

РОЗРОБКА АПАРАТНО-ПРОГРАМНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Сидоров В.В., к.т.н.

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Наконечний О.А., к.т.н., доц., Йосипенко Р.М.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В статті розглядається питання розширення можливостей діагностики технічного стану двигунів внутрішнього згоряння шляхом автоматизації вимірювання тиску в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння. Задача вирішується з використанням датчиків тиску, мікроконтролеру та персональної обчислювальної машини.

Постановка проблеми. 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 згоряння (ДВЗ).

Важливим і відповідальним вузлом ДВЗ є циліндро-поршньова 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, закоксовування поршневих кілець та інше. Для отримання повної діагностичної інформації ЦПГ необхідно мати залежності зміни тиску в камері згоряння від кута повороту колінчатого валу. Аналізуючи характер залежності можна провести детальне діагностування ДВЗ [1].

Аналіз публікацій. В літературі [1] викладено питання щодо проведення тесту ДВЗ на падіння тиску в камері згоряння шляхом локалізації місця із слабкою герметизацією 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 [2] 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].

Для забезпечення одночасного вимірювання параметрів у кожній камері спалення, необхідно розміщувати 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-канальний аналого-цифровий перетворювач (АЦП) із цифровим сигнальним процесором (ЦСП) і комплектом кабелів сполучення;
- автоматизоване робоче місце (АРМ), що включає ПЕОМ з програмним забезпеченням.

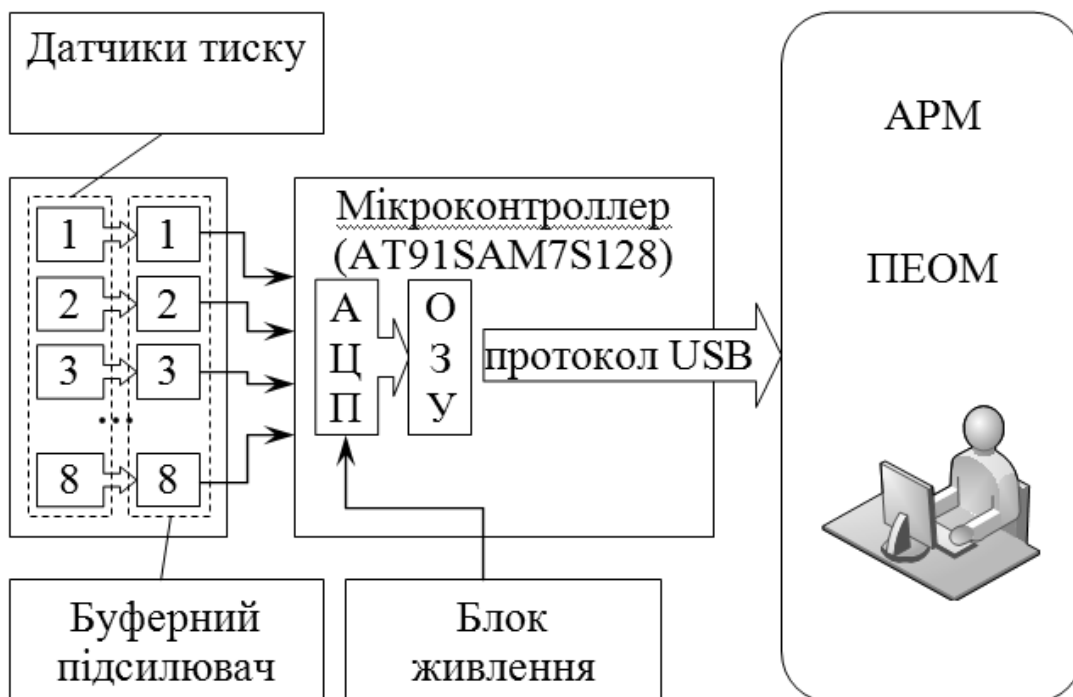


Рис. 1 – Схема апаратно-програмного вимірювального комплексу

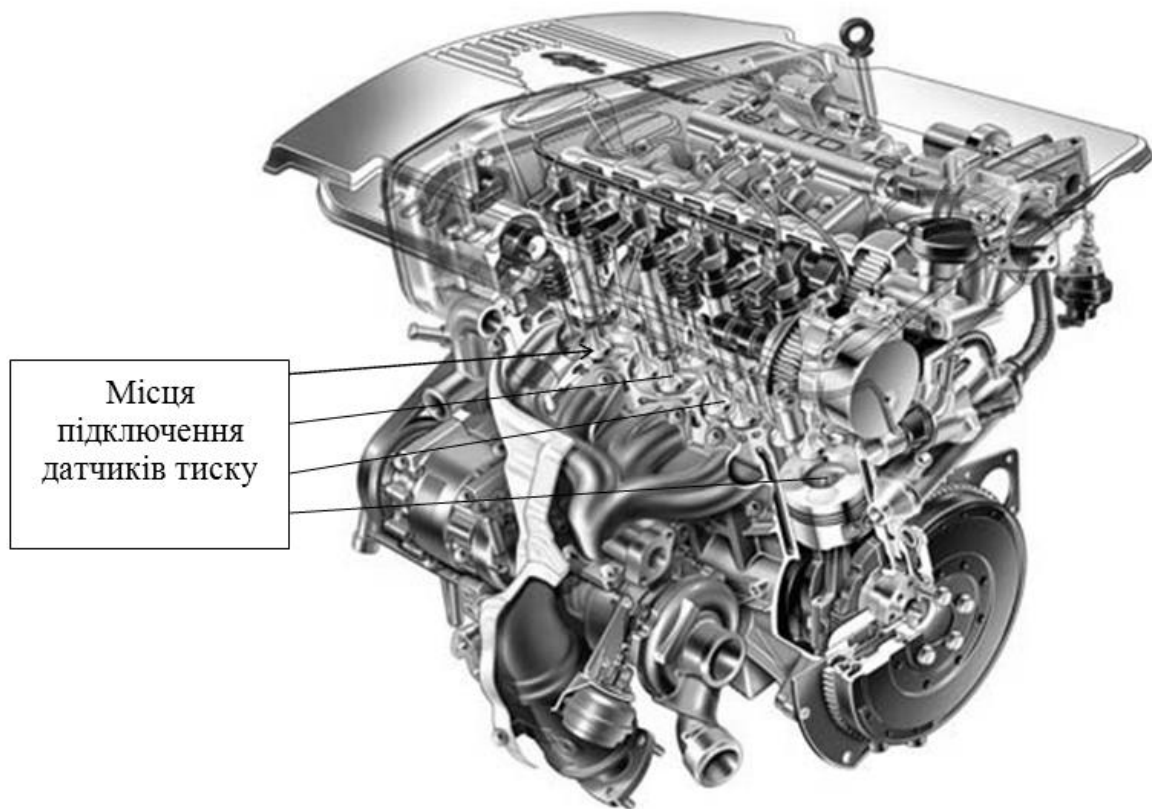


Рис. 2 – Схема розміщення датчиків тиску на двигуні внутрішнього згорання

Для отримання кривої зміни тиску в циліндрі необхідно прогріти двигун до робочої температури, встановити в досліджуваний 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.3. Оператор встановлює навпроти позиції "Коэф.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".

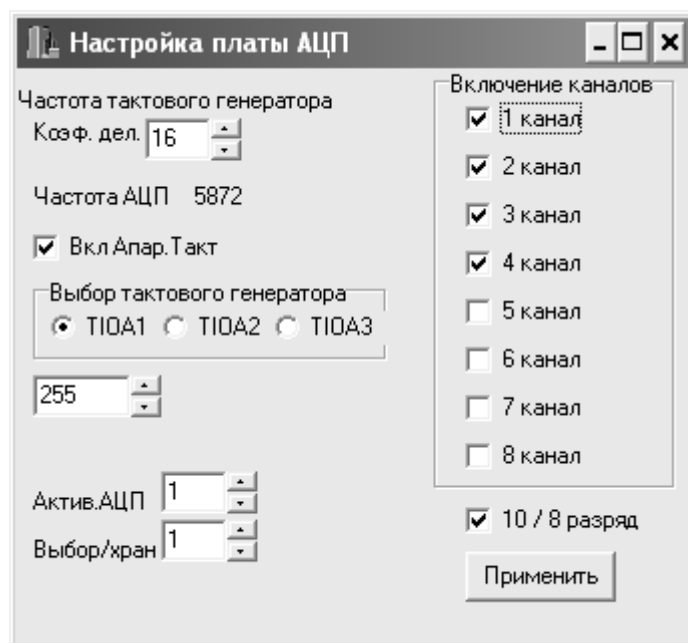


Рис. 3 – Зовнішній вигляд діалогового вікна налаштування параметрів АЦП для блоку перетворень

Для встановлення коефіцієнту множення амплітуди (рис. 4.) спочатку необхідно провести калібрування. Для калібрування у графі “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.

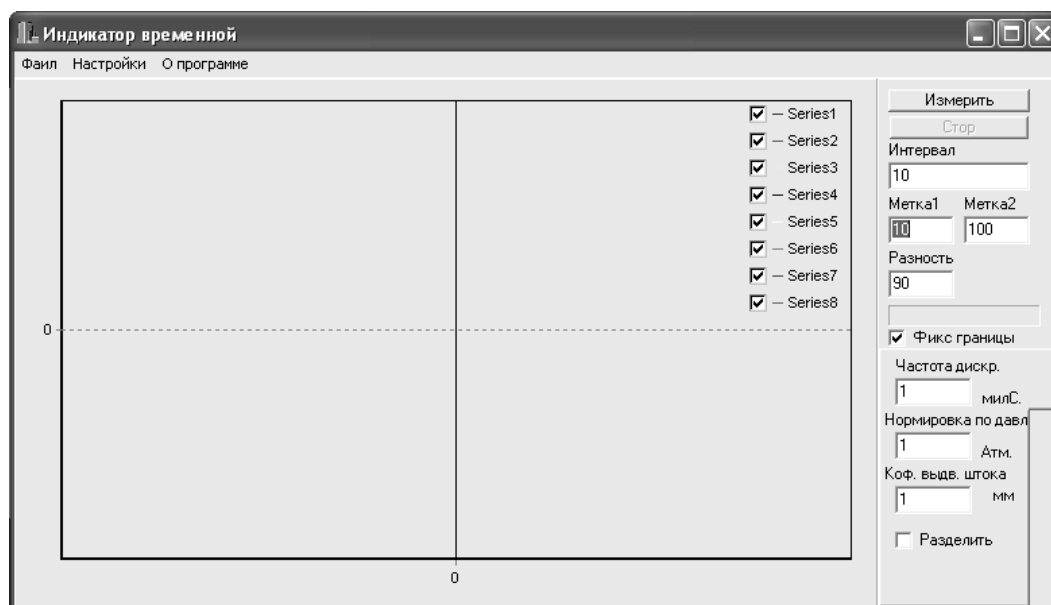


Рис. 4 – Зовнішній вигляд основного інтерфейсу програми

Процес з’єднання з зовнішнім блоком перетворення можливо проконтролювати у вікні “Интерфейс работы с АЦП”. Зовнішній вигляд

інтерфейсу програми зображено на рис. 5. Після натискання кнопки “Пуск” у нижньої частині вікна з’являється повідомлення програми про підключення або відключення пристрою.

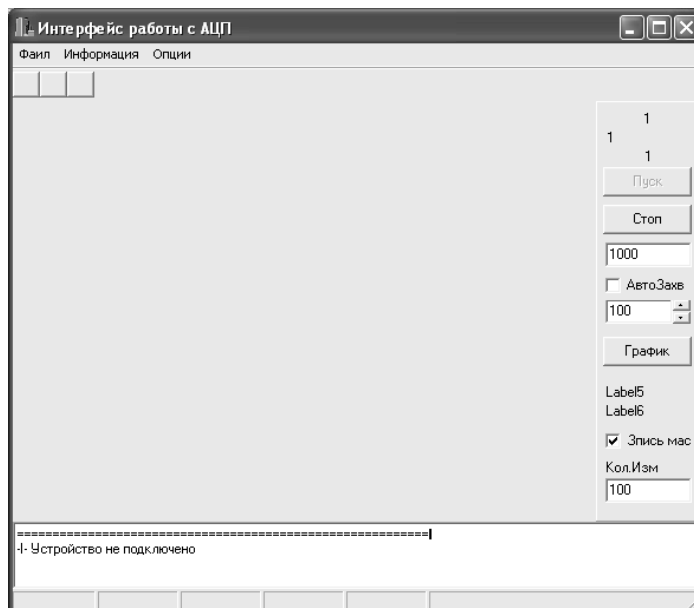


Рис. 5 – Зовнішній вигляд інтерфейсу роботи з зовнішнім блоком перетворення

Початок перетворення починається з натискання кнопки “Измерить” рис.6. Кількість вимірювань встановлюється у графі “Интервал”. Після накопичення заданого інтервалу з’являється графік встановлення тиску, зовнішній вигляд якого зображено на рис. 6.

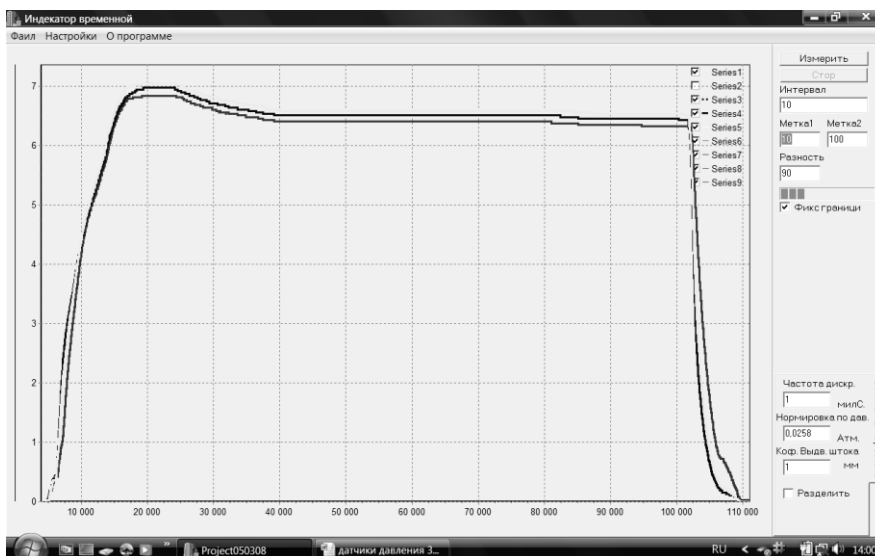


Рис 6 – Зовнішній вигляд процесу встановлення тиску

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 лінії. 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.

Висновки. Таким чином запропонований апаратно-програмний вимірювальний комплекс дозволяє наочно спостерігати встановлення тиску у камері спалення, підвищити точність вимірювання часових параметрів встановлення тиску та його значення. Подальший порівняльний аналіз отриманих графіків між камерами спалення надасть можливість з більшою достовірністю діагностувати несправності циліндро-поршньової групи, тим самим зменшити затрати на позапланові капітальні ремонти двигунів внутрішнього згорання.

Список використаних джерел

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.
2. Гребнев В.В. Микроконтроллеры семейства AVR фирмы Atmel. - М.: ИП РадиоСофт, 2002 - 176 с.
3. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. / - К.: «МК-Пресс», М: Издательский дом «Додэка XXI» 2007. - 400 с.
4. Архангельский А.Я. Программирование в С++ Builder 6. –М.: ЗАО «Издательство БИНОМ» 2003. –1152 с.

Аннотация

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Сидоров В., Наконечный А., Йосипенко Р.

В статье рассматривается вопрос расширения возможностей диагностики технического состояния двигателей внутреннего сгорания путем

автоматизации измерения давления в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания. Задача решается с использованием датчиков давления, микроконтроллера и персональной вычислительной машины.

Abstract

DEVELOPMENT HARDWARE AND SOFTWARE MEASURING COMPLEX FOR DIAGNOSING INTERNAL COMBUSTION ENGINES

V. Sidorov, A. Nakonechny, R. Yosipenko

The article considers the enhancement of diagnosing internal combustion engines by automating in-cylinder pressure measuring of an internal combustion engine. The problem can be solved by using pressure sensors, a microcontroller and a personal computer.