

Ю.П. КОНДРАТЕНКО, д-р техн. наук., проф. ЧДУ им. П. Могилы (г. Николаев),

А.В. КОРОБКО, бакалавр НУК им. адм. Макарова (г. Николаев),

Г.В. КОНДРАТЕНКО, канд. техн. наук, доц. НУК им. адм. Макарова (г. Николаев),

Э.А. ШВЕЦ, канд. техн. наук, доц. НУК им. адм. Макарова (г. Николаев)

СИНТЕЗ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ТЕРМОМЕТРИРОВАНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассмотрена процедура синтеза компьютерной системы технической диагностики для модернизации судового дизельного двигателя 6NVD26-2. Описана распределенная система термометрирования двигателя с использованием программируемого логического контроллера ICP DAS μ PAC 7186EX-SM. Приведена реализация человеко-машинного интерфейса на основе SCADA-системы TRACE MODE 6. Ил.: 3. Табл.: 2. Библиогр.: 12 назв.

Ключевые слова: человеко-машинный интерфейс, судовый дизельный двигатель, SCADA-система, программируемый логический контроллер, система технической диагностики.

Постановка проблемы. Большое количество судов речного флота Украины, России и других стран СНГ оснащены двигателями внутреннего сгорания (ДВС) типа 6NVD26-2. Ресурс данных двигателей в большинстве случаев практически выработан, а работоспособность судовых энергетических установок поддерживается на требуемом уровне за счет осуществления частых внеплановых мероприятий по техническому обслуживанию.

Приборы контроля и диагностики, используемые на морских и речных судах, соответствуют требованиям классификационных организаций и производителей энергетического оборудования на момент постройки судна и, как правило, реализованы с использованием соответствующих технологий.

Контрольно-измерительное оборудование, включая компьютерные информационно-измерительные компоненты, быстро устаревает, учитывая довольно долгий срок эксплуатации судов. Современные информационные технологии предоставляют возможность существенно повысить качество контроля работы оборудования, обеспечить более высокий уровень надежности, улучшить условия работы судовой команды за счет модернизации судовых информационных систем, что не требует больших материальных и производственных затрат по сравнению с заменой энергетического оборудования.

Внедрение компьютерных систем и новых вычислительных технологий в сферу диагностики двигателей, в частности, для решения задач автоматизации распределенного термометрирования, позволит повысить эффективность обнаружения аномальных показателей и сбоев в процессе работы двигателей,

что предотвратит появление серьезных аварийных ситуаций путем устранения их причин на ранних стадиях возникновения.

Наиболее целесообразным для повышения надежности эксплуатации энергетических установок представляется сопряжение систем диагностики двигателей с современными компьютерными SCADA-системами (Supervisory Control And Data Acquisition). Развитие данного подхода позволит осуществлять автоматический контроль эксплуатационных показателей двигателей, а также создать простой, интуитивно-понятный, функциональный интерфейс, что приведет к существенному снижению риска возникновения аварийных ситуаций, вызванных наличием "человеческого фактора".

Анализ литературы. Разрабатываемые ведущими фирмами системы диагностики судовых дизельных двигателей обеспечивают комплексный мониторинг большинства эксплуатационных показателей. При этом человеко-машинный интерфейс позволяет оператору в удобной для него форме производить удаленный контроль процесса работы ДВС [1]. Разработка подобных систем осуществляется по заказу ведущих производителей энергетических установок, а их установка позволяет существенно увеличить рабочий ресурс двигателя [2, 3]. Вместе с тем, данные технические решения редко применяются для модернизации старых изношенных двигателей из-за их высокой стоимости.

Локальные системы диагностики [4, 5] позволяют проводить контроль важнейших рабочих показателей. Индикация полученных данных приборами непосредственно возле ДВС позволяет избежать затрат на разработку операторского интерфейса удаленной консоли управления. Однако данный подход требует непрерывного пребывания человека непосредственно вблизи двигателя для сбора информации.

Система удаленного мониторинга эксплуатационных показателей ДВС на базе SCADA-систем [6] позволяет обойтись без программной разработки интерфейса, в то же время обеспечивая широкие возможности для создания человеко-машинного интерфейса.

Использование SCADA-систем для решения задач автоматизированного термометрирования ДВС предоставляет большой выбор средств автоматизации, что свидетельствует о гибкости подобных систем, а также о возможности их последующей модернизации и реконфигурирования без существенных изменений программной базы.

Целью статьи является синтез структуры, алгоритмов, программного обеспечения (ПО) и человеко-машинного интерфейса автоматизированной системы распределенного термометрирования для диагностики судового дизельного двигателя, а также анализ возможностей обмена информацией между контроллерами и SCADA-системами через структурированную базу данных.

Актуальность применения SCADA-систем для создания систем мониторинга и комплексного контроля технологических процессов. В последнее время проводится широкий спектр научных исследований по изучению причин различных технологических повреждений и аварийных ситуаций на промышленных объектах и морских судах [7]. Выявлено [8], что за последние годы главной причиной большей части аварий является человеческий фактор. Это связано с постоянным усложнением аппаратной части автоматизированных систем, что, с одной стороны, приводит к расширению функциональных возможностей и повышению надежности вычислительных комплексов и устройств сбора данных, а, с другой стороны, повышает требования к уровню квалификации человека-оператора, к эргономичности и простоте восприятия информации предоставляемого человеко-машинного интерфейса (для снижения уровня утомляемости человека-оператора).

Снижение уровня аварийности при эксплуатации сложных морских и промышленных комплексов тесно связано с созданием высокоэффективных систем технической диагностики различных технологических объектов. В свою очередь, SCADA-системы, ориентированные на создание комплексных решений автоматизации сложных производственных процессов, предоставляют гибкие средства для разработки человеко-машинного интерфейса.

Сбор данных и диспетчерское управление является основным и остается наиболее перспективным способом автоматизированного управления сложными динамическими системами (процессами) в жизненно важных и критичных (с точки зрения надежности и безопасности) ситуациях. В настоящее время наблюдается настоящий подъем по внедрению SCADA-систем и модернизации существующих автоматизированных систем управления в различных отраслях экономики и промышленности [9]. При этом в индустриальной сфере (в обрабатывающей и добывающей промышленности [10], энергетике и др.) повышение уровня автоматизации существующих производств осуществляется на основе использования SCADA-систем нового поколения.

Широкое внедрение SCADA-систем связано с большим разнообразием их основных функций [6 – 8]: сбор данных о технологическом процессе и обработка информации; обмен данными с УСО (устройства связи с объектом); отображение информации на экране монитора в определенном HMI-интерфейсе (Human Machine Interface); подготовка и генерирование отчетов о стадиях технологического процесса; обеспечение связи с внешними приложениями (электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.).

Рассмотрим более детально методологию синтеза структуры автоматизированной системы распределенного термометрирования для диагностики судового дизельного двигателя научно-исследовательского судна

"Дельта" Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова.

Структура системы диагностики. Использование существующей на судне системы мониторинга температурных показателей двигателя 6NVD26-2 (на основе аналогового измерительного комплекса МКД–50М) требует непрерывного участия человека-оператора при проведении наблюдений, а также значительно усложняет процесс сбора статистической информации о рабочих процессах двигателя. Повышение уровня комфорта человека-оператора, а также степени эффективности сбора текущей и статистической информации при эксплуатации ДВС возможно путем внедрения компьютеризированных систем технической диагностики, синтезированных на основе использования современных контроллеров и SCADA-систем.

В общем случае систему автоматизированного термометрирования и контроля можно условно разделить на три составляющие:

- информационно-измерительный блок, включающий в себя набор термопар для измерения температур отходящих газов всех цилиндров, а также температуры выхлопных газов в выпускном коллекторе двигателя;

- блок автоматического контроля на основе ПЛК, осуществляющий сбор информации с измерительного уровня, ее микропроцессорную обработку и автоматический контроль. В случае превышения допустимых параметров контроллер ПЛК оповещает оператора звуковым сигналом. Контроллер при этом может работать как в автономном автоматическом режиме, так и с осуществлением передачи информации на ПК;

- блок обработки информации, организованный на базе ПК и включающий в себя программу для сбора информации с ПЛК и ее последующего сохранения в базе данных (БД) системы распределенного термометрирования, а также человеко-машинный интерфейс, реализованный в базовой версии SCADA-системы TRACE MODE 6.

Особенности реализации блока автоматического контроля. Основной исполнительный модуль системы диагностики ДВС реализован на базе ПЛК μ PAC 7186EX-SM. Данный контроллер работает на частоте 80 МГц и имеет интерфейсы RS232, RS485, Ethernet для сопряжения с внешними устройствами и модулями расширения. Краткая спецификация [11] используемого ПЛК приведена в табл. 1.

Назначение входов контроллера определяется установленным в нем мезонинным модулем. Для реализации задачи распределенного термометрирования используется плата X305 [12]. Характеристики данной платы расширения приведены в табл. 2.

Главной задачей автоматизированной системы распределенного термометрирования является контроль температурных показателей двигателя, поскольку измерение температуры отходящих газов по каждому из цилиндров двигателя, а также температуры газов в выпускном коллекторе позволяет

осуществлять анализ правильности функционирования двигателя, оценку теплонапряженности, а также предотвращать возникновение аварийных ситуаций.

Таблица 1

Спецификации ПЛК μ РАС 7186EX-SM

Тип процессора		80186-совместимый
Максимальная частота процессора		80 МГц
Оперативная память	Максимальный объем	512 кб
Энергонезависимая память	Максимальный объем	16 кб
	Тип	EEPROM
Электронный диск	Установлено	512 кб
	Тип	Flash
Часы реального времени		Да
Сторожевой таймер		1.6 с
Напряжение питания		+10...+30 В
Потребляемая мощность		1.5 Вт
Время наработки на отказ		60000 ч

Таблица 2

Спецификации мезонинного модуля X305

Каналов аналогового ввода	Всего	7
	С общим проводом	7
Диапазоны входного сигнала	По напряжению	-5...+5 В
АЦП	Разрядность	12 бит
	Частота выборки	1.8 кГц
Каналов аналогового вывода		1
ЦАП	Разрядность	12 бит
	Скорость вывода данных	1.3 кГц
Диапазоны выходного сигнала	По напряжению	-5...+5 В
Нагрузочная способность		5 мА
Каналов дискретного ввода		2
Входное напряжение	Логический 0	0...1 В
	Логическая 1	3.5...30 В
Каналов дискретного вывода	Всего	2
	Открытый коллектор	2
Выходной ток	Логический 0	100 мА
Коммутируемое напряжение	Постоянное	30 В
Потребляемая мощность		0.9 Вт

Анализ работы 6-ти цилиндрического двигателя 6NVD26-2 производится по следующим показателям:

– превышение допустимого интервала температур отходящих газов цилиндров $T_i \pm \Delta T_{\text{доп}}$ ($i = 1, \dots, 6$) при заданных оборотах двигателя $n_{\text{зад}}$ в соответствии со статической характеристикой $T = f(n)$;

– превышение величины разброса $\Delta T_{\text{разб}}$ температурных показателей цилиндров $|T_i - T_j|$ ($i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, \dots, 6; i \neq j$);

– контроль значения скорости изменения $\Delta T_{\text{кол}} / \Delta t$ температуры выхлопных газов $T_{\text{кол}}$ в выпускном коллекторе.

В случае несоответствия любому из условий контроллер сигнализирует оператору о нарушении нормального режима функционирования энергетической установки. Обобщенный алгоритм работы блока контроля приведен на рис. 1.

Архивирование данных для последующей обработки. Для поддержания контроля работоспособности двигателя необходимо не только осуществлять контроль эксплуатационных показателей во время работы двигателя, но и проводить анализ полученных данных после завершения его работы. В условиях судового плавания человек-оператор периодически заносит результаты наблюдений в соответствующий журнал. Для повышения уровня автоматизации системы диагностики ДВС целесообразно обеспечить автоматическое сохранение считанных контроллером данных для последующего анализа.

Разработано программное обеспечение для архивации эксплуатационных показателей.

Реализация человеко-машинного интерфейса системы диагностики ДВС. Реализованная при помощи инструментов, которые предоставляет базовая версия SCADA-системы TRACE MODE 6, панель управления человека-оператора обеспечивает наглядное отображение эксплуатационных показателей двигателя на ПК. Экран монитора реального времени (рис. 2) позволяет производить наблюдение за температурой всех цилиндров одновременно. Цветовая дифференциация температурных интервалов работы двигателя облегчает работу человека-оператора, автоматически показывая, входит ли рабочая температура в опасную зону.

Для наблюдения динамических изменений эксплуатационных показателей предусмотрена дополнительная графическая панель, которая отображает тренды каждого из сигналов термодатчиков. Связь SCADA-системы с ПЛК осуществляется через базу данных и разработанное программное обеспечение, что не снижает производительности системы, т.к. все управляющие функции возложены на контроллер, а SCADA выполняет лишь отображение поточных данных в комфортной для человека-оператора форме.

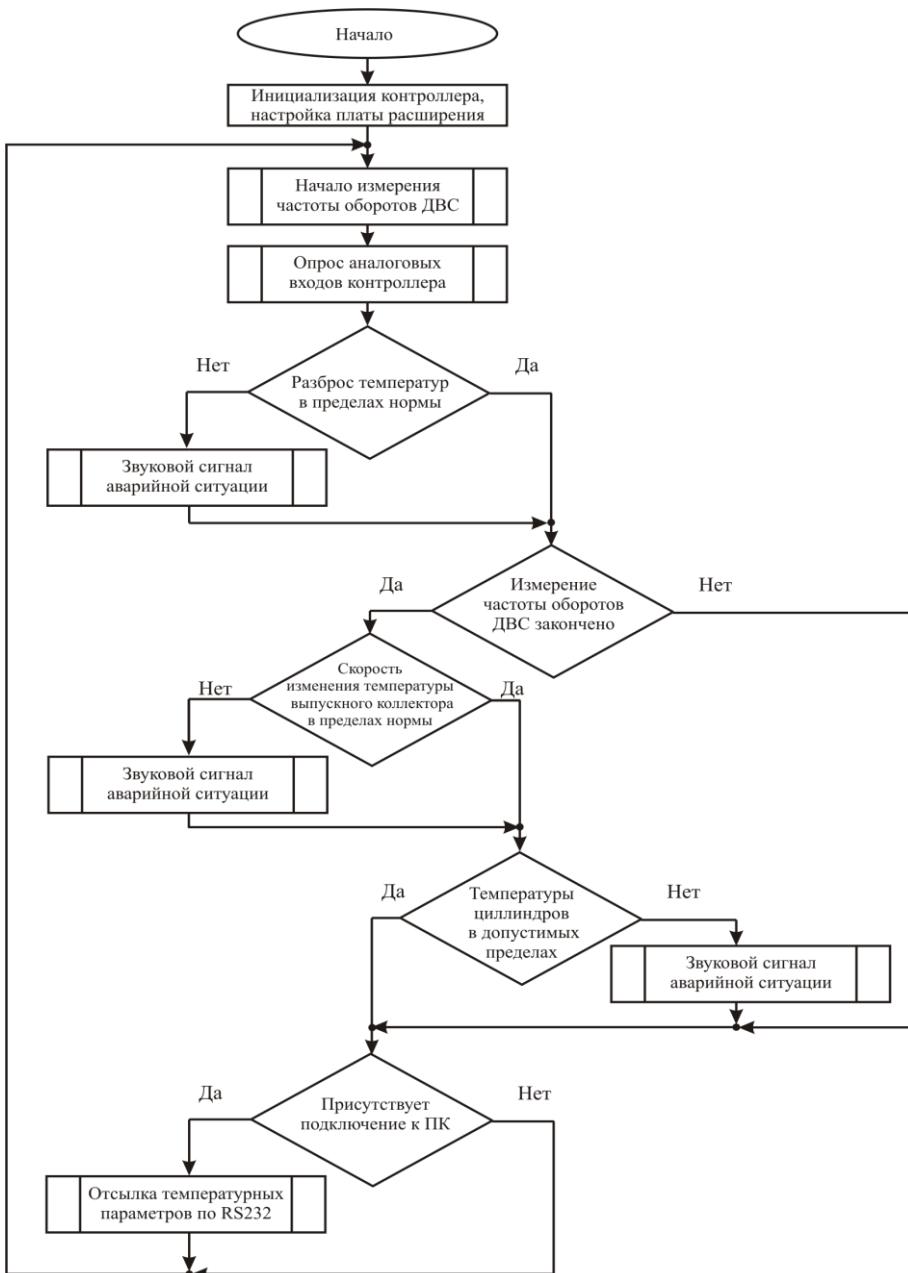


Рис. 1. Обобщенный алгоритм контроля эксплуатационных показателей двигателя

Основная сложность при реализации данного подхода состоит в обеспечении синхронности считывания/записи данных между монитором реального времени SCADA-системы и программой эксплуатационных показателей ДВС, что связано с иллюзорностью реального времени операционной системы Windows. В интерактивных режимах работы выполнение процесса монитора реального времени системы диагностики постоянно прерывается системными процессами большего приоритета, а также аппаратными прерываниями (движение мыши, нажатие клавиш на клавиатуре). Соответственно невозможно точно определять время рабочего цикла панели управления.

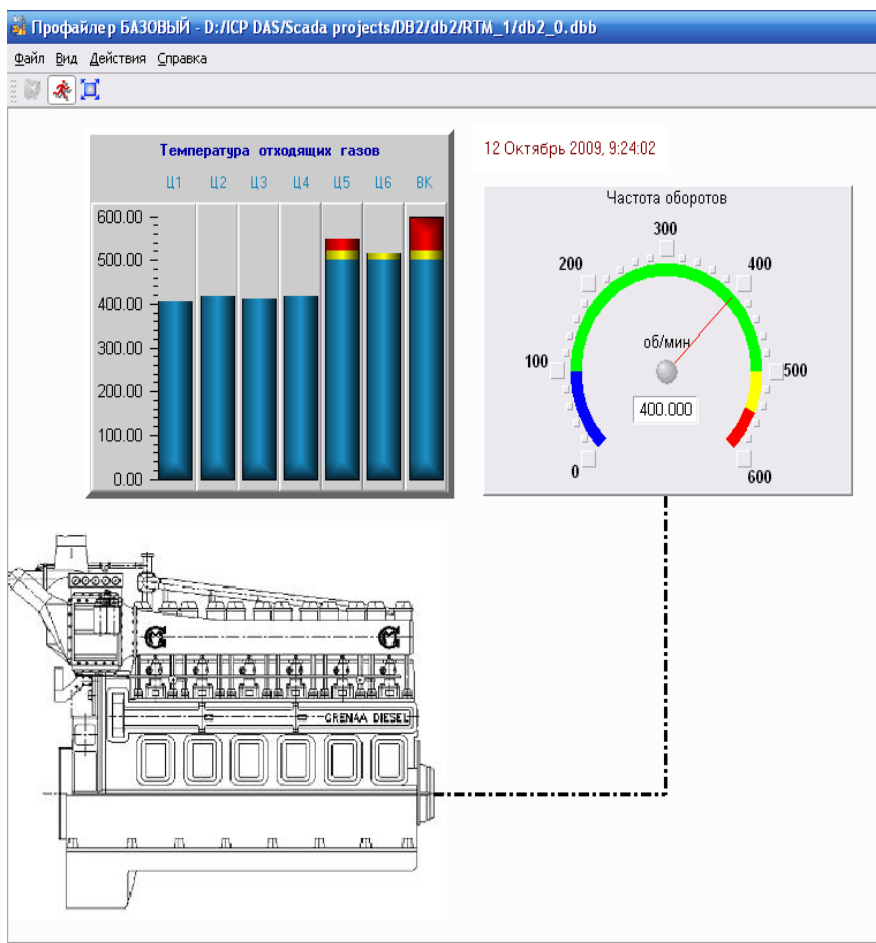


Рис. 2. Главный экран панели управления системы диагностики

На рис. 3 приведена кривая изменения величины времени рабочего цикла на каждом такте пересчета программы. Для выполнения SCADA-системой SQL-запроса SELECT из таблицы «Archive» необходимо указывать номер строки таблицы. Поскольку величина рабочего цикла программы постоянно меняется, то достаточно сложно точно определить временной интервал, через который изменится номер считываемой SCADA-системой строки БД.

Для обеспечения надежного вывода на экран панели управления текущих информационных показателей в БД системы введена дополнительная таблица, которая имеет одну строку и в которой обновление данных происходит выполнением SQL-запроса UPDATE программой архиватором. При этом не требуется изменение SCADA-системой номера считываемой строки.

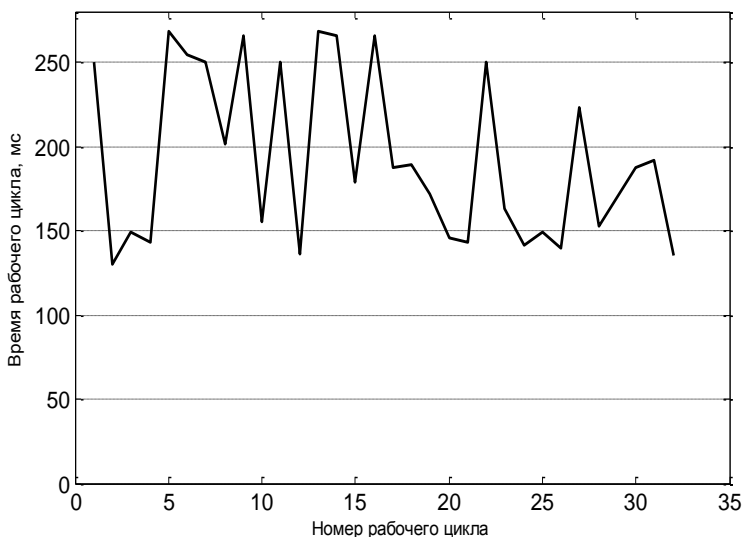


Рис. 3. Величина времени рабочего цикла панели управления

Выводы. Синтезированная автоматизированная система распределенного термометрирования обеспечивает повышение эффективности контроля эксплуатационных показателей судового дизельного двигателя. Возложенные на ПЛК функции контроля термометрических параметров работы двигателя позволяют предотвратить возникновение аварийных ситуаций посредством своевременного устранения причин их возможного появления. Архивация измеренных параметров ДВС в БД позволяет сохранять все данные для последующего анализа. Предоставляемые SCADA-системой TRACE MODE 6 инструменты разработки НМІ позволили создать человеко-машинный интерфейс, который обеспечивает передачу информации о текущем состоянии объекта человеку-оператору. В дальнейшем целесообразно проанализировать способы информационного обмена данными между компонентами системы

через Ethernet по протоколу TCP/IP, а также исследовать возможность непосредственной коммуникации между контроллером и SCADA-системой по протоколу MODBUS TCP.

Список литературы: 1. Neate R.J. SIPWA – A Shipowner’s Point of View / R.J. Neate, S. Barrow // New Sulzer Diesel, December 1990. – 7 с. 2. Сыромятников В.Ф. Наладка автоматики судовых энергетических установок / В.Ф. Сыромятников. – Л.: Судостроение, 1989. – 352 с. 3. Автоматизированные системы управления судовыми дизельными и газотурбинными установками / В.И. Ланчуковский, А.В. Козьминых. – М.: Транспорт, 1990. – 335 с. 4. Шишкин В.А. Анализ неисправностей и предотвращение повреждений судовых дизелей / В.А. Шишкин. – М.: Транспорт, 1986. – 192 с. 5. Камкин С.В. Эксплуатация судовых дизелей: Учебник для вузов / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.П. Шмелев. – М.: Транспорт, 1990. – 344 с. 6. Пидопригора Д. TRACE MODE идет в сеть / Д. Пидопригора // Мир автоматизации. – 2007. – № 5. – С. 22–24. 7. Бадло С.Г. TRACE MODE в металлургии / С.Г. Бадло // Мир автоматизации. – 2007. – № 5. – С. 68–70. 8. Кондратенко Ю.П. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений при управлении судами в экстремальных условиях / Ю.П. Кондратенко // Судостроение. Международный журнал. – 2004. – № 3. – С. 21. 9. Перцовский М.И. Системы промышленной и лабораторной автоматизации: методы и средства построения. / М.И. Перцовский // Мир компьютерной автоматизации. – 2000. – № 4. – [Электронный ресурс] – Режим доступа к журн.: <http://www.mka.ru/?p=40002>. 10. Цвіркун Л.І. Прогресивні інформаційні технології в системах контролю кар’єрного транспорту / Л.І. Цвіркун, Р.В. Липовий // 16 міжнародна конференція з автоматичного управління "Автоматика – 2009". Тези доповідей. – Чернівці, 2009. – С. 394–396. 11. Спецификация контроллера μPAC 7186EX-SM [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ipc2u.ru/catalog/N/NU/52124.html?forprint>. 12. Спецификация мезонинного модуля X305 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ipc2u.ru/catalog/N/NX/16352.html>.

УДК 681.518.5

Синтез комп’ютерної системи розподіленого термометрування для автоматизації завдань діагностики теплових двигунів / Кондратенко Ю.П., Коробко О.В., Кондратенко Г.В., Швець Е.А. // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2009. – № 43. – С. 92 – 101.

Розглянуто підхід модернізації системи діагностики судового дизельного двигуна. Обґрунтовано необхідність впровадження сучасних засобів обробки інформації для підвищення надійності експлуатації ДВЗ. Описана розподілена система термометрії двигуна на основі програмованого логічного контролера. Наведена реалізація людино-машинного інтерфейсу з використанням SCADA-системи. Іл.: 3. Табл.: 2. Бібліогр.: 12 назв.

Ключові слова: людино-машинний інтерфейс, судовий дизельний двигун, SCADA-система, програмований логічний контролер, система технічної діагностики.

UDC 681.518.5

Synthesis of distributed computer automate diagnostic system of heat engines thermometry / Kondratenko Y.P., Korobko O.V., Kondratenko G.V., Shvets E.A. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2009. – №. 43. – P. 92 – 101.

The approach for modernization of the diagnostic systems of marine diesel engines is considered in the paper. The necessity of modern information processing tools installation for improving of the reliability of engines is given. Described structure of distributed engines thermometry system based on programmable logic controller. The realization of human-machine interface based on SCADA-system is shown. Figs: 3. Tables: 2. Refs: 12 titles.

Key words: human-machine interface, naval diesel, SCADA-system, programmable logic controller, technical diagnostic system.

Поступила в редакцію 09.10.2009