

УДК 629.113(07):004.01:004.04

Каганюк О.К., к.т.н., Сопіжук Р.В.

Луцький національний технічний університет

## РОЗРОБКА АПАРАТНО - ПРОГРАМНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОКОНТРОЛЕРА ELM327

**Каганюк О.К., Сопіжук Р.В.** Розробка апаратно-програмного вимірювального комплексу для діагностики та дослідження технічного стану двигунів внутрішнього згорання за допомогою мікроконтролера ELM327. В даній статті розглядається питання розширення можливостей діагностики технічного стану двигунів внутрішнього згорання шляхом автоматизації вимірювання тиску в циліндрах двигуна внутрішнього згорання. Задача вирішується за використанням датчиків тиску, мікроконтролеру та персональної обчислювальної машини.

**Ключові слова:** Датчик тиску, двигун внутрішнього згорання, мікроконтролер elm 327, обчислювальна машина.

**Каганюк А.К., Сопіжук Р.В.** Разработка и исследование аппаратно – программного измерительного комплекса для диагностики и исследования технического состояния двигателей внутреннего сгорания с помощью микроконтроллера ELM327. В данной статье рассматриваются вопросы расширения функциональных возможностей диагностики технического состояния двигателей внутреннего сгорания путем автоматизации измерения давления в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания. Поставленная задача разрешается путем использования датчиков давления, микроконтроллера и персональной вычислительной машины.

**Ключевые слова:** Датчик давления, двигатель внутреннего сгорания, микроконтроллер elm 327, вычислительная машина.

**Kaganjuk A.K., Sopiuk R.V.** Development and research of hardware - software measuring complex for the diagnosis and study the technical combustion engines by means of microcontroller ELM32. This article discusses the issues of expanding the functionality of diagnosing the technical condition of the engines internal zgoraniya by automating the measurement of pressure in the cylinders of an internal zgoraniya. Postavlenaya problem is resolved by the use of pressure sensors, a microcontroller and a personal computer.

**Keywords:** pressure sensor, microcontroller elm 327 computer.

Забезпечення якості машин неможливе без широкого використання на всіх стадіях їхнього життєвого циклу технічних засобів діагностування. Широка номенклатура машинобудівної продукції, велике число вимірюваних діагностичних параметрів, роблять особливо актуальним реалізацію різних алгоритмів та пристроїв діагностування.

**Актуальним питанням стає** технічна діагностика автомобільного транспорту яка являє собою своєрідним індикатором і гарантом якості та надійності нової техніки, тому її застосування у світі з кожним роком зростає.

У процесі експлуатації автомобілів поступово знижується ефективна потужність і збільшується питома витрата палива і виникає **проблема ефективної діагностики технічного стану двигуна.**

Сучасні інформаційні технології, завдяки спрощеній системі програмування мікроконтролерів, суттєво спростили вирішення задач з вимірювання фізичних величин, надавши можливість їх застосування широким колом спеціалістів різних галузей. Це дозволяє розширити коло задач для мікроконтролерів. Однією із таких задач є застосування мікроконтролерів для діагностики двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Важливим і відповідальним вузлом ДВЗ є циліндро-поршнева група (ЦПГ). Втрата компресії, відхилення її від норми в різних циліндрах приводить до швидкого зносу ЦПГ. Для діагностики стану ЦПГ застосовуються пристрої вимірювання компресії (компресометри). Однак компресометр не дає достатньої інформації для детальної діагностики стану ЦПГ двигуна. Так як зниження компресії може бути викликано не тільки зношенням гільз циліндрів, поршнів, компресійних кілець, але й іншими різнобічними причинами, основними з яких є: порушення теплових зазорів в клапанному механізмі, зношення направляючих втулок клапанів, прогар клапана чи поршня, негерметичність впускних (випускних) клапанів, дефекти прокладки головки блоку циліндрів, закоксування поршневих кілець та інше. Для отримання повної діагностичної інформації ЦПГ необхідно мати залежності зміни тиску в камері згорання від кута повороту колінчатого валу.

**Аналізуючи характер залежності** можна провести детальне діагностування ДВЗ.

В літературі викладено питання щодо проведення тесту ДВЗ на падіння тиску в камері згорання шляхом локалізації місця із слабкою герметизація і за цим по таблиці визначення

дефектної деталі. Аналіз зміни тиску на протязі робочого циклу ДВЗ не здійснюється, результат вимірювання не реєструється і не може бути використаний для прогнозування технічного стану ДВЗ, планування його капітального ремонту.

В літературі представлено програмно-технічний комплекс на базі багатоканального пристрою вводу-виводу та обробки аналогової і цифрової інформації – багатофункціональної плати збору даних L-783 виробництва ЗАО "Л-Кард" (Росія). Описаний вимірювальний комплекс є універсальним та використовується сумісно із програмним продуктом PowerGRAPH як для проведення науково-дослідних робіт в напрямку удосконалення робочого процесу ДВЗ, так і для проведення циклу лабораторних занять, з метою придбання студентами практичного досвіду та закріплення теоретичного матеріалу. Проте для вирішення завдання технічної діагностики ЦПП потрібно удосконалення його програмного забезпечення, доступ до якого закритий.

Мета даної роботи є поліпшення функціонально-якісних показників діагностичного обладнання двигунів внутрішнього згорання за рахунок розробки апаратно-вимірювального комплексу контролю встановлення тиску у камері спалення.

**Викладення основного матеріалу.** Стан сучасної елементної бази і обчислювальної техніки визначає, що найбільш раціональною побудовою вимірювальних систем у складі лабораторних установок є апаратно-програмні вимірювальні комплекси (АПВК), або автоматизовані системи перевірки тиску

у камері спалення які задовольняють наступним умовам:

- використовують стандартну елементну базу;
- використовують стандартні інтерфейси і протоколи;
- мають зручний, наочний і "інтуїтивно наочний" графічний інтерфейс користувача;
- автоматично передають і обробляють інформацію.

Для задоволення перерахованих вище вимог АПВК доцільно будувати на основі персональної обчислювальної машини, до якої підключаються вимірювальні пристрої через стандартні роз'єми.

Виходячи з того, що процес наповнення камери спалення, в залежності від розміру припустимої площі поперечного перерізу, у першому періоді триває 0,4 від швидкості обертання колінчатого валу. Тому, для вимірювання динамічних характеристик достатня швидкодія датчика тиску становить не більше 0,1 с, а швидкодія вимірювального пристрою – на порядок вище - 0.01 с [1,2].

Для забезпечення одночасного вимірювання параметрів у кожній камері спалення, необхідно розмішувати не менше 4-х, а якщо буде потреба збільшення числа вимірів, до 8 датчиків з динамічним діапазоном не менш 50 дБ і часовим інтервалом не більше 0,5 мс (виходячи із максимальної швидкості наповнення камери спалення). Для виконання цієї умови необхідно мати 8-ми каналний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) не менш 9 розрядів (виходячи із похибки вимірювання тиску не більше 10% для інженерного розрахунку) з тактовою частотою більше 2 кГц. При цьому швидкість передачі даних повинна бути не менше 126 кБит/с [3]. Таку швидкість передачі даних у ПЕОМ можна забезпечити по інтерфейсу USB. Обробку і відображення інформації можна здійснити за допомогою ПЕОМ. Структура варіанту АПВК показана на рисунку 1.

До складу АПВК необхідно включити:

- не менше чотирьох датчиків тиску, підключених до кожної камери спалення (рис.1.) з буферним підсилювачем швидкодією не більше 0,1 с.
- мікроконтролер, що включає в себе: комутатор, 8-каналний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) із цифровим сигнальним процесором (ЦСП) і комплектом кабелів сполучення;
- автоматизоване робоче місце (АРМ), що включає ПЕОМ з програмним забезпеченням.

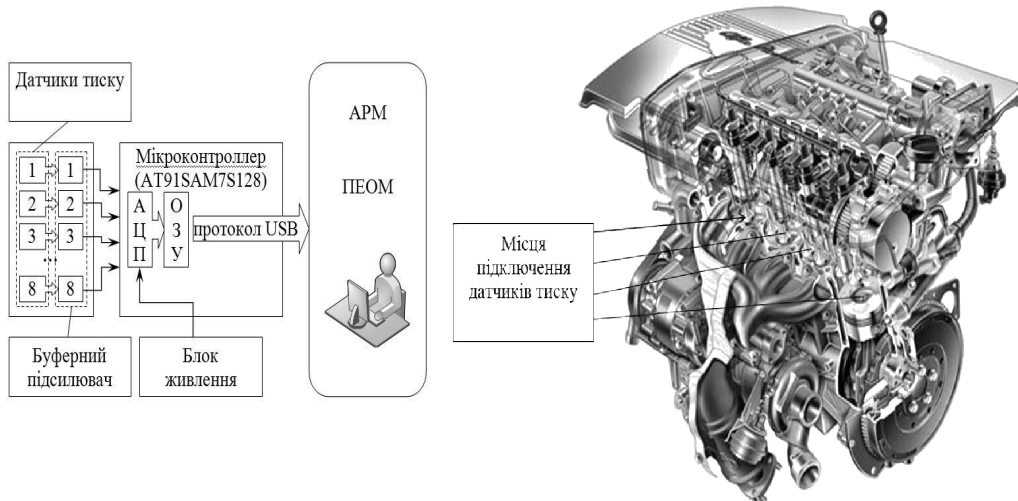


Рис. 1 – Схема апаратно-програмного вимірювального комплексу та схема розміщення датчиків тиску на двигуні внутрішнього згоряння

Для отримання кривої зміни тиску в циліндрі необхідно прогріти двигун до робочої температури, встановити в досліджуваній циліндр датчик тиску замість вивернутою свічки, а високовольтний провід цієї свічки встановити на розрядник. У випадку, коли двигун оснащений єдиним модулем запалювання на всі циліндри, можна зняти модуль і встановити додаткові високовольтні дроти між його виводами і свічками, дотримуючись при цьому запобіжних заходів. Якщо можливо, відключити роз'єм від форсунки циліндра, що діагностується, щоб виключити подачу палива. Синхронізацію при знятті кривої зміни тиску краще використовувати зовнішню, від датчика першого циліндра. Запустити двигун і зняти криву зміни тиску.

Програма виконує наступні завдання: відображає у вигляді часових графіків тиск у кожній камері спалення одночасно, вимірює часові та амплітудні параметри, запам'ятовувати отримані результати у файл, керує роботою мікроконтролера AT91SAM7S128 [4, 5].

Спочатку оператор встановлює параметри АЦП. Зовнішній вигляд діалогового вікна на Рис.2. Оператор встановлює навпроти позиції "Коеф.дел" встановлює коефіцієнт ділення, може встановити інший тактовий генератор, включити або виключити відповідні канали АЦП, встановити розрядність АЦП 10 розрядів або 8 разрядів. Після встановлення оператор повинен натиснути кнопку "Применить", після чого з'являється значення частоти АЦП напроти строчки "Частота АЦП". Для встановлення коефіцієнту множення амплітуди (рис. 2.) спочатку необхідно провести калібрування. Для калібрування у графі

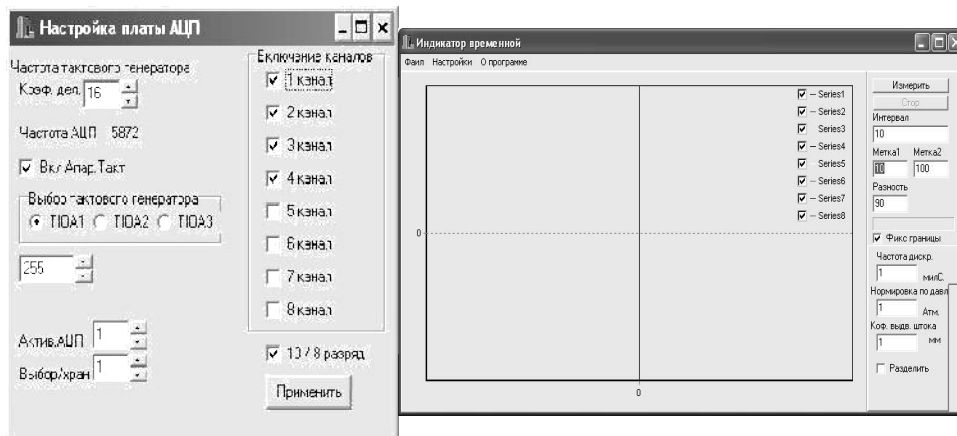


Рис. 2 – Зовнішній вигляд діалогового вікна налаштування параметрів АЦП для блоку перетворень та зовнішній вигляд основного інтерфейсу програми

“Нормировка по давлению” встановлюється одиниця. Після виміру отримуємо на екрані криву встановленого тиску. Максимальне значення у байтах та значення по манометру запам'ятовуються а потім знаходиться їх співвідношення. Це значення потім записується у графу “Нормировка по давлению”. В подальших вимірюваннях значення амплітуди буде відповідати значенням у атмосферах або у МПа.

Процес з'єднання з зовнішнім блоком перетворення можливо проконтролювати у вікні “Интерфейс работы с АЦП”. Зовнішній вигляд інтерфейсу програми зображено на рис. 3. Після натискання кнопки “Пуск” у нижньої частині вікна з'являється посилання програми про підключення або відключення пристрою.

Початок перетворення починається з натискання кнопки “Измерить” рис.3. Кількість вимірювань встановлюється у графі “Интервал”. Після накопичення заданого інтервалу з'являється графік встановлення тиску, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 3.

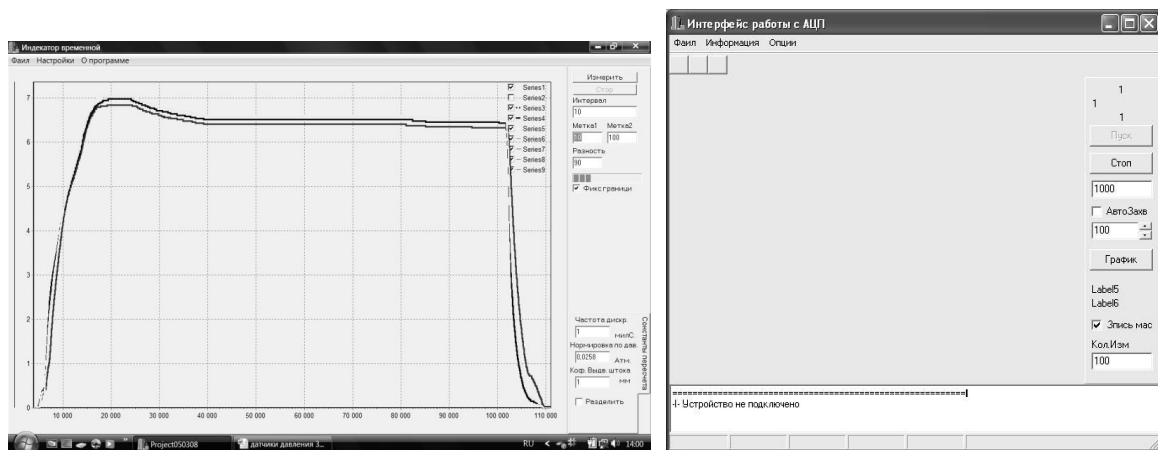


Рис 3 – Зовнішній вигляд процесу встановлення тиску та зовнішній вигляд інтерфейсу роботи з зовнішнім блоком перетворення

Після отримання кожного вимірювання оператор запам'ятовує отриманий графік натисканням “Файл” → “Сохранить png”. Це дає змогу у подальшому використовувати отримані результати вимірювань для проведення досліджень.

Отримання значень на графіку здійснюється за допомогою вертикальних ліній які знаходяться зліва на початку графіку. За допомогою курсору ці лінії встановлюються у заданих місцях оператором. Під підписами “Метка 1” та “Метка2” з'являються значення положення вертикальних ліній. У графі “Разность” автоматично розраховується відстань між двома вертикальними лініями. Таким чином здійснюється вимірювання часових параметрів перехідного процесу у камері спалення. На осі отриманого графіку відображається значення тиску. Графік встановлення тиску у кожній камері спалення має свій колір, та підписується у верхньому правому куті словами “Series1”. Напроти кожної назви графіку “Series...” є галочка, яка дозволяє включити або виключити відображення відповідного графіку. Таким чином можливо окремо розглядати кожний графік встановлення тиску у кожній камері спалення.

### Діагностичний адаптер OBD-II ELM327

За допомогою ELM327 ви самі зможете провести діагностику двигуна вашого автомобіля! Тепер не потрібно втрачати час для поїздки на СТО, не треба витратити гроші кожен раз, коли у вас загорілася лампочка перевірте двигун або несправний який-небудь датчик! У 80% випадках проблема несуттєва і вирішувана в домашніх умовах. За допомогою цього сканера ви самі дізнаєтеся причину неполадки і зможете видалити цю помилку! Враховуючи вартість послуг з комп'ютерної діагностики на СТО, даний прилад окупається за кілька разів!

Підходить до всіх автомобілям із США з 1996 року (не має значення



виробник). І до всіх автомобілів з європейського ринку бензин з 2001 року, дизель з 2004 року; Але часто може підійти і до автомобілів з Європи старше 2001! Наприклад багато моделей Volvo, SAAB, Jaguar, Porsche, Lancia, Alfa Romeo, Fiat, Opel з Європи підтримують цей авто сканер з 1996 року. Можливості діагностичного адаптера ELM 327 не залежить від виду підключення (COM, USB або Bluetooth).

Цим він і заманює - один адаптер і багато машин. Та ще й програму можна використовувати одну. Зустрічаються винятки, звісно, коли адаптер не може прочитати машину. Найчастіше це трапляється через те, що машина не підтримує OBD-II. Але це все-таки виняток.

#### Можливості даного діагностичного адаптера:

- Читає помилки
- Стирає помилки
- Показує витрата палива
- Виводить параметри систем і датчиків автомобіля в реальному часі:
  - (приклади)
  - Обороти двигуна
  - Навантаження двигуна
  - Температура охолоджуючої рідини
  - Стан паливної системи
  - Швидкість руху автомобіля
  - Короткостроковий витрата палива
  - Довгостроковий витрата палива
  - Абсолютний тиск повітря
- Випередження запалювання
- Температура всмоктуваного повітря
- Масова витрата повітря
- Положення дросельної заслінки
- Лямбда-зонд
- Тиск палива тощо.
- Будує графіки
- Виводить інформацію про автомобіль
- Замірявся час розгону і потужність
- Лічильник часу розгону: від 0 до 100 км / год
- Робить стоп кадр
- Записує дані
- Експорт даних і роздруківка

Софта в мережі досить багато, платні, безкоштовні додатки, тріольні, ламані. Але по істині заслуговують обговорення всього одна, дві програмки. Я напевно не відзначився оригінальністю, якщо напишу, що сама «багата» програма це Torque Pro, благо у нас є умільці які зламали цю програмку і вона може нам дістатися безкоштовно, завантажити її і почитати про неї можна на [4pda.ru](http://4pda.ru) в темі Torque Pro (OBD2 / автомобіль), так само можна було б розглянути ще пару програм таких як DashCommand, HobDrive і OBD DROIDSCAN PRO, але робити цього не буду, так як невеликий розповідь про Torque буде достатній.

Прив'язка пристрою проходить за лічені секунди, тільки не забуваємо в настройках Bluetooth виставити «Видимість для всіх». І ось після закінчення пари секунд вводимо той самий пароль який у багатьох не проходить, але у мене все нормально, паролем служить 4-х значне число тисячу двісті тридцять чотири. При закусці Torque, програма попросить дозвіл на підключення GPS для вимірів швидкості і місцезнаходження. Більш детальну інструкцію можна погортати на сайті [elm327.ucoz.ru](http://elm327.ucoz.ru). Ну а я спробую трохи розповісти про функціонал і корисності програми.



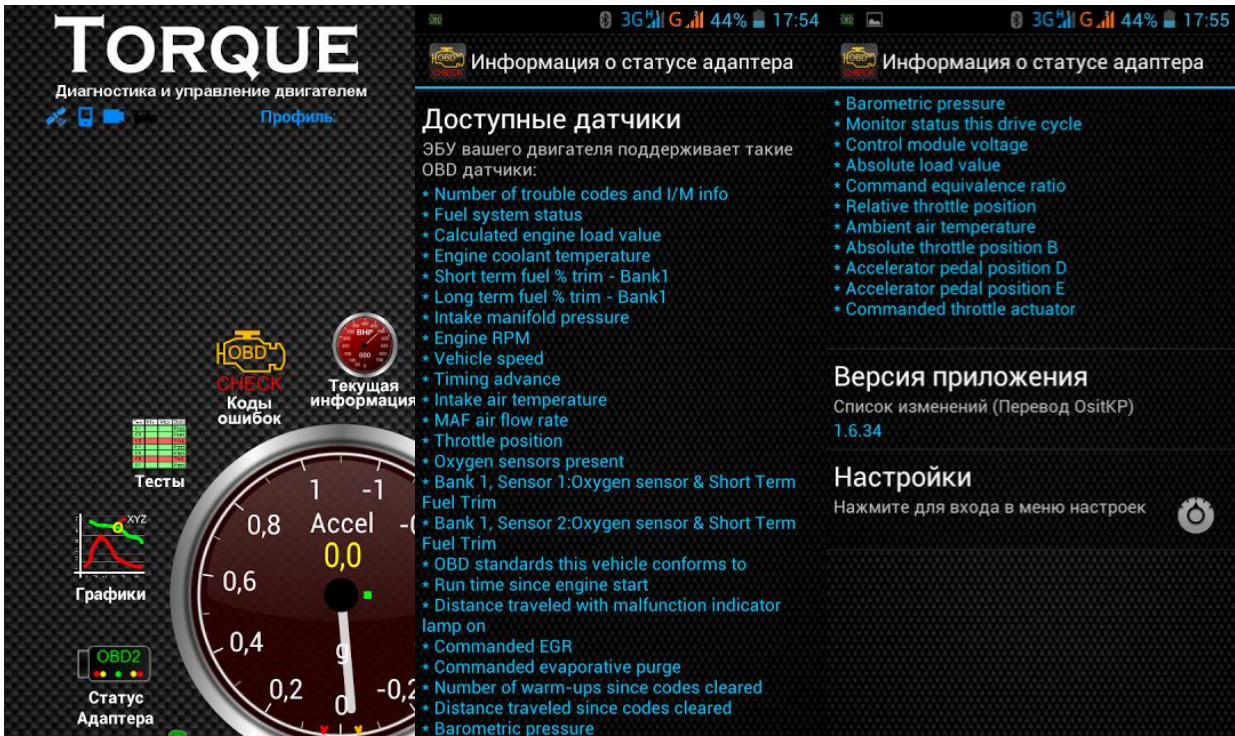


Рис 4 – Головне меню програми та доступні датчики

Зверху є 4 іконки, вони сигналізують про: підключенні до GPS, телефон говорить нам незрозуміло про що, індикатор адаптера говорить про з'єднання телефону з адаптером, машинка позначає, що адаптер отримує інформацію від авто.

Ну звичайно ж відразу хочеться подивитися, що я зможу зробити і які датчики працюють. Йдемо в налаштування і дивимось інформацію про адаптері.

Далі переходимо до бортового комп'ютера з показанням різної інформації. На швидкості 120км / год.(Рис. 5)

Гріх було б не про сканувати авто на наявність помилок. Дана процедура займає не так багато часу. (Рис. 6)



Рис 5 – Покази різної інформації на швидкості 120км / год. та процедура сканування помилок

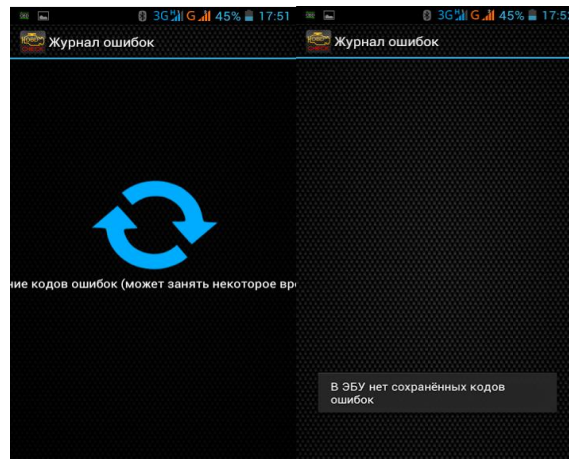


Рис 6 – Процедура сканування помилок

На робочий екран можна додати різні екрани. Перелік нижче на фото.

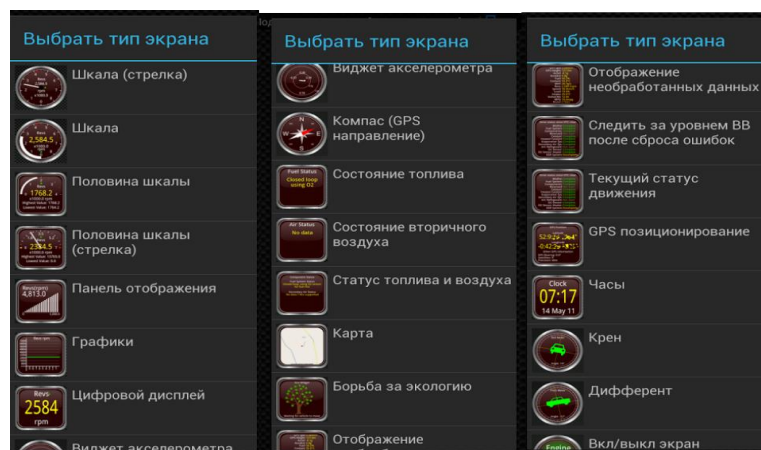


Рис 7 – Перелік типів екранів

Також програма може, записати трек вашої подорожі з накладенням на карту. Відображати миттєву витрату, вартість поїздки, напруга, температуру повітря тестую чою двигуна. На цьому напевно я закінчу зі скріншотами програми, так як огляд все таки адаптера а не софта.

Мені здається хороша річ для автомобіліста, за невелику ціну ми отримуємо дуже великий доступ до інформації про машину, це куди краще ніж платити за офіційні сканери наприклад для зняття помилки. Думаю така річ повинна бути у будь-якого поважаючого себе автолюбителя.

**Висновки.** Таким чином запропонований апаратно-програмний вимірювальний комплекс дозволяє:

1. спостерігати встановлення тиску у камері спалення;
2. , підвищити точність вимірювання часових параметрів встановлення тиску та його значення;
3. проводити дослідження і порівняльний аналіз отриманих графіків між камерами спалення;
4. надає можливість з більшою достовірністю діагностувати несправності циліндро-поршньової групи;
5. зменшити затрати на позапланові капітальні ремонти двигунів внутрішнього згорання.

1. Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. Серия «Автомеханик». Пер. с нем. Ю. Г. Грудского. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004 г.
2. Врублевский А.Н. Техническое решение для исследования рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания / Врублевский А.Н., Дзюбенко А.А., Вахрушев В.И. // Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика. – 2008. – №4. – С 30-33.
3. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. - М.: ИП РадиоСофт, 2002 - 176 с.
4. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. / - К.: «МК-Пресс», М: Издательский дом «Додэка XXI» 2007. - 400 с.