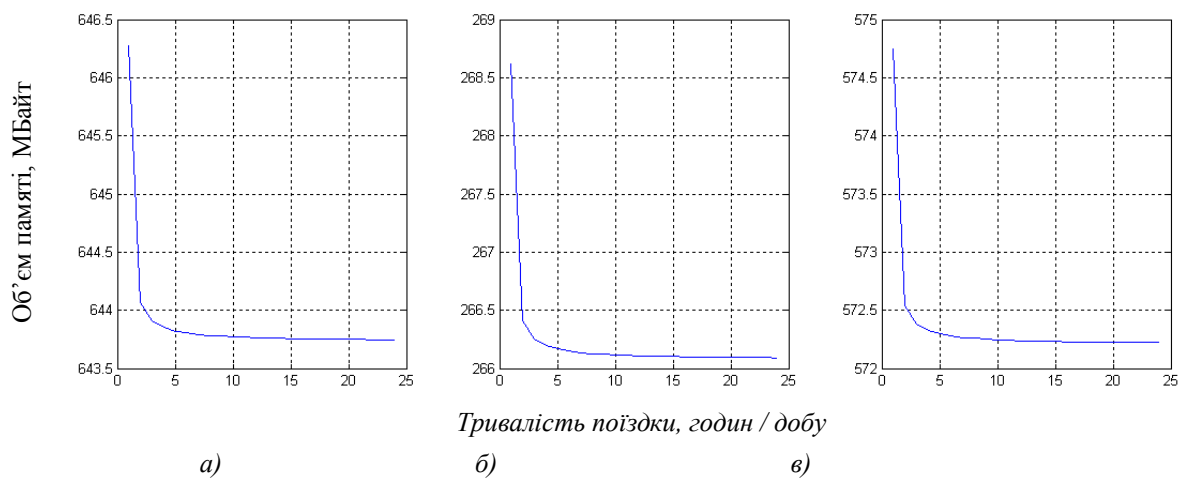


Рис. 12. Залежність необхідного об'єму пам'яті від часу у поїздки за добу за містом для автомобілів Lanos T-150 (а), Cherry Amulet (б), ВАЗ 21183 (в)

Проведені розрахунки дозволяють оцінити характеристики пристрою:

- мінімальна оцінювана швидкість – 1 м/с = 3,6 км/год.;
- максимальна оцінювана швидкість – 60 м/с = 216 км/год.;
- розрядність таймера-лічильника для вимірювання швидкості – 16 біт;
- похибки вимірювання швидкості для різних транспортних засобів наведено на рис. 4;
- задана точність вимірювання часу 4 мкс.

**Висновки:**

1. Обґрунтована необхідність побудови програмно-апаратного комплексу для реєстрації, накопичення та обробки значень параметрів технологічних та транспортних машин протягом повного циклу їх експлуатації. Розроблені структурна та функціональна схеми, загальний алгоритм роботи ПАК.
2. Проведено основні розрахунки ресурсів ПАК для забезпечення виконання поставленої задачі за основними параметрами: точності вимірювання, розрядності таймера-лічильника та об'єму пам'яті, необхідної для забезпечення збору статистичних даних. Розраховані граничні можливості ПАК (розрахунки проводились серед найпоширеніших в Україні транспортних засобів – ВАЗ, Lanos та Cherry).
3. Показано, що застосування мікроконтролера сприятиме подальшому розширенню функціональних можливостей ПАК.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. *Грабар І.Г.* Основи надійності машин / *І.Г. Грабар*. – К. : ІЗМН, 1999. – 298 с.
2. *Канарчук В.Є.* Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів / *В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигиринець*. – К. : Вищ. шк., 1995. – 533 с.
3. *Грабар І.Г.* Современные методы и средства сбора, сохранения и обработки информации на разных этапах создания подвески транспортных средств / *І.Г. Грабар, С.В. Мельничук, В.М. Іванченко* // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2007 : сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции. – Т. 1. Транспорт. – С. 55–60.
4. *Ковязина Д.Р.* Застосування мультимедійних карт у вбудованих системах / *Д.Р. Ковязина, Е.В. Петров* // Науково-технічний вісник СпБГУ ІТМО. – Вип. 32. Інформаційні технології: теорія, методи, додатки. – 2006. – С. 48–54.
5. *Горбунов Б.Б.* Сучасні мікроконтролери: Архітектура, засоби проектування, приклади застосування / *Б.Б. Горбунов* // Телесистеми / за ред. І.В. Шуліки. – М. : Яким, 1998. – С. 23–25.
6. *Соснин Д.А.* Новітні автомобільні електронні системи : посібник для студентів та викладачів вузів / *Д.А. Соснин, В.Ф. Яковлев*. – М. : Солон-Пресс, 2005. – С. 42–47.
7. *Грабар І.Г.* Мікроконтролери та методологія створення програмно-апаратних комплексів для дослідження динамічних параметрів трансмісій / *І.Г. Грабар, В.М. Іванченко, В.О. Ломакін* // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2009. – № 2 (49). – С. 32–40.

ГРАБАР Іван Григорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету, проректор з науково-інноваційної роботи Житомирського національного агро-екологічного університету.

Наукові інтереси:

- міцність конструкцій;
- нелінійні явища та моделі;
- синергетика;
- новітні технології;
- прискорені сертифікаційні дослідження в умовах складного температурно-силового навантаження.

ІВАНЧЕНКО Василь Миколайович – аспірант кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмно-апаратні комплекси для вимірювань;
- обробки та збереження кінематичних та динамічних характеристик технічних систем.

КАЛІНКІН Дмитро Леонідович – аспірант кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмно-апаратні комплекси для вимірювань;

– обробки та збереження кінематичних та динамічних характеристик технічних систем.

КУХАРЧУК Олександр Петрович – аспірант кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- програмно-апаратні комплекси для вимірювань;
- обробки та збереження кінематичних та динамічних характеристик технічних систем.

Подано 12.12.2009