

Таблица 3. Результаты поражения стодольной мишени по зонам, полученные экспериментально

Дистанция, дульное сужение	$N_M$	Процент поражения долей зоны, %					Количество пораженных долей в зонах					
		$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_2$	$P_1$	$K_5$	$K_4$	$K_3$	$K_2$	$K_1$	$K_M$
Экспериментально												
20 м, без сужения	242	16,7	53,6	80	100	100	6	15	16	12	4	53
25 м, без сужения	160	44,4	64,3	90	100	100	16	18	18	12	4	68
30 м, без сужения	146	36,1	67,9	85	100	100	13	19	17	12	4	65
По модели												
20 м, без сужения	242	11,2	54,4	96,1	100	100	4,0	15,2	19,2	12	4	54,4
25 м, без сужения	160	29	64,6	90,8	98,5	99,6	10,5	18,1	18,2	11,8	4	62,6
30 м, без сужения	146	44,8	70,3	87,5	94,9	97,2	16	19,7	17,5	11,4	3,9	68,6

#### Библиографические ссылки

1. Поздняков А. А. Гражданский инженер : Современное дробовое охотничье оружие. – М. : Охотничий вестник, 1913. – 320 с.
2. Зернов А. А., Крейцер Б. А. Стрельба дробью охотничья и спортивная. – М., 1930. – 210 с.
3. Крейцер Б. А., Толстомят А. И. Охотничьи ружья и боеприпасы. – М. : Физкультура и спорт, 1967. – 82 с.

4. Арбузов И. А. Математический анализ дробового выстрела. – М. : Спутник+, 2006. – 31 с.

5. Марков Е. М. Моделирование и исследование характеристик дробового выстрела по мишени // Интеллектуальные системы в производстве. – 2010. – № 2. – С. 172–176.

6. Марков Е. М. Разработка средств контроля параметров дробового оружия с использованием телекамеры : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2011. – 171 с.

*E. M. Markov*, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*A. Yu. Vdovin*, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

*S. F. Egorov*, PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics of the Ural branch of the RAS, Izhevsk

#### Development of Shot Pattern Model to Estimate Uniformity with Account of Shooting Parameters

The article presents the model of shot pattern to estimate the shot uniformity based on one hundred longitudinal target with account of shooting parameters, and investigation of this model practical application.

**Key words:** modeling, shot pattern model, shot pattern uniformity, shotgun launch.

УДК 621.43.016.4(031)

**В. Н. Сяктерев**, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**В. В. Сяктерева**, кандидат технических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**И. С. Акчурин**, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ *РIS* В СИСТЕМЕ ТЕРМОМЕТРИРОВАНИЯ ПОРШНЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Представлены результаты моделирования и экспериментального исследования макета микропроцессорной системы термометрирования поршня двигателя внутреннего сгорания. Показана возможность применения микропроцессоров *РIS* в телеметрических системах измерения температуры поршня двигателя.

**Ключевые слова:** поршень двигателя внутреннего сгорания, измерение температуры, микроконтроллер, микропроцессорная система.

Для измерения температуры поршня двигателя внутреннего сгорания (ДВС) известно применение телеметрических систем с оптическим способом передачи информации с поршня двигателя на приемно-регистрирующую аппаратуру, установленную, например, в картине двигателя [1].

В таких системах температура в характерных точках поршня двигателя преобразуется в длительность временных интервалов или в частоту следова-

ния импульсов с помощью специальных промежуточных преобразователей. Несмотря на достаточно высокую стабильность преобразования температуры с использованием современной элементной базы, значительная погрешность в измерении температуры поршня вносится большой глубиной модуляции передаваемого сигнала в оптическом канале связи. Как показано в исследованиях [2], диапазон изменения сигнала на входе приемника информации в оптиче-

ском канале связи достигает более 60 дБ. В результате этого погрешность измерения температуры возрастает за счет использования аналогового способа передачи информации в применяемом оптическом канале связи. В связи с этим для повышения точности измерения температуры поршня на работающем двигателе целесообразно исследовать возможности передачи информации с использованием цифровых методов и применения помехозащищенного кодирования. Такая возможность появляется только при использовании в подобных системах в качестве промежуточных преобразователей, располагаемых непосредственно на поршне двигателя, современных микропроцессоров и микроконтроллеров. В связи с этим возможная структурная схема системы измерений с использованием микроконтроллера может иметь вид, представленный на рис. 1.

В настоящее время известно большое количество микроконтроллеров различных фирм, отличающихся как архитектурными, так и эксплуатационными свойствами. Кроме того, для применения в качестве промежуточных преобразователей в системах тер-

мометрирования поршня ДВС к ним предъявляются дополнительные требования: работоспособность при высоких температурах эксплуатации (выше +120 °С), минимальный размер корпуса и минимальное число выводов, возможность работы при пониженных напряжениях питания с малым потребляемым током и т. д. По этим критериям произведен анализ выпускаемых микроконтроллеров таких известных производителей, как Analog Devices, Atmel, Maxim, Microchip, Motorola, STMicro, Texas Instruments. В качестве основы для реализации промежуточного преобразователя системы термометрирования поршня с оптическим каналом связи выбран микроконтроллер фирмы Microchip PIC12F683 Е/Р, который по приводимым параметрам наиболее удовлетворяет требованиям к функциональным блокам системы измерений, располагаемым на поршне двигателя.

Для исследования возможности применения выбранного микроконтроллера в системе термометрирования поршня ДВС разработана модель микропроцессорной системы в САПР PROTEUS VSM, схема которой приведена на рис. 2.



Рис. 1. Структурная схема микропроцессорной системы измерения температуры поршня ДВС

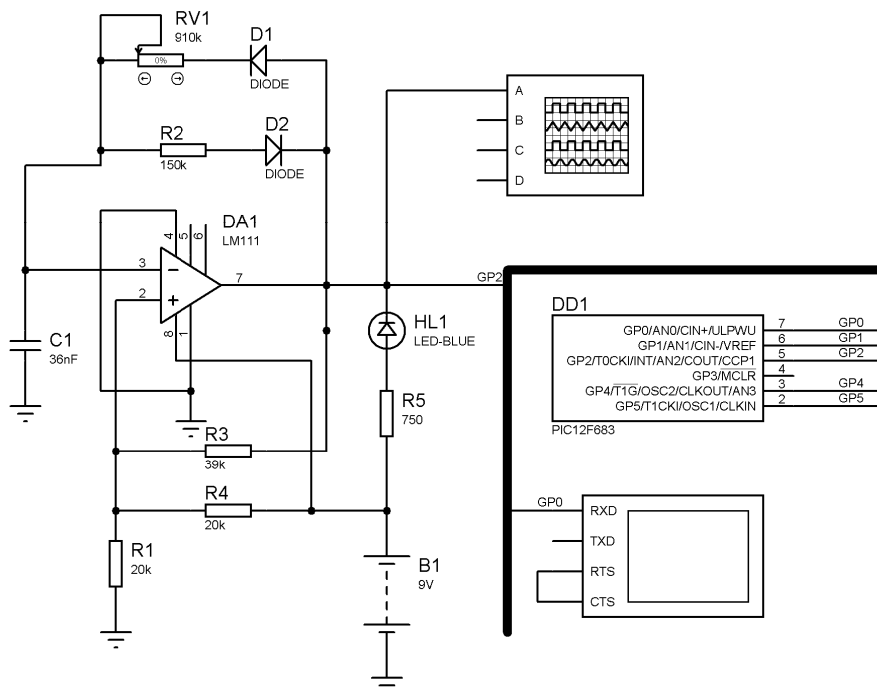


Рис. 2. Электрическая схема модели микропроцессорной системы

В качестве первичного преобразователя температуры в системе применены полупроводниковые терморезисторы СТ1-19, включаемые в цепь обратной связи релаксационного генератора на основе компаратора 521СА3 (DA1). Возможность использования данных терморезисторов в системах термометрирования поршня ДВС показана в работе [3].

В разработанной модели терморезистор, включаемый в схему с элементами линеаризации характеристики преобразования, заменен датчиком в виде линейного переменного сопротивления (RV1). Для моделирования работы системы сопротивление эквивалента RV1 линейно изменяется в зависимости от измеряемой температуры и изменяет длительность импульсов на выходе релаксационного генератора. Микроконтроллер PIC12F683 E/P (DD1) с помощью модуля захвата (CCP1) преобразует длительность импульса с выхода релаксационного генератора в цифровой код и через последовательный интерфейс UART передает информационный код в персональную ЭВМ для дальнейшей обработки.

В модели разработанная программа для микроконтроллера записана в виртуальный контроллер путем указания генерируемого \*.HEX-файла при компиляции программы.

На основе результатов моделирования показана работоспособность предлагаемой системы и определены минимальные и максимальные длительности импульсов с выхода генератора, соответствующие максимальной и минимальной измеряемым температурам поршня на линейном участке градуировочной характеристики используемых терморезисторов (+50...+300 °С). С учетом этих результатов определена чувствительность системы к измеряемой температуре при максимальной длительности импульса 30800 мкс и минимальной 116 мкс, которая составила 122,7 мкс/°С.

На основе определенных данных получена зависимость для перевода длительности информационных импульсов в измеряемую температуру:

$$t = \frac{T_{и} - T_{и\min}}{T_{и\max} - T_{и\min}} \cdot (t_{\min} - t_{\max}) + t_{\max}, \quad (1)$$

где  $T_{и\min}$ ,  $T_{и\max}$  – соответственно, минимальная и максимальная длительности импульса;  $t_{\min}$ ,  $t_{\max}$  – соответственно, минимальная и максимальная измеряемые температуры;  $T_{и}$  – измеренная длительность импульса.

Для проверки адекватности разработанной модели и экспериментального определения работоспособности системы измерений разработан и изготовлен макет микропроцессорной системы на основе схемы на рис. 2. С целью исключения влияния дополнительных элементов системы и получения возможности оценки влияния температурной нестабильности только микроконтроллера на погрешность измерения температуры в макете плата с микроконтроллером выполнена в виде отдельного выносного блока, который можно помещать в термостат. Таким образом, экспериментальное исследование сводилось к нагреву микроконтроллера в термостате и к измерению длительности временных интервалов, получаемых на выходе системы в диапазоне температур эксплуатации от +20 до +140 °С.

На основе серии проведенных экспериментов получена характеристика преобразования системы на линейном участке характеристики преобразования используемых терморезисторов (рис. 3) и предельная абсолютная погрешность измерения температуры  $\pm 0,6$  °С.

На рис. 3 график 1 показывает полную характеристику преобразования в диапазоне измеряемых температур, а график 2 – фрагмент характеристики 1 с наибольшей погрешностью.

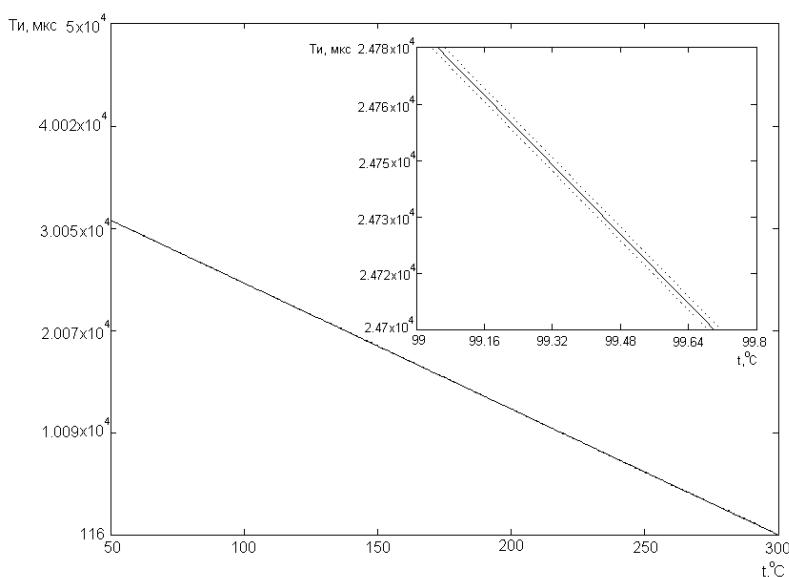


Рис. 3. Характеристика преобразования системы

Таким образом, на основе моделирования и экспериментальных исследований показана возможность применения микроконтроллеров PIC в системах термометрирования поршня двигателя внутреннего сгорания.

#### Библиографические ссылки

1. Ключников Г. М., Сяктерев В. Н., Кондратьев В. Н. Телеметрическая система с оптическим каналом связи для

измерения параметров подвижных деталей // Двигателестроение. – 1983. – № 11. – С. 14–17.

2. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Времяэкспоненциальные преобразователи в системах ближней телеметрии // Тезисы конф. «Ученые ИМИ – производству». – ИМИ, 1992. – С. 55–58.

3. Куликов В. А., Сяктерев В. Н. Градуировка автоматизированной системы температурных испытаний поршня двигателя внутреннего сгорания // Вестник ИжГТУ. – 2012. – № 1(53). – С. 92–95.

V. N. Syakterev, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. V. Syaktereva, PhD in Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

I. S. Akchurin, Master's Degree Student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### Researching the Possibility of Using PIC Microcontrollers in Systems of Internal Combustion Engine Piston Temperature Measurement

*The paper describes results of simulation and experimental study of the layout of the microprocessor-based temperature measurement system of internal combustion engine piston. The possibility of using a PIC microprocessor in telemetry systems for measuring the temperature of the engine piston is presented.*

**Key words:** internal combustion engine piston, temperature measurement, microcontroller, microprocessor system.

УДК 620.179.16

**В. В. Муравьев**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**Е. Н. Балобанов**, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**Е. А. Печина**, кандидат технических наук, Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ УПРУГОАКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МЕТАЛЛОВ\*

*Описывается методика измерения коэффициента упругоакустической связи одноосного напряженного состояния для изделий из стали 65Г, реализуемая с помощью экспериментального лабораторного стенда.*

**Ключевые слова:** коэффициент акустоупругости, электромагнитно-акустический преобразователь, сдвиговые волны, углеродистая сталь.

**П**оиск новых закономерностей в изменении физико-механических свойств металлов и сплавов после различных внешних энергетических воздействий – важнейшая проблема в металлопроизводстве и эксплуатации металлопродукции [1–3]. С одной стороны, изменение свойств необходимо для получения сбалансированного комплекса характеристик конструктивной прочности изделий [4–6], с другой – необходимо знание их технического состояния и прогнозирование качества конструкций [7–10]. Среди комплекса характеристик важное место занимает напряженно-деформированное состояние, которое выгодно оценивать методами акустической тензометрии [11, 12].

Основным информативным параметром акустической тензометрии является скорость распростра-

нения ультразвуковых волн [13–15]. Большинство методик акустической тензометрии базируется на методах с использованием контактных пьезоэлектрических преобразователей [16–18], однако в этом случае имеются ограничения, связанные с необходимостью использования специальных контактных сред для передачи сдвиговых волн в объект контроля. Кроме напряженного состояния на скорость объемных (продольных, поперечных) и поверхностных волн влияют структурные факторы, исследованные в работах [19, 20].

Одним из подходов к решению задач акустической тензометрии для оценки напряженно-деформированного состояния металла является использование электромагнитно-акустического метода (ЭМА) возбуждения и регистрации ультразвуковых волн [21, 22].

© Муравьев В. В., Балобанов Е. Н., Печина Е. А., 2013

Получено 26.04.13

\* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова на 2012–2016 гг. (ПСР/М2/Н2.5/МВВ), Программы инициативных проектов фундаментальных исследований, выполняемых в учреждении УрО РАН в 2012–2014 гг. (регистрационный номер 12-У-2-1013).