



Кузь Р.В.

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ДВИЖУЩЕГОСЯ АВТОМОБИЛЯ

Кузь Р.В.

(Институт термоэлектричества, ул. Науки, 1,  
Черновцы, 58029, Украина)

- 
- Разработана регистрирующая система автоматического сбора информации о параметрах движущегося автомобиля, а также установленного на нем термоэлектрического генератора. Собранные информация позволяет произвести оптимальное проектирование термоэлектрического генератора, работающего от тепла выхлопных газов автомобиля, для заданного класса автомобилей и способа вождения. Проведены испытания системы на автомобиле Volkswagen Transporter, оснащенный дизельным двигателем.

### Введение

Использование отходов тепла от двигателей внутреннего сгорания в настоящее время является актуальной прикладной задачей термоэлектричества. Мировые производители автомобилей, а также компании, занимающиеся термоэлектричеством, уделяют много внимания разработке эффективных автомобильных термоэлектрических генераторов (ТЭГ). Целью таких работ является повышение экономии топлива до 10% за счет использования отходов тепла двигателя для генерации электрической энергии.

Наиболее крупными компаниями, ставящими перед собой задачу создания промышленных образцов генераторов и их серийного производства, являются компании *Hi-Z* [1], *BSST* [2] и *General Motors* [3] в США. В Японии наиболее широко вопроса ми создания генераторов для автомобилей занимаются компании *Komatsu* [4], *Nissan* [5] и *Shiroki* [6]. В Германии свои разработки автомобильных ТЭГ представила компания *Volkswagen* [7], а также совместно компания *BMW* и *DLR* (аэрокосмический центр Германии) [7]. В Украине проблемы создания эффективных ТЭГ для двигателей внутреннего сгорания решаются в Институте термоэлектричества. Разработаны теория и компьютерные методы проектирования таких генераторов [8-12], учитывающие особенности динамических режимов работы двигателя при реальной езде.

Необходимым условием для расчетов и проектирования оптимальной конструкции генератора является наличие подробной информации о параметрах выхлопного газа (температуре, скорости, тепловой мощности) в зависимости от режима вождения (скорости автомобиля, оборотов двигателя, наклона автомобиля, скорости ветра и др.).

Целью работы является создание автоматической системы мониторинга основных параметров автомобиля, описывающих характер движения автомобиля, а также параметров установленного на автомобиле ТЭГ.

### 1. Описание системы мониторинга

#### 1.1. Предназначение системы мониторинга

Система предназначена для автоматической регистрации параметров движущегося автомобиля и записи показаний датчиков во встроенную память с возможностью дальнейшей их

обработки на компьютере при помощи специально разработанного программного обеспечения.

Система мониторинга собирает и регистрирует следующие данные:

- температуру выхлопных газов в трех точках выхлопной системы автомобиля;
- температуру окружающей среды;
- скорость движения газов в выхлопной трубе;
- скорость движения автомобиля;
- скорость ветра относительно направления движения;
- угол наклона автомобиля относительно горизонтальной оси;
- обороты двигателя за единицу времени;
- координаты автомобиля с привязкой к реальной карте местности;
- электрический ток, напряжение и мощность ТЭГ.

В процессе работы текущие данные от датчиков отображаются на встроенном экране регистратора. На основе обработанных данных получают табличные и графические временные зависимости параметров движущегося автомобиля.

## 1.2. Основные узлы системы мониторинга

Система мониторинга состоит из датчиков сбора информации, 16-канального аналого-цифрового преобразователя, автономного микроконтроллерного регистратора с программным обеспечением преобразования цифровой информации, GPS-навигатора. Структурная схема системы мониторинга приведена на рис. 1. Аналоговые сигналы от всех датчиков обрабатываются аналогово-цифровым преобразователем и записываются в память регистрирующего устройства. Автономный пульт позволяет управлять процессом записи и отображения записываемой информации. Система имеет USB-интерфейс для обмена и обработки записанной информации на компьютере.

*Температура выхлопных газов и окружающей среды* регистрируется измерительными термопарами типа «хромель-алюмель», которые имеют линейную зависимость ЭДС в широком диапазоне температур. Погрешность измерения температур составляет не более 2%.

*Температура холодных спаев термопар* регистрируется термометром сопротивления (ТС-0295) в диапазоне  $-20...+40$  °С при погрешности не более 1%.

*Скорость движения автомобиля* измеряется автомобильным индукционным датчиком оборотов колеса, а также GPS-навигатором (здесь был использован GPS-логгер G-log 760).

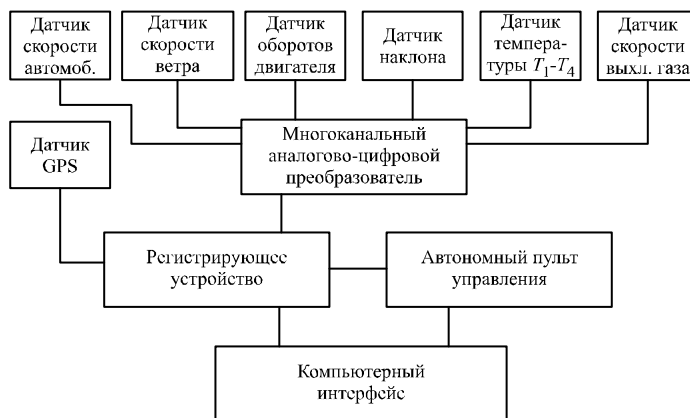


Рис. 1. Структурная схема системы мониторинга.

*Обороты двигателя* в единицу времени измеряются путем параллельного подключения системы к автомобильному датчику оборотов. Система работает как с датчиками

индукционного типа, так и с датчиками Холла.

Скорость ветра относительно направления движения измеряется авиационной трубкой Вентури ТВ-980У в диапазоне 2 – 50 м/с с погрешностью не более 3%.

Скорость выхлопных газов измеряется датчиком Пито ДП-3310М в диапазоне 1 – 60 м/с с погрешностью не более 3%.

Угол наклона автомобиля измеряется электронным инклинометром GON-4312 в диапазоне  $\pm 25^\circ$  при погрешности не более  $0.1^\circ$ .

Географические координаты автомобиля получают с GPS-датчика с точностью до 10 м.

Период опроса датчиков можно устанавливать от 4 с до 1 часа.

Система имеет как автономное питание с возможностью бесперебойной работы до 8 часов, так и средства питания от бортовой сети автомобиля. Встроенная память регистратора позволяет сохранять до 10000 записей.

## 2. Результаты испытаний системы мониторинга

Созданная система была установлена и испытана на автомобиле Volkswagen Transporter, который оснащен дизельным двигателем мощностью 96 кВт. Термопары для измерения температуры выхлопных газов были установлены в 3-х местах выхлопной системы: перед каталитическим конвертером (катализатором), после катализатора и непосредственно перед акустическим фильтром (глушителем). В этом же месте был установлен датчик скорости выхлопных газов. Датчик скорости ветра был закреплен на выносной штанге на крыше автомобиля во избежание искажения измерений потоками воздуха, обтекающими автомобиль.

Примеры собранных и обработанных на компьютере данных при езде автомобиля по городу приведены на рисунках.

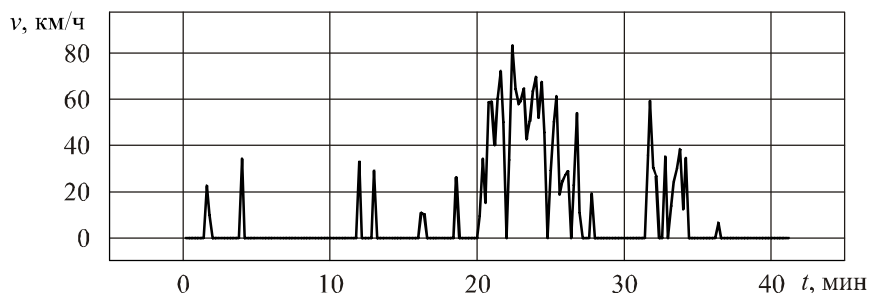


Рис. 2. Скорость движения автомобиля.

На рис. 2 представлена зависимость скорости автомобиля. На рис. 3 показаны соответствующие зависимости температуры выхлопного газа в разных точках выхлопной системы.



Рис. 3. Температура выхлопного газа.

На рис. 4 приведены данные о маршруте движения автомобиля по городу с привязкой к спутниковой карте и времени.



Рис. 4. Маршрут движения автомобиля на спутниковой карте.

### 3. Обработка результатов. Проектирование ТЭГ

Используя созданную систему, были получены данные для режима езды автомобиля Volkswagen Transporter по новому европейскому циклу вождения (NEDC).

Проектирование ТЭГ осуществлено по методике, описанной в предыдущих работах [12-13].

На рис. 5, 6 приведены энергетические параметры выхлопного газа при езде автомобиля по циклу NEDC, а также рассчитанная оптимальная температура модулей по методике [13].

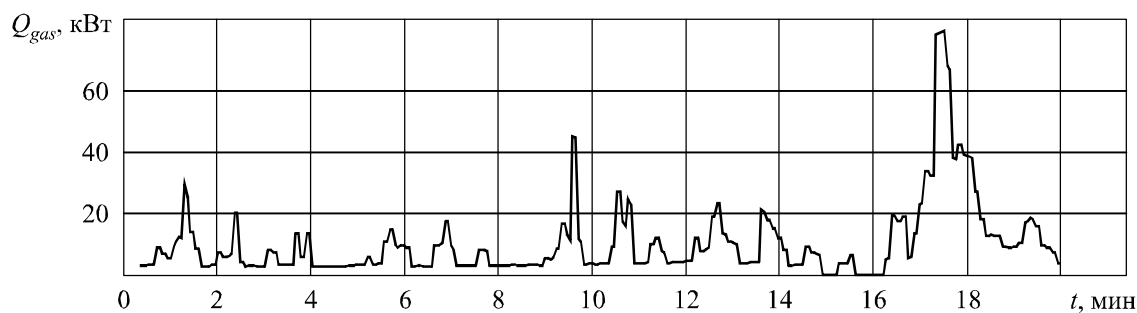


Рис. 5. Тепловая мощность выхлопного газа.

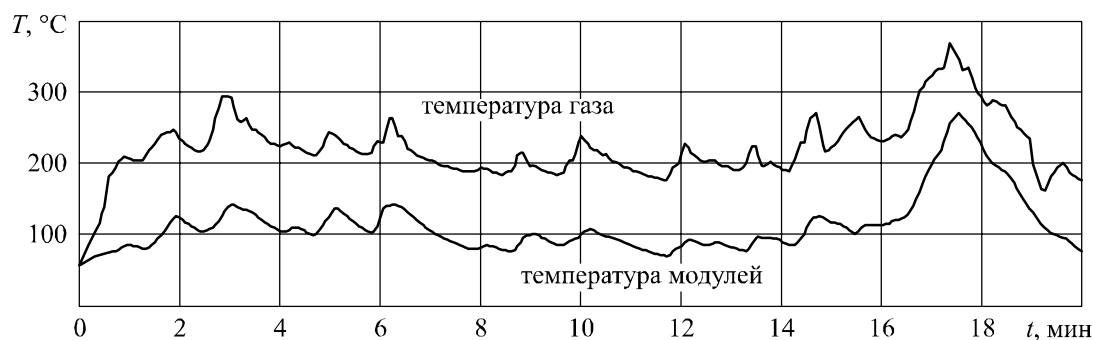


Рис. 6. Температура выхлопного газа и рассчитанная по методике [13] температура модулей.

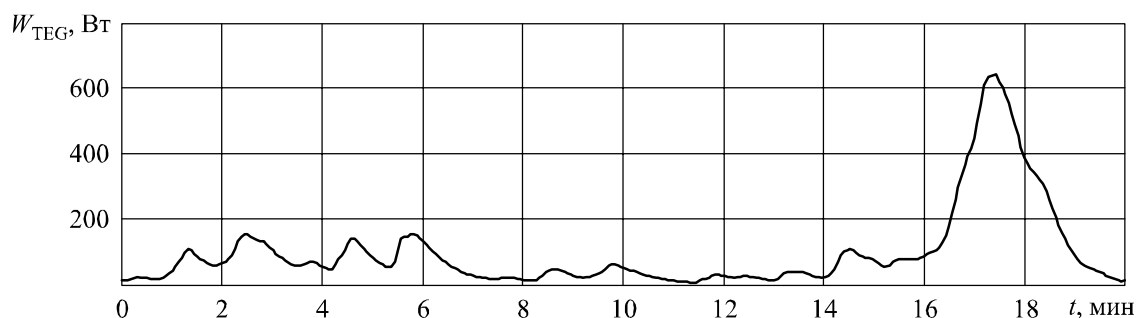


Рис. 7. Электрическая мощность ТЭГ.

На рис. 7 показана рассчитанная электрическая мощность ТЭГ.

Средняя электрическая мощность спроектированного генератора составляет 110 Вт за цикл NEDC. Максимальная электрическая мощность (при скорости 110 км/час) – 615 Вт. Температура холодной части модулей – 50 °С.

Полученные результаты хорошо согласовываются с экспериментальными данными [8].

## Выводы

1. Создана система мониторинга параметров движущегося автомобиля, которая обеспечивает измерение в динамическом режиме энергетических параметров выхлопного газа автомобиля, а также параметров, которые описывают характер движения автомобиля. Суммарная погрешность измерения тепловой мощности выхлопного газа составляет не более 9%. Погрешность измерения параметров движения – не более 3%.
2. Полученные результаты являются исходными для оптимального проектирования ТЭГ, работающего от тепла выхлопных газов автомобиля для конкретного автомобиля и способа вождения.
3. Приведенный пример расчета генератора максимальной мощностью 615 Вт и средней мощностью 110 Вт (для цикла NEDC) соответствует экспериментальным результатам.

Благодарности. Автор искренне благодарен академику НАН Украины Анатычуку Л.И. за постановку интересной и актуальной задачи, напутствия и поддержку во время выполнения работы. Большая благодарность Тюменцеву В.А. за проделанную техническую часть работы.

## Литература

1. N. Elsner, J. Bass, S. Ghamaty, D. Krommenhoek, A. Kushch and D. Snowden, Diesel Truck Thermoelectric Generator, *Advanced Combustion Engine Technologies. – FY 2005 Progress Report*, p. 301 – 305.
2. D. Crane, L. Bell, Progress Towards Maximizing the Performance of a Thermoelectric Power Generator, *Proc. 25th International Conference on Thermoelectrics (Vienna, Austria, 2006)*, p. 11 – 16.
3. Jihui Yang, F. Seker, R. Venkatasubramanian, G.S. Nolas, C. Uher and H. Wang, Developing Thermoelectric Technology for Automotive Waste Heat Recovery, *Advanced Combustion Engine Technologies. FY 2006 Progress Report*, p. 227 – 231.
4. T. Kajikawa, Current Status of Thermoelectric Generation Technology in Japan, *J. Thermoelectricity* 2, 21 – 31 (2007).
5. K. Ikoma, M. Munekiyo, K. Furuya, M. Kobayashi, T. Izumi and K. Shinohara, Thermoelectric Module and Generator for Gasoline Engine Vehicles, *Proc. 17th International Conference on*

- Thermoelectrics* (Nagoya, Japan, 1998), p. 464 – 467.
6. E. Takanose, H. Tamakoshi, The Development of Thermoelectric Generator for Passenger Car, *Proc. 12th International Conference on Thermoelectrics* (Yokohama, Japan, 1993), p. 467 – 470.
  7. “Thermoelektrik-Eine Chance Fur Die Atomobillindustrie”, Berlin, 2008.
  8. L.I. Anatyshuk, O.J. Luste and R.V. Kuz, Theoretical and Experimental Studies of Thermoelectric Generator for Vehicles, *J. Electronic Materials* 40(5), (2011).
  9. L.I. Anatyshuk and R.V. Kuz, Computer Designing and Test Results of Automotive Thermoelectric Generator, *Thermoelectrics Goes Automotive* (Berlin: Expert Verlag, 2011).
  10. L.I. Anatyshuk, O.J. Luste, R.V. Kuz and M.N. Strutinsky, Inverse Problems of Thermoelectricity, *J. Electronic Materials* 40(5), 2011.
  11. L.I. Anatyshuk and R.V. Kuz, Materials for Vehicular Thermoelectric Generators, *J. Electronic Materials* 41(6), (2012).
  12. L.I. Anatyshuk, R.V. Kuz, Theory and Computer Simulation of Automotive Thermoelectric Generators, *ICT/ECT-2012* (July 9th-12th, 2012, Aalborg, Denmark).
  13. L.I. Anatyshuk, R.V. Kuz and Yu.Yu. Rozver, Thermoelectric Generator for a Petrol Engine, *J. Thermoelectricity* 2, 97 – 104 (2012).

Поступила в редакцию 09.11.2012.