

УДК 629.017

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2020.88.2.56

МОБІЛЬНИЙ РЕЄСТРАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНИХ МАШИН

Клец Д.М., Дубінін Є.О., Холодов А.П., Слинченко І.В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

***Анотація.** Розроблено вимоги до мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів, а також перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту. Створено сучасний мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс як основу інтелектуальної платформи управління та контролю руху колісної машини. Результати дослідження можуть бути використані для сертифікації та експлуатації колісних машин.*

***Ключові слова:** реєстраційно-вимірювальний комплекс, модульний, штучний інтелект, експлуатація, колісна машина.*

Вступ

Сучасний транспорт у всіх галузях має стійку тенденцію до підвищення швидкостей руху, продуктивності, вантажопідйомності та інших експлуатаційних характеристик. У цьому випадку безпека використання таких машин найчастіше безпосередньо залежить від кваліфікації водія, дорожніх і кліматичних умов, про що свідчить статистика дорожньо-транспортних пригод. Домогтися істотного зниження аварійності можливо, зокрема, упровадженням сучасних електронних систем, що контролюють параметри руху машини в режимі реального часу. Тому дослідження, спрямовані на розроблення та вдосконалення мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення експлуатаційних властивостей колісних машин, є актуальними.

Аналіз публікацій

Для підвищення безпеки експлуатації колісної машини необхідно розширювати контроль її різних систем і механізмів, забезпечити якісно вищий рівень випробувань і впроваджувати нові пристрої з широкими функціональними можливостями [1]. Використання акселерометрів має в цьому велике значення [2, 3].

Проведення випробувань для оцінювання та підвищення експлуатаційних властивостей колісних машин потребує застосування мобільних комплексів, які дозволяють без втручання в конструкцію машини здійснювати визначення її основних параметрів [1, 3]. Наявні аналоги (наприклад, CORRSYS

DATRON) мають високу вартість, вітчизняні ж не дозволяють проводити низку необхідних випробувань у дорожніх умовах: визначати аеродинамічні параметри, показники потужності колісних машин і ККД [4].

Мета і постановка завдання

Метою роботи є створення сучасного мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу (МРВК) як основи інтелектуальної платформи.

Щоб досягти поставлену мету, необхідно:

- розробити вимоги до мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів;
- розробити перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту.

Удосконалення мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу

Запропоновано структурну схему забезпечення надійності експлуатації колісної машини, що ґрунтується на зниженні впливу кваліфікації водія як елемента системи «водій-машина-дорожні умови» на її стійкість положення з урахуванням результатів моніторингу технічного стану (рис. 1). Для її реалізації був використаний МРВК [5, 6]. Нині розвиток електроніки й мікропроцесорної техніки дозволяє отримати якісно новий вимірювальний комплекс з широкими можливостями щодо його розвитку й модернізації.

Відповідно до проведених досліджень сучасних засобів і методів побудови вимірювальних систем реєстраційно-вимірювальний комплекс, що розробляється, повинен відповідати таким вимогам:

- ґрунтуватися на сучасній елементній базі з урахуванням подальшого розвитку мікропроцесорної техніки;
- мати низьку вартість виготовлення;
- модульний принцип побудови;
- високий ступінь мобільності, малі габаритно-вагові характеристики, незалежне від мережі колісної машини джерело живлення;
- мати можливість підключення додаткових датчиків (акселерометри, кутоміри тощо) і пристроїв фото-відеофіксації;
- мати змогу забезпечення бездротового зв'язку з базою даних на сервері за умов наявності стійкого сигналу мобільної мережі;
- мати відкриту операційну систему для подальшого вдосконалення принципів і алгоритмів роботи на основі сучасної високорівневої мови програмування.

Платформою мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу слугує одноплатний комп'ютер Raspberry Pi версії 3B+ (табл.

1). Архітектура МРВК – модульна, підтримується встановлення додаткових інерційних датчиків, пристроїв фотовідеофіксації, GPS, а також пристроїв, сумісних з USB. Операційна система – Raspbian на основі дистрибутива Debian (GNU/Linux).

Чутливим елементом МРВК є акселерометр ADXL345 (рис. 2). Діапазон вимірювання ± 16 g. Температурний режим роботи: -40 °C ... $+85$ °C [7]. Результат вимірювання віддається у вигляді 16-розрядних чисел через цифрові інтерфейси SPI / I2C. Датчик необхідно встановлювати в транспортному засобі таким чином: вісь X датчика спрямована вперед за напрямком руху, Y – праворуч, Z – униз.

Живлення системи здійснюється від акумулятора (PowerBank) ємністю не нижчою ніж 6000 мАг, можливо також живлення від стаціонарної мережі або автомобільного інвертора. Для відображення результатів використовується сенсорний екран з високою роздільною здатністю, який екрану необхідно його підключити до платформи Raspberry Pi за допомогою HDMI-кабелю, а також кабелю живлення.



Рис. 1. Структурна схема забезпечення надійності експлуатації колісної машини

Таблиця 1 – Основні технічні характеристики платформи

| Мікро-архітектура | Частота | Кількість ядер | ОЗП | GPIO | USB | Ethernet | Wi-Fi | Bluetooth |
|---------------------|---------|----------------|------|----------|---------|--------------------|----------|-----------|
| Cortex-A53 (ARM v8) | 1,4 ГГц | 4 | 1 ГБ | 40 пінів | 4 порти | Gigabit через USB2 | 802.11ac | 4.2 |

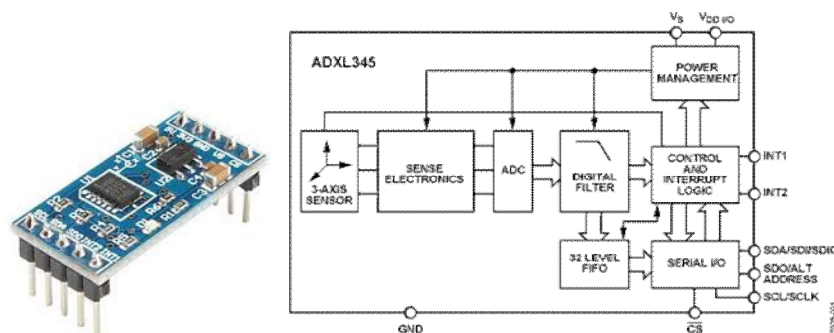


Рис. 2. Акселерометр ADXL345

Після підключення всіх модулів МРВК і завершення роботи встановника система готова до роботи. На рис. 2 представлена платформа, яка працює в мобільному режимі (бездротова передача сигналу акселерометрів на сервер, живлення здійснюється від аккумулятора PowerBank).

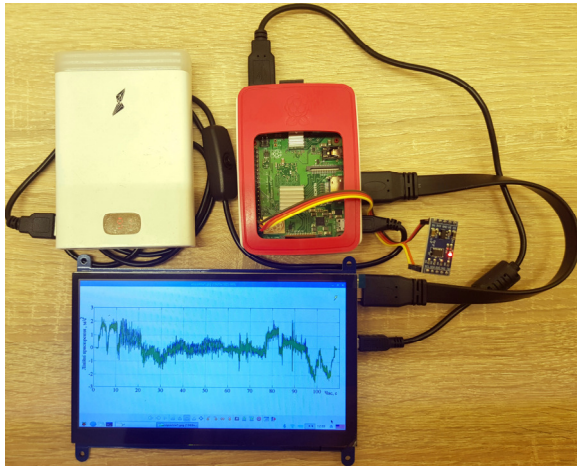


Рис. 2. Робота платформи в мобільному режимі

Програмне забезпечення МРВК – авторське, написано високорівневою мовою програмування Python (версія 3.5.3). Передбачені можливості фільтрації отриманого сигналу, записи даних на карту пам'яті, бездротової передачі даних на транспортний портал ХНАДУ.

Для запису прискорень за трьома осями необхідно запустити авторське програмне забезпечення accel2.py (рис. 3).

```

1 import time
2 import datetime
3 from appJar import gui
4
5 mytime = datetime.datetime.now().strftime('%H:%M:%S')
6 with open (mytime + '.csv', 'a') as out:
7     out.write('time;acc_X;acc_Y\n')
8
9 def acceleration():
10    from adxl345 import ADXL345
11    adxl345 = ADXL345()
12    axes = adxl345.get_axes(True)
13    app.setLabel("accX", "OX: " + str(round(9.8 * axes['x'], 2)) + " m/c2")
14    app.setLabel("accY", "OY: " + str(round(9.8 * axes['y'], 2)) + " m/c2")
15    app.setLabel("accZ", "OZ: " + str(round(9.8 * axes['z'], 2)) + " m/c2")
16
17 with open (mytime + '.csv', 'a') as out:
18     out.write((str(datetime.datetime.now().strftime('%H:%M:%S'))+';'+str(9.8*axes['x']))+';'+str(9.8*axes['y']))+';'+str(9.8*axes['z']))+';\n')
19
20 def updateMeter():
21    from adxl345 import ADXL345
22    adxl345 = ADXL345()
23    axes = adxl345.get_axes(True)
24    app.setLabel("accX", "OX: " + str(round(9.8 * axes['x'], 2)) + " m/c2")
25    app.setLabel("accY", "OY: " + str(round(9.8 * axes['y'], 2)) + " m/c2")
26    app.setLabel("accZ", "OZ: " + str(round(9.8 * axes['z'], 2)) + " m/c2")

```

Рис. 3. Авторське програмне забезпечення

МРВК починає фіксувати дані після натискання на кнопку RUN на сенсорному екрані, про що свідчить анімація в режимі реального часу (рис. 4). З цього моменту можна виконувати заїзди випробуваного транспортного засобу. Кожен запуск програми призводить до створення файлу формату csv на карті

пам'яті. Назва файлу дається за поточним часом у форматі ГГ-ХХ-СС, наприклад: 18-05-09.csv. Архівні файли зручно обробляти за допомогою будь-якого табличного процесора або текстового редактора. Авторське програмне забезпечення дозволяє змінювати налаштування МРВК у процесі його роботи (інтерфейс системи, частоту оброблення даних до 2000 разів/сек, формат архівних даних, ступінь фільтрації та ін.).

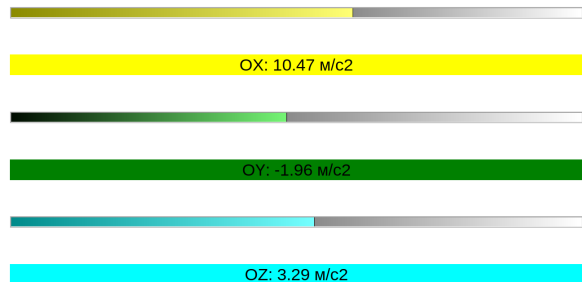


Рис. 4. Відображення сигналу акселерометра в режимі реального часу

Для подальшої автоматизації процесу управління колісною машиною було розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту (рис. 5), який дозволяє без участі водія проводити необхідні дії з її управління та забезпечення, зокрема безпеки експлуатації.



Рис. 5. Схема функціонування реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту

Подальший розвиток системи можливий у варіанті системи проактивного управління як системи динамічної стабілізації транспортних засобів.

Висновки

1. Розроблено вимоги до мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів.

2. Створено сучасний мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс як основу інтелектуальної платформи.

3. Розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту.

Література

1. Применение акселерометров в системах пассивной безопасности автомобилей / Д. Клец, А. Коробко, Я. Ревтов, Д. Безъязычный // Автомобильный транспорт: сборник научных трудов. – 2009. – Вып. 24 – С.41–44.
2. Аш Ж. Датчики измерительных систем: в 2 кн. – Москва: Мир, 1992. – 480 с.
3. Accelerometers application in the automobile dynamic testing // Active Processes in Higher Technical Education to Train Specialists for Transportation and Highway Engineering and Automobile Industry: collection of scientific works International Conference / D. Klets, A. Korobko, M. Podrigalo, E. Voronova. – Kharkiv, 2009. – P. 51–54.
4. Метрологічне забезпечення динамічних випробувань тягово-транспортних машин / М.А. Подригало, А.І. Коробко, Д.М. Клец, В.І. Гацько // Тракторна енергетика в рослинництві: Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2009. – Вип. 89. – С. 87–99.
5. Пат. 51031 Україна, МПК G01P 3/00. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М.А., Коробко А.І., Клец Д.М., Файст В.Л.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u201001136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.
6. Регистрационно-измерительный комплекс для проведения динамических испытаний мобильных машин / М.А. Подригало, А.С. Полянский, Е.А. Дубинин, Д.М. Клец, В.В. Задорожня // Транспорт, экология – устойчивое развитие: XX научно-техническая конференция с международным участием; Технический университет (Варна, 15–17 мая 2014 г.). – Варна, 2014. – С. 358–366.
7. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>.

References

1. Primenenie akselerometrov v sistemakh passivnoj bezopasnosti avtomobilej / D. Klets, A. Korobko, Ya. Revtov, D. Bez`yazy`chnyj //

- Avtomobil`ny`j transport. Sbornik nauchny`kh trudov. – 2009. – Vy`p. 24. – S.41–44.
2. Ash Zh. Datchiki izmeritel`ny`kh sistem: V 2 kn. – Moskva: Mir, 1992. – 480 s.
 3. Accelerometers application in the automobile dynamic testing // Active Processes in Higher Technical Education to Train Specialists for Transportation and Highway Engineering and Automobile Industry: sollection of scientific works International Conference / D. Klets, A. Korobko, M. Podrigalo, E. Voronova. – Kharkiv, 2009. – P. 51–54.
 4. Metrologi`chne zabezpechennya dinami`chnikh viprobuvan` tyagovo-transportnikh mashin / M.A. Podrigalo, A.I. Korobko, D.M. Klets, V.I. Gacz`ko // Traktorna energetika v roslinnicztvi`: Vi`snik KhNTUSG i`m. Petra Vasilenka. – 2009. – Vip. 89. – S. 87–99.
 5. Pat. 51031 Ukrayina, MPK G01P 3/00. Sistema dlya viznachennya parametri`v rukhu avtotransportnikh zasobi`v pri dinami`chnikh (kvali`metrichnikh) viprobuvannyakh / Podrigalo M. A., Korobko A. I., Klets D. M., Fajst V. L.; zayavnik ta patentovlasnik Kharki`vs`kij nacz. avtom.-dorozhn. uni`versitet. – № u201001136; zayavl. 04.02.10; opubl. 25.06.10, Byul. № 12.
 6. Registraczionno-izmeritel`ny`j kompleks dlya provedeniya dinamicheskikh ispy`tanij mobil`ny`kh mashin / M.A. Podrigalo, A.S. Polyanskij, E.A. Dubinin, D.M. Klets, V.V. Zadorozhnyaya // Transport, e`kologiya – ustojchivoe razvitie: XX nauchno-tekhnicheskaya konferencziya s mezhdunarodny`m uchastiem; Tekhnicheskij universitet (Varna, 15–17 maya 2014 g.). – Varna, 2014. – S. 358–366.
 7. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>.

Клец Дмитро Михайлович, д.т.н., професор, +380956490409, d.m.klets@gmail.com,

Дубінін Євген Олександрович, д.т.н., доцент, +380972239199, dubinin-rmn@ukr.net,

Холодов Антон Павлович, к.т.н., доцент, +380502063644, antonkholodov23@gmail.com,

Слинченко Ігор Вячеславович, аспірант, +380997051873, igorslynchenko@gmail.com.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Mobile registration and measuring complex for increasing and improving the operational properties of wheeled vehicles

Abstract. Requirements for a mobile registration and measuring complex for increasing and improving the safety of using wheeled vehicles have been developed, taking into account modern means and approaches, as well as a future scheme for the operation of a registration and measuring complex with elements of artificial intelligence. A modern mobile registration and measuring complex has been creat-

ed as the basis of an intelligent platform for the management and control of a wheeled vehicle. The results of the study can be used in the certification and operation of wheeled vehicles.

Key words: registration and measuring complex, modular, artificial intelligence, operation, wheeled vehicle.

Klets Dmytro, Dr.Sc.(Tech.), Professor, tel. +380956490409, e-mail d.m.klets@gmail.com,

Dubinyn Yevhen, Dr.Sc. (Tech.), Associate Professor, tel.+380972239199,

e-mail dubinyn-rmn@ukr.net,

Kholodov Anton, PhD, Associate Professor, tel.+380502063644, antonkholodov23@gmail.com

Slynchenko Ihor, Phd Student, tel.+380997051873, e-mail igorslinchenko@gmail.com.

Kharkiv National Automobile and Highway University, 61002, Ukraine, Kharkov, Yaroslava Mudrogo st, 25.

Мобильный регистрационно-измерительный комплекс для оценки и повышения эксплуатационных свойств колесных машин

Аннотация. Разработаны требования к мобильному регистрационно-измерительному комплексу для оценки и повышения безопасности использо-

вания колесных машин с учетом современных средств и подходов, а также перспективная схема работы регистрационно-измерительного комплекса с элементами искусственного интеллекта. Создан современный мобильный регистрационно-измерительный комплекс как основа интеллектуальной платформы управления и контроля колесной машины. Результаты исследования могут быть использованы при сертификации и эксплуатации колесных машин.

Ключевые слова: регистрационно-измерительный комплекс, модульный, искусственный интеллект, эксплуатация, колесная машина.

Клец Дмитрий Михайлович, д.т.н., профессор, +380956490409, d.m.klets@gmail.com,

Дубинин Евгений Александрович, д.т.н., доцент, +380972239199, dubinyn-rmn@ukr.net,

Холодов Антон Павлович, к.т.н., доцент, +380502063644, antonkholodov23@gmail.com,

Слинченко Игорь Вячеславович, аспирант, +380997051873, igorslinchenko@gmail.com.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.