

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КОЛІСНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ІНЕРЦІЙНИМИ РУШІЯМИ

Подригало Михайло Абович доктор техн. наук, професор кафедри технології машинобудування та ремонту машин

e-mail: pmikhab@gmail.com ORCID: [0000-0002-1624-5219](https://orcid.org/0000-0002-1624-5219)

Холодов Михайло Павлович канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула

e-mail: michaelkholodov@gmail.com, ORCID: [0000-0002-5098-0022](https://orcid.org/0000-0002-5098-0022)

Байцур Максим В'ячеславович канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування та ремонту машин

e-mail: maksim3103@gmail.com ORCID: [0000-0003-4935-3707](https://orcid.org/0000-0003-4935-3707)

Енергоефективність та підвищення динамічності малогабаритних транспортних засобів є важливими факторами для їх використання в умовах, де традиційні рішення не забезпечують необхідної ефективності. Використання інерційних рушіїв дозволяє значно підвищити прохідність таких транспортних засобів, особливо в складних дорожніх умовах, включаючи низьке зчеплення коліс з дорогою та наявність водних перешкод. Принцип дії інерційного рушія ґрунтується на реальних силах, що діють на вісь обертання, а не на фіктивних силах інерції, що підвищує ефективність руху. Таким чином було розроблено та проведені випробування натурної масштабної моделі колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційними рушіями (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд масштабної моделі колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційним рушієм під час випробувань

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. Використання акселерометрів грає в цьому значну роль

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. Існуючі аналоги (наприклад, CORRSYS DATRON) мають високу вартість, вітчизняні ж не дозволяють проводити ряд необхідних випробувань в дорожніх умовах: визначати аеродинамічні параметри, показники потужності колісних машин і ККД.

Запропоновано структурну схему забезпечення надійності експлуатації колісної машини, засновану на зниженні впливу кваліфікації водія як елемента системи "водій-машина-дорожні умови" на її стійкість положення з урахуванням результатів моніторингу технічного стану (рис. 4.2). Для її реалізації був використаний МРВК. В даний час розвиток електроніки і мікропроцесорної техніки дозволяє отримати якісно новий вимірювальний комплекс з широкими можливостями щодо його розвитку і модернізації.



Рисунок 4.2 - Структурна схема забезпечення надійності експлуатації колісної машини

Живлення системи здійснюється від акумулятора (PowerBank) ємністю не нижче 6000 мАг, можливо також живлення від стаціонарної мережі або автомобільного інвертора. Для відображення результатів використовується сенсорний екран з високою роздільною здатністю. Для роботи екрану необхідно його підключити до платформи Raspberry Pi за допомогою HDMI кабелю, а також кабелю живлення. Після підключення всіх модулів МРВК і завершення роботи установника, система готова до роботи.

На рисунку 4.3 представлена платформа, яка працює в мобільному режимі (бездротова передача сигналу акселерометрів на сервер, живлення здійснюється від акумулятора PowerBank).

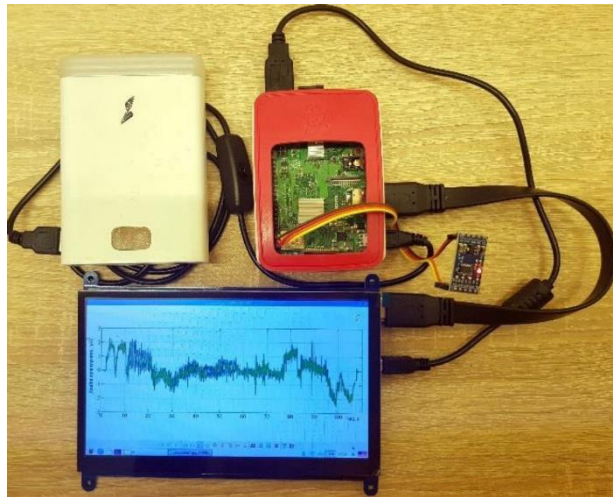


Рисунок 4.3 - Робота платформи в мобільному режимі

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. 4.4).

МРВК починає фіксувати дані після натискання на кнопку RUN на сенсорному екрані, про що свідчить анімація в режимі реального часу (рис. 4.5).

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.

```

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;acc_Z\n')
8
9 def acceleration():
10     from adxl345 import ADXL345
11     adxl345 = ADXL345()
12     axes = adxl345.get_axes(True)
13     app.setLabel("accX", "0X: " + str(round(9.8 * axes['x'], 2)) + " m/c2")
14     app.setLabel("accY", "0Y: " + str(round(9.8 * axes['y'], 2)) + " m/c2")
15     app.setLabel("accZ", "0Z: " + 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'])+';'+st
19
20 def updateMeter():
21     from adxl345 import ADXL345
22     adxl345 = ADXL345()
23     axes = adxl345.get_axes(True)
24     app.setMeter("accY" 0A ± 0 R * axes['y'])

```

Рисунок 4.4 - Авторське програмне забезпечення

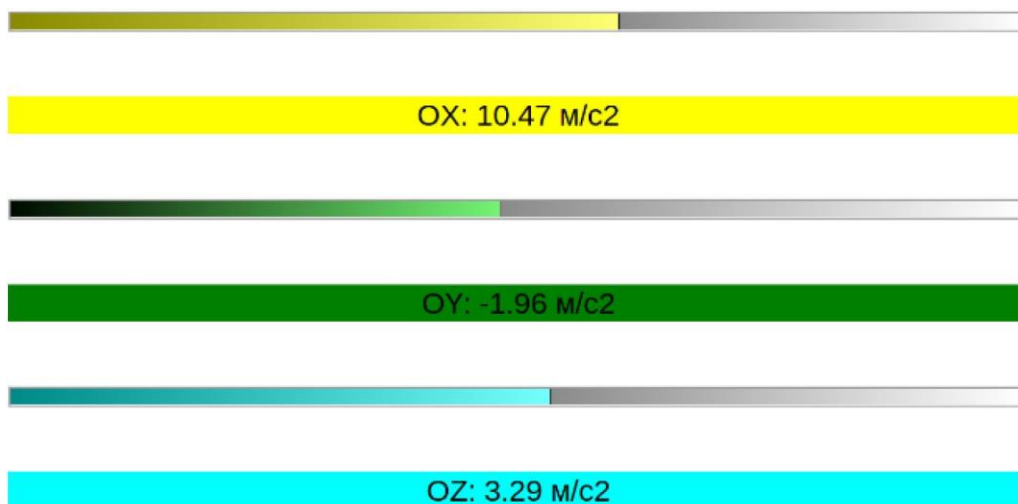


Рисунок 4.5 - Відображення сигналу акселерометра в режимі реального часу

Авторське програмне забезпечення дозволяє змінювати налаштування МРВК в процесі його роботи (інтерфейс системи, частоту обробки даних до 2000 разів/сек, формат архівних даних, ступінь фільтрації і т.і.).

Для подальшої автоматизації процесу управління колісною машиною було розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту (рисунок 4.6), який дозволяє без участі водія проводити необхідні дії з її управління і забезпечення, в тому числі, безпеки експлуатації.



Рисунок 4.6 - Схема функціонування реєстраційно - імірювального комплексу з елементами штучного інтелекту

В процесі роботи Розроблено вимоги до мобільного реєстраційно - вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів. Створено сучасний мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс як основу інтелектуальної платформи. Розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту. Подальший розвиток системи можливий у варіанті системи проактивного управління, як системи динамічної стабілізації транспортних засобів. На рисунку 4.7 показано встановлення акселерометрів на масштабній моделі, що випробовується.



Рисунок 4.7- Вимірювальний комплекс, встановлений на масштабній моделі, що випробовується (30.11.2023)

На рисунках 4.8 та 4.9 наведено результати випробувань у вигляді графіків, де наведено прискорення (m/c^2). Під час проведення заїздів було визначено, що масштабна модель малогабаритного транспортного засобу з інерціальним приводом має достатньо високу стабільність показників динамічності та керованості. Це означає фактичні властивості виготовленого масштабної моделі відповідають вимогам ефективності і надійності потрібний умов експлуатації.

Так, за результатами замірів, максимальне лінійні прискорення при розгоні становили до $20 m/c^2$. Така динаміка руху дозволить здійснювати ефективне маневрування при виконанні завдань за призначенням.

асе X

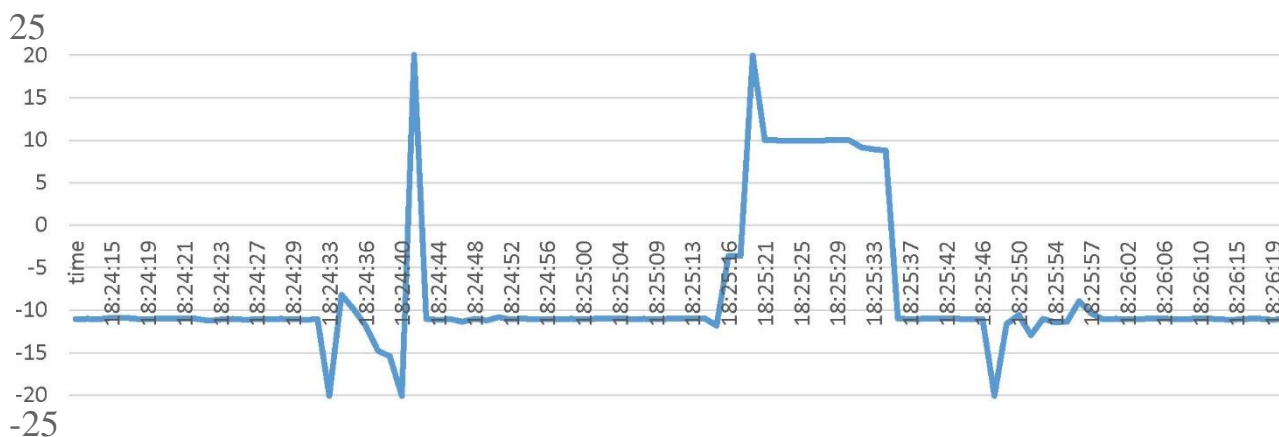


Рисунок 4.8 - Результати випробувань (прискорення за віссю X, м/с²)

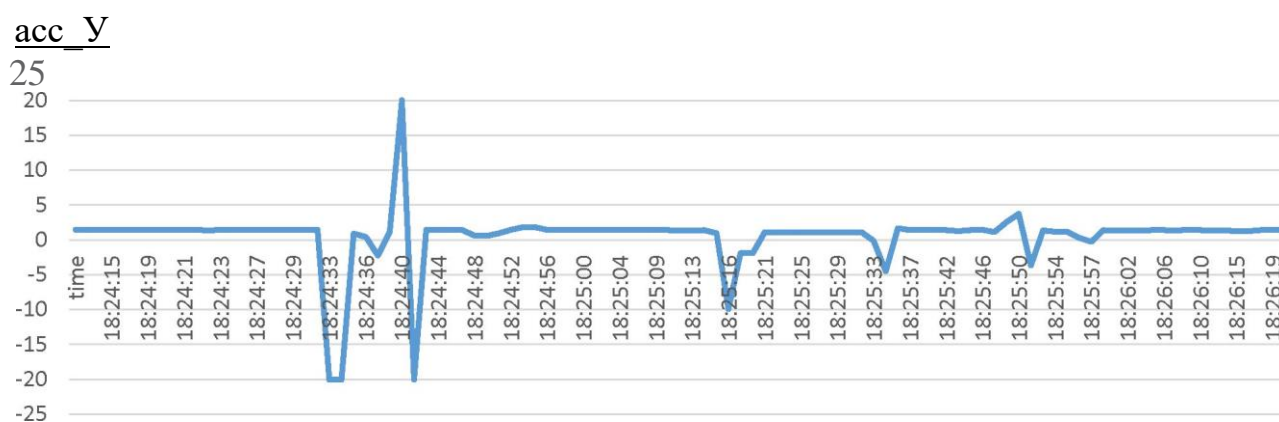


Рисунок 4.9 — Результати випробувань (прискорення за віссю Y, м/с²)

Таким чином розроблена програма випробувань оцінки відповідності фактичних показників масштабної моделі умовам енергоефективної і надійної експлуатації колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційним рушієм, що включає оцінювання динамічних властивостей розробленої масштабної моделі.

Література

1. Мобільна машина з інерційним рушієм : пат. 153555 : В62D21/00; В62M23/00. № u202300028; заявл. 04.01.2023; опубл. 19.07.2023, бюл. № 29/2023.
2. Інерцоїд : пат. 153541 : В62D21/00. № u202204244; заявл. 07.11.2022; опубл. 19.07.2023, бюл. № 29/2023.
3. Подригало М. А., Кашканов А. А., Холодов М. П., Побережний А. А. Динаміка машин з ідеальними інерціальними рушіями. ВМТ. 2021. Том 14. № 2. С. 97–102. DOI: 10.31649/2413-4503-2021-14-2-97-102