

УДК 629.43

DOI 10.36910/6775-2313-5352-2020-17-9

Захарчук В.І., Сітовський О.П., Захарчук О.В.

Луцький національний технічний університет

КОМПЛЕКС ПРИЛАДІВ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПІД ЧАС РУХУ

Для перевірки адекватності математичної моделі руху транспортного засобу за їздовим циклом є потреба в комплексі приладів для реєстрації його параметрів під час руху. В якості таких параметрів колісного трактора з газовим двигуном обрано частоту обертання колінчастого вала, розрідження у впускному колекторі, кут відкриття дросельних заслінок, швидкість руху. Розроблено апаратну частину комплексу: підібрано датчики, вибрано аналого-цифровий перетворювач (АЦП), ноутбук для опрацювання інформації, здійснено підключення датчиків до АЦП, а АЦП до ноутбука. Підібрано програму для моніторингу та запису сигналів датчиків на ноутбук. Розроблено програму для остаточної обробки отриманих даних — перетворення сигналів датчиків у величини досліджуваних параметрів. Комплекс приладів змонтований на колісному тракторі МТЗ-80 з переобладнаним з дизеля газовим двигуном. Здійснено декілька записів вибраних параметрів у дорожніх умовах.

Ключові слова: двигун, трактор, датчик, програма, перетворювач, сигнал.

Вступ. У зв'язку з вичерпністю покладів нафти на нашій планеті постає проблема пошуку альтернативних нафтопродуктам джерел енергії для автотракторної техніки. Одним з таких джерел може бути газ (природний газ – метан, або нафтовий газ– пропан-бутан). На даний широко використовується переобладнання бензинових двигунів на газові. Однак враховуючи значну частку автомобілів з дизелями постає потреба у переобладнанні дизелів на газове паливо. Це дозволить зменшити витрати на пальне, оскільки газ є дешевшим за дизельне паливо і викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Огляд та аналіз попередніх досліджень. Питанням переобладнання дизельних двигунів для роботи на газі займаються провідні світові автомобільні заводи, науково-дослідні інститути, а також виші навчальні заклади, у яких є спеціальності з автомобільним спрямуванням. Так свої розробки в даній сфері автомобільних технологій мають такі світові гіганти автомобілебудування, як Nissan, MAN, Daimler AG (колишня назва — Daimler-Benz AG) тощо. Серед наукових закладів розробкою цього питання займаються Науково-дослідний автомобільний інститут м. Дельфт (Нідерланди), Московський автодорожний інститут (Росія), Харківський національний автомобільно-дорожний університет та багато інших. Зокрема, в науково-дослідному автомобільному інституті, що в місті Дельфт (Нідерланди) було переобладнано дизель з турбокомпресором міського автобуса „Orion V[1]. В роботі [2] розглядається розробка фірми NISSAN - газовий двигун на базі рядного шестициліндрового дизеля. Конвертацією дизелів займалися німецькі фірми MAN та „Даймлер Бенц”. В першому випадку ступінь стиску зменшили з 18 до 14 одиниць, що призвело до зменшення потужності з 117,6 до 95,6 кВт. В другому випадку дизель і його газовий аналог розвивали потужність 126 кВт і відповідно крутні моменти 600 і 640 Нм [3]. У всіх випадках відмічалось зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами. В МАДИ (Росія) створено газові двигуни на базі дизелів КамАЗ. Створено газовий двигун без наддуву, який як і базовий дизель розвивав потужність 143 кВт при 2200 об/хв [4].

Вирішенням проблеми переобладнання дизеля для роботи на природному газі займаються і в нашому університеті. Так на кафедрі автомобілів та транспортних технологій Луцького національного технічного університету було проведено дослідження можливості переобладнання дизеля в газовий без суттєвих змін в конструкції базового двигуна [5]. В результаті був створений дослідний зразок переобладнаного з дизеля двигуна, що працює на стиснутому газі.

При попередньому розрахунку параметрів транспортного засобу з таким двигуном використовувалася математична модель, яка дозволяє визначити витрату палива та викиди основних шкідливих речовин за їздовий цикл. Для перевірки її адекватності було вирішено створити спеціальний програмно-апаратний комплекс, який давав би можливість вимірювати

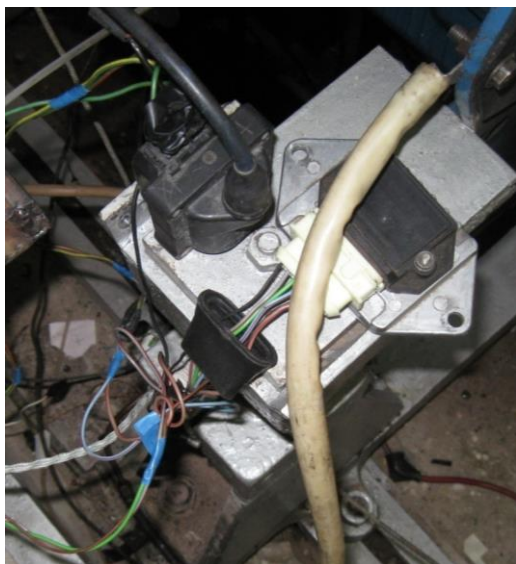
параметри дослідного зразка в режимі реального часу під час руху на змінних режимах в їздовому циклі, записувати отримані дані та робити їх остаточну обробку.

Основними параметрами, які описують роботу транспортного засобу та його двигуна, є частота обертання колінчастого вала двигуна, розрідження у впускному трубопроводі (колекторі) та кут відкриття дросельних заслінок. Маючи чисельні значення цих параметрів, а також швидкості руху транспортного засобу, можна визначити режим руху транспортного засобу і виконати перевірку математичної моделі на адекватність. Тому ці параметри повинен знімати та записувати створюваний програмно-апаратний комплекс.

Виклад основного матеріалу. Дослідна установка складається з досліджуваного двигуна, встановленого на колісному тракторі, датчиків для визначення показників цього двигуна, аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) для перетворення сигналів датчиків та персонального комп'ютера (ПК) з спеціальним програмним забезпеченням для отримання, запису та обробки сигналів, що надходять з датчиків через АЦП.

Датчики виконують функцію збору інформації про поточний стан параметрів двигуна. Сигнали з датчиків обробляються за допомогою АЦП, який перетворює аналогові сигнали датчиків у цифровий код, придатний для сприйняття програмним забезпеченням ПК. В якості ПК використовується ноутбук, мобільність якого дозволить проводити не тільки лабораторні, але й дорожні дослідження.

Аналіз параметрів двигуна і транспортного засобу, які ми будемо вимірювати та опрацьовувати за допомогою створеного програмно-апаратного комплексу, розпочнемо з частоти обертання колінчастого вала двигуна. Вона міняється в межах від 600 об/хв (холостий хід) до 2200 об/хв (на таку частоту відрегульований виконавчий механізм обмежувача максимальної частоти обертання відцентрово-вакуумного типу). Оскільки на даному двигуні встановлено електронне безконтактне запалювання з датчиком-розподільником, то визначення частоти обертання двигуна можна провести шляхом підрахунку імпульсів переривання, які надсилає датчик на котушку. Запалювання безконтактне, отже, датчик-розподільник (датчик Хола) під'єднується до котушки запалювання через комутатор системи запалювання, який перетворює імпульси датчика Хола в імпульси струму в первинній обмотці котушки запалювання. Зняття імпульсів датчика будемо проводити саме з цього комутатора. Напруга вихідного сигналу комутатора, який буде зніматися — ± 5 В. загальний вигляд комутатора показано на рисунку 1, а.

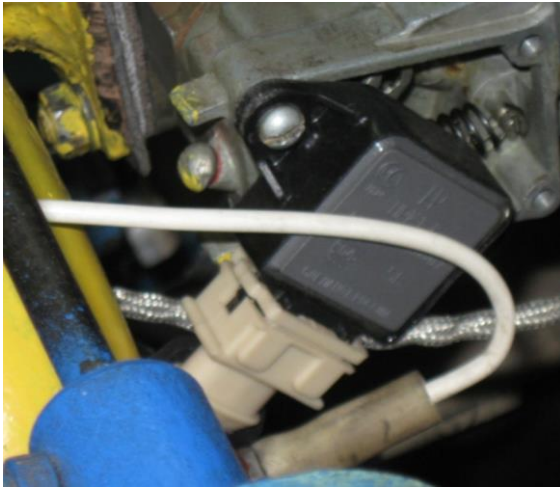


а



б

Рисунок 1 – Комутатор запалювання (а) і датчик абсолютного тиску у впускному колекторі (б)



а



б

Рисунок 2 – Датчик положення дросельної заслінки (а) і датчик швидкості руху трактора

Оскільки даний двигун чотирициліндровий чотиритактний, то повний робочий цикл в кожному з циліндрів проходить за два повних оберти колінчастого вала двигуна. Сам же робочий цикл складається з чотирьох тактів: впуску, стиснення, робочого ходу і випуску. Для рівномірності обертання колінчастого вала в таких двигунах під час роботи в кожному з циліндрів проходять різні такти робочого циклу (тобто стиснення, наприкінці якого відбувається запалювання, в даний момент часу може відбуватися тільки в одному циліндрі). Оскільки весь цикл (чотири такти) проходить за два оберти колінчастого вала, то на один оберт припадає два такти. Оскільки всі такти в кожен момент часу різні, то на один оберт припадає стиснення у двох різних циліндрах, тобто на один оберт потрібно два імпульси запалювання. Таким чином, підрахувавши кількість імпульсів комутатора і поділивши отримане число на два, отримаємо частоту обертання колінчастого вала без використання будь-яких додаткових апаратних пристроїв (датчиків, частотомірів тощо).

Розрідження у впускному колекторі коливається в межах 0,2 – 1 Бар. Для його визначення використаємо автомобільний датчик серійного виробництва, який призначений для вимірювання цього параметра. Серед аналогів стабільністю вихідного сигналу відрізняється датчик абсолютного тиску [6] в впускному колекторі MAP-sensor фірми Ford (MAP – manifold absolute pressure). Даний датчик з'єднаний вакуумним шлангом з впускним колектором. Розрідження в колекторі діє на діафрагму, переміщення якої датчик перетворює в електричний сигнал. Цей датчик має частотний вихід (на відміну від аналогічних автомобільних датчиків інших фірм, що мають вихідним сигналом напругу), тобто розрідження визначається частотою вихідного сигналу. Зовнішній вигляд датчика наведений на рисунку 1, б. В документації на датчик наводиться тарувальна характеристика – залежність розрідження від вихідної частоти датчика. Напруга вихідного сигналу датчика — ± 5 В. Живлення датчика здійснюється від крони напругою 9 В.

Для визначення кута відкриття дросельної заслінки також використовується серійний автомобільний датчик фірми Opel. Цей тип автомобільних датчиків називається TP-sensor (TP - throttle position). Зовнішній вигляд датчика наведено на рисунку 2, а. Цей датчик є потенціометричним за своїм принципом дії. Він має три виводи. До одного з них підводиться напруга живлення, другий вивід заземлений, а з третього, з'єднаного з повзунком потенціометра, знімається напруга, пропорційна куту відкриття заслінки. Значення даного параметра коливаються в межах 0 – 90°. Оскільки вихідний сигнал датчика залежить від напруги живлення та особливості позиціонування самого датчика на двигуні, то при перестановці його на інший двигун потрібно провести його тарування. Після встановлення даного датчика на дослідну установку було проведено його тарування, внаслідок якого було

знайдено залежність кута відкриття дросельної заслінки від вихідної напруги датчика. Тарування датчика проводилось шляхом встановлення дросельної заслінки на певний кут по трафарету і записом вихідного сигналу датчика. Живлення датчика – крона 9 В.

Для визначення частоти обертання колеса використовується датчик індукційного типу (датчик Холла), аналогічний датчику системи запалювання. Цей датчик складається з двох частин — постійного та електромагніта, які розділені повітряним проміжком [7]. При введенні у цей проміжок металевої пластини рівень вихідного сигналу падає, а при виведенні пластини – зростає. Внаслідок цього вихідний сигнал датчика — це частотний сигнал з імпульсами прямокутної форми. В якості металевої пластини ми використали металевий диск із зубцями прямокутної форми. Диск встановлюється на осі обертання ведучого колеса, а сам датчик – нерухомо на корпусі транспортного засобу. При обертанні колеса обертається диск, зубці якого заходять в повітряний проміжок датчика Холла. Таким чином на виході датчика отримується сигнал прямокутних імпульсів, частота яких залежить від частоти обертання колеса. При дорожніх випробуваннях на транспортному засобі (тракторі) використано диск з 12 зубцями, оскільки частота обертання колеса трактора незначна порівняно з частотою обертання колінвала двигуна. Збільшення кількості зубців дозволяє збільшити точність вимірювання. Зовнішній вигляд датчика при дорожніх вимірюваннях показано на рисунку 2, б.

Аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) призначений для перетворення аналогових сигналів, що надходять з датчиків, в цифрові сигнали, які придатні для прийому та запису на ПК. На даний час існує велике різноманіття плат АЦП. Ми вибрали досить розповсюджену, відносно недорого та досить надійну плату АЦП E14-140 (далі – просто E-140) фірми L-Card.

Багатоканальний 14-ти розрядний АЦП модуля E-140 дозволяє працювати з 16-ма диференціальними або 32-ма каналами із загальною землею. Кожен із аналогових сигналів підключається до АЦП через програмно керований аттенюатор, який дозволяє задавати один з чотирьох діапазонів вимірювання напруги. Модуль E-140 забезпечує безперервний збір аналогових даних на частотах дискретизації АЦП від 0,122 до 100,0 кГц. Наявність спеціального входу-виходу синхронізації дозволяє з'єднати декілька плат E-140 за допомогою цих ліній по схемі «один ведучий — один чи декілька ведених», дозволяє апаратно засинхронізувати моменти старту АЦП в декількох модулях E-140. Незалежно від чисто апаратного способу синхронізації, в E-140 наявний окремий вхід програмного переривання контролера.

Цифровий ввід-вивід представлений у вигляді 16 вхідних і 16 вихідних цифрових ТТЛ-сумісних ліній. Цифрові виводи за бажанням користувача можуть бути переведені у третій стан.

Малі габаритні розміри модуля E-140 і використання широко розповсюдженого інтерфейсу USB робить даний пристрій зручним для організації польових вимірювань, які потребують високої степені мобільності.

Специфікація USB дозволяє як «гаряче» підключення пристроїв до шини USB, з їх автоматичним розпізнанням, так і ввімкнення ПК з вже підключеним зовнішнім модулем. Для забезпечення роботоздатності модуля E-140 в операційній системі Windows98/2000/XP необхідно встановити відповідний драйвер. Шина USB дозволяє користувачу працювати з периферійними пристроями в режимі Plug&Play. Ініціалізація програмних драйверів шини здійснюється операційною системою після розпізнання нового пристрою. При самому першому підключенні модуля E-140 до ПК операційна система дасть запит на файли драйвера для підключеного модуля. Користувачу потрібно вказати розміщення файлу *ldevusb.inf*, що знаходиться на установочному диску. У випадку вдалої ініціалізації інформація про драйвер буде занесена в реєстр Windows, і при повторних сеансах роботи пристрій буде ініціюватися автоматично. У випадку необхідності слід провести перезавантаження ПК. Також необхідною умовою роботи E-140 є наявність файлу DLL бібліотеки *lusbapi.dll* в системній папці Windows. Для цього потрібно скопіювати даний файл з установочного диска в системну папку операційної системи.

Оскільки напруга вихідних сигналів датчиків та сигналу з комутатора системи запалювання лежать в межах допустимих робочих вхідних напруг, то підключення датчиків та комутатора здійснюється безпосередньо до АЦП. Датчики підключаємо за диференціальною схемою, оскільки при підключенні за однофазною схемою зі спільною землею AGND з'являється помітний взаємовплив сигналів з різних датчиків між собою, що створює перешкоди для отримання точного сигналу (особливо для сигналу положення дросельної

заслінки, де кут відкриття визначається не по частоті вихідного сигналу датчика, а по його напрузі). Для запису та обробки даних, отриманих з датчиків, використовується ПК. Для більшої зручності під час проведення лабораторних випробувань та можливості проведення дорожніх випробувань доцільніше використовувати ноутбук. Головним критерієм вибору ноутбука є тактова частота процесора та об'єм оперативної пам'яті, оскільки при записі сигналів протягом тривалого часу саме ці параметри визначають тривалість запису та частоту дискретизації АЦП. Ми використовували ноутбук (рис. 3) на базі процесора Intel Core Dual з тактовою частотою 1,66 GHz з об'ємом оперативної пам'яті 2 Gb. Операційна система — Microsoft Windows XP SP2. АЦП підключається до ноутбука через інтерфейс USB.

Оскільки наш АЦП виробництва фірми LCard, яка пропонує готове програмне забезпечення (ПЗ) для роботи із пристроями, то вибираємо програму LGraph 2, яка має ширші функціональні можливості [8]. Програма LGraph 2 призначена для реєстрації, перегляду і збереження в цифровому вигляді аналогових сигналів, поданих на входи різноманітних пристроїв збору даних виробництва ZAT LCard.

Програма розрахована на роботу в середовищі Windows XP. Ми використовували програму LGraph 2 версії 2.12. Після встановлення LGraph 2 та підключення АЦП до ПК при першому запуску програми потрібно вибрати модуль АЦП, з яким буде працювати програма.



Рисунок 3 – Реєструюча апаратура (ноутбук і АЦП) в кабіні трактора МТЗ-80

Оскільки сигнали, записані з АЦП, безпосередньо не відображають значення досліджуваних параметрів, то для отримання цих значень потрібно розробити програмне забезпечення для остаточної обробки отриманих даних. Дану програму розроблено в середовищі програмування Delphi 7.

Створена програма носить умовну назву Calc&Graph. Дана програма складається з трьох модулів, один з яких є головним (Unit1) – він виконує завантаження, обробку та збереження сигналів, два інших (Unit2 і Unit3) є допоміжними і служать для графічного відображення графіків вхідних і вихідних даних програми.

Програму LGraph 2, яка здійснює комутацію АЦП з ПК, дозволяє в режимі реального часу спостерігати за значеннями досліджуваних параметрів та їх зміною, а також проводити запис сигналів датчиків із подальшим збереженням цих записів на жорсткому диску ПК і експортом цих записів у текстовий файл та графіків цих записів у графічний файл bmp. В доповнення до цієї програми був розроблений власний програмний продукт, який здійснює остаточну специфічну обробку отриманих даних. Розроблена програма Calc&Graph дозволяє завантажувати і опрацьовувати файли будь-якої величини (обмеження накладають лише апаратні можливості конкретного ПК), будувати графіки завантажених сигналів та оброблених даних, зберігати результати своєї роботи у текстовий файл для подальшого дослідження та обробки.

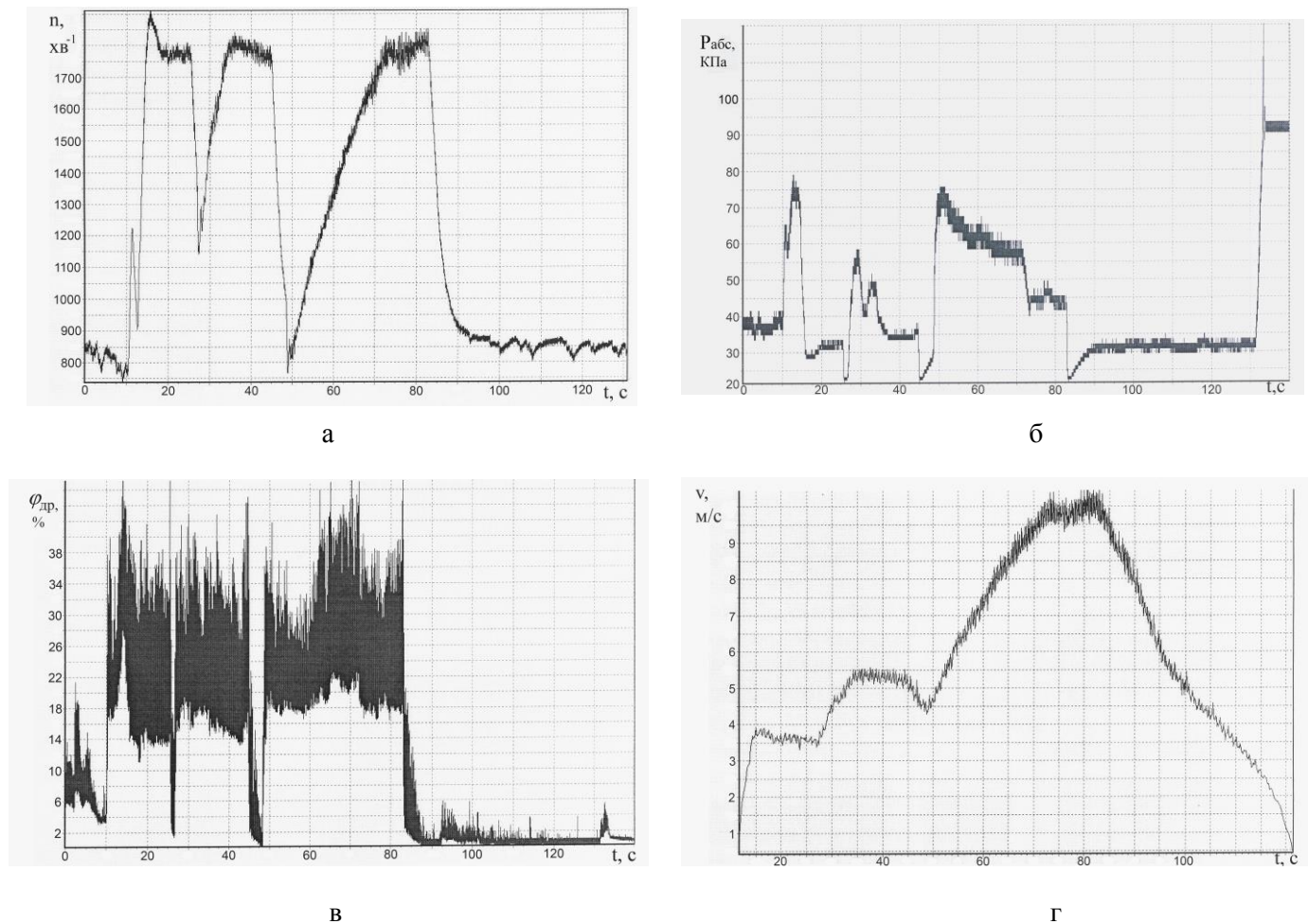


Рисунок 4 – Діаграми зміни параметрів колісного трактора при русі за їздовим циклом (а)- частота обертання колінчастого вала; (б)- розрідження у впускному колекторі; (в)- кут відкриття дросельних заслінок; (г)- швидкість трактора.

За розробленою технологією переобладнано колісний трактор МТЗ-80 для роботи на скрапленому газі. Було переобладнано дизель трактора в газовий двигун з іскровим запалюванням та встановлено балон для пропан-бутану. Трактор було випробувано при виконанні транспортної роботи. Трактор було оснащено датчиками і при русі трактора за їздовим циклом з переключенням передач транспортного ряду з 6-ї на 8-к та на 9-у на ноутбук безперервно записувались значення частоти обертання колінчастого вала, кут відкриття дросельних заслінок, абсолютний тиск у впускному колекторі та швидкість трактора (рис. 4), вимірювалась витрата палива.

Висновки. Виконана робота є основою для подальшої наукової роботи в даному напрямку. Створений реєстраційний комплекс можна використати для перевірки адекватності математичної моделі, за якою проводились попередні розрахунки показників транспортного засобу. Перевірка її адекватності дасть можливість не лише її використання для оцінки доцільності переобладнання дизельних двигунів у газові за запропонованою кафедрою автомобілів нашого університету методикою, але й створити за допомогою комп'ютерної техніки імітаційну модель руху транспортного засобу, яка б моделювала в режимі реального часу роботу двигуна та визначала його основні параметри та параметри транспортного засобу в цілому.

Інформаційні джерела

1. Kamel M.M. Duggal V.K. Cummins B5.9G Natural Gas Engine. NGV'14 International Conference. Toronto, Ontario, Canada.
2. Yutaka Takada, Hiroshi Matsuda, Kahachi Iioka. Development of an Urban Bus with a Turbocharger and Aftercooled Lean – Burn CNG Engine for low Emissions. NGV'14 International Conference. Toronto, Ontario, Canada.

3. Газобалонные автомобили/ Е.Г.Григорьев, Б.Д.Колубаев, В.И.Ерохов и др.— М.: Машиностроение, 1989.— 216 с.
4. Луканин В.Н., Хачиян А.С., Кузнецов В.Е., Федоров В.М. Сравнительный анализ способов конвертации жидкотопливных двигателей в двигатели, питаемые природным газом // Экология двигателей и автомобиля: Сборник научных трудов.— М.: Изд. НАМИ, 2001.— с. 97–103.
5. Матейчик В.П., Яновський В.В., Захарчук В.І., Сітовський О.П., Козачук І.С. Дослідження газового двигуна з іскровим запалюванням, переобладнаного з дизеля // Автошляховик України. — № 4. — 2008.
6. Литвиненко В.В., Майструк О.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. — М.: КЖИ «За рулем», 2004.
7. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход: Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2004.
8. LGraph2: Руководство пользователя. — М., 2008.
9. Кэнтю М. Delphi 7: Для профессионалов. — СПб.: Питер, 2004.

Zakharchuk V.I., Sitovsky O.P., Zakharchuk O.V.

Lutsk National Technical University

COMPLEX OF DEVICES FOR REGISTRATION OF VEHICLE PARAMETERS DURING MOVEMENT

To verify the adequacy of the mathematical model of vehicle movement on the driving cycle, there is a need for a set of devices to register its parameters while driving. As such parameters the wheeled tractor with the gas engine the frequency of rotation of a cranked shaft, rarefaction in an inlet collector, an angle of opening of throttle valves, speed of movement is chosen. The hardware part of the complex has been developed: sensors have been selected, an analog-to-digital converter (ADC), a laptop for information processing have been selected, sensors have been connected to the ADC, and the ADC to the laptop. A program for monitoring and recording sensor signals on a laptop has been selected. A program has been developed for the final processing of the obtained data - the conversion of sensor signals into the values of the studied parameters. The set of devices is mounted on a wheeled tractor MTZ-80 with a gas engine converted from a diesel engine. Several recordings of selected parameters in road conditions were made

Key words: engine, tractor, sensor, program, converter, signal.

Захарчук В.І., Сітовський О.Ф., Захарчук О.В.

Луцький національний технічний університет

КОМПЛЕКС ПРИБОРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ВО ВРЕМЯ ДВИЖЕНИЯ

Для проверки адекватности математической модели движения транспортного средства по ездовым циклам есть потребность в комплексе приборов для регистрации его параметров во время движения. В качестве таких параметров колесного трактора с газовым двигателем избрано частоту вращения коленчатого вала, разрежение во впускном коллекторе, угол открытия дроссельных заслонок, скорость движения. Разработано аппаратную часть комплекса: подобрано датчики, выбрано аналого-цифровой преобразователь (АЦП), ноутбук для обработки информации, осуществлено подключение датчиков к АЦП, а АЦП к ноутбуку. Подобрано программу для мониторинга и записи сигналов датчиков на ноутбук. Разработана программа для окончательной обработки полученных данных - преобразование сигналов датчиков в величины исследуемых параметров. Комплекс приборов смонтирован на колесном тракторе МТЗ-80 с переоборудованным с дизеля газовым двигателем. Осуществлено несколько записей выбранных параметров в дорожных условиях.

Ключевые слова: двигатель, трактор, датчик, программа, преобразователь, сигнал.