



УДК 681.518

**Абрамов Владимир Иванович**, студент 4-го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**Иванов Никита Сергеевич**, студент 4-го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**Ступин Никита Евгеньевич**, студент 5-го курса, ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
**Гордяскина Татьяна Вячеславовна**, доцент кафедры радиоэлектроники, к.ф.-м.н.,  
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,  
**Перевезенцев Сергей Владимирович**, доцент кафедры радиоэлектроники, к.т.н., ФГБОУ  
ВО «ВГУВТ»,  
**Шураев Олег Петрович.**, доцент кафедры ЭСЭУ, к.т.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603005, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а

### РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ И АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Ключевые слова: системы управления, платформа Arduino, измерение расхода топлива, тахометр

*Рассматривается пример реализации интеллектуальных датчиков на базе платформы Arduino, используемых для мониторинга параметров работы двигателя. К настоящему времени разработаны тахометр с подсчетом количества совершенных оборотов/циклов и система измерения расхода топлива двигателем.*

В настоящее время на судах речного и морского флота имеет место тенденция сокращения численности экипажа. В своем предельном воплощении она приведет к безэкипажному судну, что вполне соответствует ныне модной идее создания беспилотных транспортных средств [1]. Разумеется, такое судно изначально должно быть оснащено соответствующей системой управления, как внешней - навигационной, так и внутренней, относящейся к судовой энергетической установке (СЭУ) и общесудовым системам. Разработка таких систем, вероятнее всего, дело ближайшего будущего, однако, реализация некоторых элементов таких систем уже сейчас способна значительно облегчить труд экипажа, повысить безопасность эксплуатации объектов СЭУ и безаварийность работы флота в целом [1-4]. Причем, элементы такой системы управления могут быть реализованы для уже существующего флота.

В настоящее время на российских внутренних водных путях эксплуатируется большое количество судов, построенных до 90-х годов прошлого века. Приборное обеспечение главных двигателей и других объектов СЭУ этих судов очень часто оставляет желать лучшего. Так, авторам статьи доводилось бывать на судах, где контроль работы главного двигателя осуществлялся лишь по тахометру и манометру в системе смазывания. Выполнение теплотехнического контроля этого двигателя показало неудовлетворительное распределение мощности по цилиндрам и целый ряд неисправностей в работе топливной аппаратуры и системы охлаждения.

Внедрение развитой системы мониторинга параметров СЭУ, и прежде всего главных двигателей, позволит повысить информированность экипажа о процессах, происходящих в

эксплуатирующемся оборудовании, и, при должном реагировании, предотвратить большое количество отказов этого оборудования. Работа в этом направлении является актуальной и коммерчески перспективной.

Этап доводки разрабатываемых интеллектуальных датчиков выполняется на двигателях кафедры эксплуатации судовых энергетических установок (ЭСЭУ) Волжского государственного университета водного транспорта. В распоряжении кафедры имеется парк двигателей, выпущенных в 70-80-х годах XX века. По своим параметрам и уровню автоматизации они соответствуют установленным на речных судах, построенных в тот же период. Двигатели 6NVD48AU (6ЧРН 32/48), 6L275 Rr/PN (6ЧРН 27,5/36), 2Ч 10,5/13 и др. (рис. 1) находятся в работоспособном состоянии и вполне подходят для целей учебного процесса. Однако при выполнении научных исследований ощущается нехватка, неудобство использования или недостаточная точность используемого комплекта приборов, который, заметим, в силу специфики использования двигателей, значительно больше количества приборов, входящих в штатную комплектацию судовых двигателей. Таким образом, идея по созданию системы мониторинга на базе интеллектуальных датчиков для дизелей, установленных в лабораториях кафедры ЭСЭУ, позволяет решить, как минимум, две задачи: 1) развитие приборной базы двигателей кафедры ЭСЭУ; 2) создание интеллектуальных датчиков, пригодных для использования на судовых двигателях.



*Рис.1. Некоторые двигатели кафедры ЭСЭУ*

В качестве аппаратно-программной базы системы выбрана платформа Arduino, которая пользуется огромной популярностью в системах автоматики и робототехники, обладает гибкой возможностью проектирования и имеет бесплатную программную оболочку, что положительно сказывается на цене проекта. [5]

Для системы мониторинга судовых дизелей необходимо измерение следующих параметров:

- частота вращения коленчатого вала;
- крутящий момент на валу (и, следовательно, мощность двигателя);
- расход топлива;
- распределение температуры отработавших газов по цилиндрам двигателя;
- температура и давление в системах охлаждения, смазывания, топливоподачи, наддува и газораспуска двигателя;
- частота вращения ротора турбокомпрессора.

Предложенные параметры предлагается измерять посредством интеллектуальных датчиков. Они представляют собой аппаратно-программный комплекс. Аппаратная часть реализуется на контроллерах Arduino UNO, к которым подключаются измерительные микросхемы тензодатчика TD-5, инфракрасного датчика FC-51 и термопары TP-02 и др. На контроллерах реализована программная часть, обрабатывающая данные, получаемые с датчиков, и выдающая готовую информацию для системы управления.

В настоящее время уже разработаны и апробированы интеллектуальные датчики, измеряющие расход топлива дизелем, температуры в заданных точках установки; частоту вращения коленчатого вала двигателя.

### **Измерение расхода топлива**

Из множества способов измерения расхода топлива наибольшее распространение получили два: объемный и массовый. Первый основан на измерении времени расходования заранее известного объема топлива, заливаемого в мерный бачок – штих-пробер. Такой способ достаточно надежен в условиях небольшой качки, вибрации и поэтому широко используется на судах [6]. К недостаткам данного способа относится необходимость определения плотности топлива. В условиях лаборатории более предпочтителен массовый способ, заключающийся в измерении времени расходования известной массы топлива. Так как здесь нет необходимости в определении плотности топлива, то точность определения расхода топлива оказывается несколько выше.

Работа весового датчика TD-5 основана на изменении физического параметра (сопротивления), пропорционально весу измеряемого предмета. Измерительный элемент датчика представляет собой прямоугольный брусок из алюминиевого сплава, с отверстием в центре. На его боковые поверхности нанесены тонкопленочные резисторы, соединённые по мостовой схеме. При изменении веса, меняется сопротивление резистора, а, следовательно, и напряжение, снимаемое с мостовой схемы. Интеллектуальный датчик веса представляет собой комплекс трех датчиков, прикрепленных к платформе, на которую ставится контрольная емкость с топливом. Она должна быть свободна от прямого контакта с подводным и отводящим топливными патрубкам. Изначально замеряется максимальный вес емкости с топливом, но в процессе работы двигателя вес топлива в емкости уменьшается, и на основе проведенных измерений рассчитывается мгновенный, средний расход топлива, и суммарное количество топлива, потраченное за эксперимент.

### **Измерение температуры**

Принцип действия датчиков TP-02 основан на термоэлектрическом эффекте (эффекте Зеебека). Поэтому другое название термопары – термоэлектрический преобразователь. Рабочий диапазон данного датчика от – 60 до + 700 °С, поэтому его можно применять для измерения температуры во всех интересующих точках двигателя. Программная часть осуществляет фильтрацию и усреднение сигналов, а так же производит архивирование измеренных величин. Фото экспериментальной модели датчиков веса и температуры приведено на рис. 2.



*Рис.2. Экспериментальные модели датчиков веса и температуры*

### Измерение частоты вращения коленчатого вала

Интеллектуальный датчик измерения частоты вращения вала двигателя аппаратно выполнен на бесконтактном датчике FC-51. Это оптический датчик, регистрирующий увеличение интенсивности отраженного инфракрасного (ИК) излучения в контролируемом пространстве. Изменение отраженного излучения происходит из-за движущихся частей механизмов или перемещения окружающих предметов. Устройство содержит источник ИК излучения и фотоприемник. Излучение отражается от препятствия и регистрируется фотоприемником. Он передает сигнал на компаратор LM393. Компаратор формирует сигнал на выходе датчика FC-51 низкого или высокого логического уровня. Для повышения контрастности поверхности на маховик (или другую вращающуюся с той же частотой деталь) двигателя приклеивается световозвращающая полоска. Программная часть датчика рассчитывает текущую частоту вращения вала, величину и знак углового ускорения, а также количество циклов (оборотов) с момента запуска двигателя. Фото экспериментальной модели датчика вращения вала приведено на рис. 3.



Рис.3. Экспериментальная модель датчика измерения частоты вращения вала.

Информация с интеллектуальных датчиков на данном этапе считывается компьютером и представляется на его экране, что позволяет представить весь комплекс измерений в виде, удобном оператору (рис. 4).

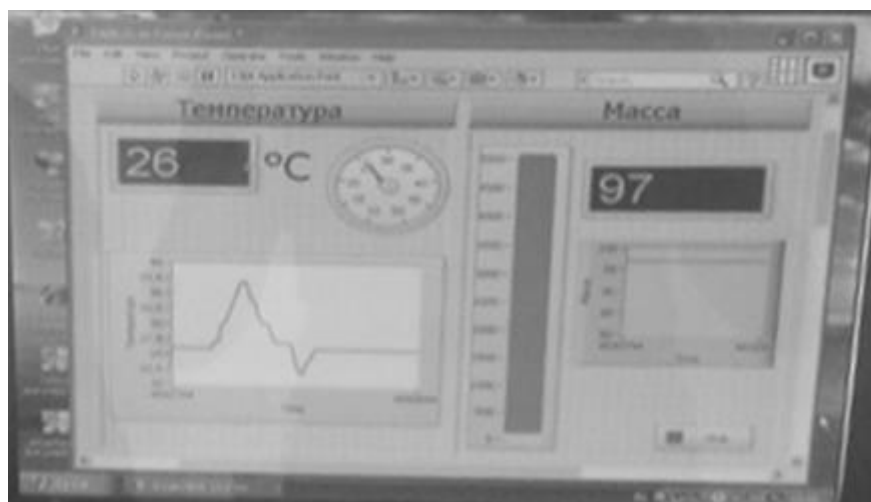


Рис. 4. Отображение результатов измерения интеллектуальными датчиками

#### Ближайшие цели:

- Проведение испытаний работы датчиков в реальных условиях (установка на лабораторный двигатель).
- Создание программного обеспечения, позволяющего выводить информацию операторам, анализировать и обрабатывать данные и проводить их архивацию.

### **Выводы:**

1. Оснащение интеллектуальными датчиками судовых двигателей, выпущенных в «доэлектронную эпоху», позволит предоставить экипажу достаточно полную диагностическую информацию о происходящих в них процессах, что позволит снизить аварийность на флоте.

2. Большинство датчиков могут быть построены на недорогих комплектующих, однако позволяющих измерять необходимые физические величины с вполне приемлемой точностью.

3. Вся собираемая информация может быть (и должна быть!) выведена на компьютер, что открывает широкие возможности по ее обработке и представлению, анализу и архивированию.

### **Список литературы:**

[1]. Грошева Л.С., Плющаев В.И. Адаптивный алгоритм удержания судна с колесным движителем на курсе. – Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 43. – Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. С.47-56.

[2]. Галкин Д.Н., Итальянцев С.А., Плющаев В.И. Компьютеризованная система управления пассажирским колесным теплоходом – Речной транспорт (XXI век). № 6. 2014. С. 29-31.

[3]. Грошева Л.С., Плющаев В.И., Соловьев Д.С. Моделирование динамики судна с колесным движительно-рулевым комплексом с учетом ветрового воздействия – Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. № 2. 2013. С. 17–22.

[4]. Плющаев В.И. Система контроля и передачи судовых технологических параметров береговым службам – Автоматизация и современные технологии. №2. 2012. С. 37-39.

[5]. Абрамов В.И., Бычков В.Я., Рубцов А.В., Гордяскина Т.В., Переvezentsev С.В. Анализ платформы Arduino как аппаратно-программной базы для создания интеллектуальных датчиков системы управления судном

[6]. Сизых В.А. Судовые энергетические установки. – М.: Транспорт, 1989. – 263 с.

## **DEVELOPMENT OF SENSORS AND ALGORITHMS FOR MONITORING SYSTEM OF SHIP POWER PLANT FACILITIES**

V.I. Abramov, N.S. Ivanov, N.E. Stupin,  
T.V. Gordyaskina, S.V. Perevezentsev, O.P. Shurayev

*Keywords: control systems, Arduino platform, fuel consumption measurement, tachometer.*

*An example of the implementation of intelligent sensors based on the Arduino platform used to monitor engine performance parameters is considered. To date, a tachometer has been developed with counting the number of perfect turns / cycles and a system for measuring engine fuel consumption.*

*in.*