

Литература

1. Лысухо, Г.В., Масленников, А.Л. Квадрокоптер: динамика и управление // МГТУ им. Н.Э. Баумана: Политехнический молодежный журнал. – 2020. – № 5(46).
2. Введение в моделирование динамики квадро-, гекса- и октокоптеров // Хабр. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/520374/>
3. Oscarson, O. (2015) Design, Modeling and Control of an Octocopter Royal Institute of Technology.
4. Dixit, A., Misra, A., Talole, S. (2020) UDE based Sliding Mode Control for Octocopter First IEEE International Conference on Measurement, Instrumentation, Control and Automation (ICMICA).
5. Mikhaylenko, L.A., Rusin, D.S., Ustimenko, V.V., Chubar, A.V. (2020) Parametric synthesis of the controller by metaheuristic algorithm in the SimInTech environment Spacecrafts & Technologies 4(3) 171-177.
6. Domakhin, E.A., Popov, N.S., Vilberger, M.E. (2020) Comparative analysis and experimental verification of simulation modelling approach in MATLAB-Simulink and SimInTech Journal of Physics Conference Series 1661.
7. Kondratiev, A.I., Boran-Keshishyan, A.L., Popov A.N. (2016) Model course to revalidate deck officers' competences using simulators WMU Journal of Maritime Affairs 15 163-185.
8. Попов, А.Н. Алгоритм эксплуатационной надежности большой морской системы связи и идентификации судов береговыми центрами в концепции развития е-Навигации / А.Н. Попов, Д.Г. Черноглазов, А.Ю. Татаров // Транспортное дело России. – 2019. – № 1. – С. 171-174.
9. Астреин, В.В. Методологические основы распределенной автоматизированной системы управления безопасностью судовождения / В.В. Астреин, С.И. Кондратьев, А.Л. Боран-Кешипьян // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – № 3 (96). – С. 59-64.

REFERENCES

1. Lysukho, G.V., Maslennikov, A.L. Kvadrokopter: dinamika i upravlenie // MGTU im. N.E. Baumana: Politekhnichekiy molodezhnyy zhurnal. – 2020. – № 5(46).
2. Vvedenie v modelirovanie dinamiki kvadro-, geksa- i oktokopterov // Khabr. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://habr.com/ru/post/520374/>
3. Oscarson, O. (2015) Design, Modeling and Control of an Octocopter Royal Institute of Technology.
4. Dixit, A., Misra, A., Talole, S. (2020) UDE based Sliding Mode Control for Octocopter First IEEE International Conference on Measurement, Instrumentation, Control and Automation (ICMICA).
5. Mikhaylenko, L.A., Rusin, D.S., Ustimenko, V.V., Chubar, A.V. (2020) Parametric synthesis of the controller by metaheuristic algorithm in the SimInTech environment Spacecrafts & Technologies 4(3) 171-177.
6. Domakhin, E.A., Popov, N.S., Vilberger, M.E. (2020) Comparative analysis and experimental verification of simulation modelling approach in MATLAB-Simulink and SimInTech Journal of Physics Conference Series 1661.
7. Kondratiev, A.I., Boran-Keshishyan, A.L., Popov A.N. (2016) Model course to revalidate deck officers' competences using simulators WMU Journal of Maritime Affairs 15 163-185.
8. Popov, A.N. Algoritm ekspluatatsionnoy nadezhnosti bol'shoy morskoy sistemy svyazi i identifikatsii sudov beregovymi tsentrami v kontseptsii razvitiya e-Navigatsii / A.N. Popov, D.G. Chernoglazov, A.Yu. Tatarov // Transportnoe delo Rossii. 2019. № 1. S. 171-174.
9. Astrein, V.V. Metodologicheskie osnovy raspredelennoy avtomatizirovannoy sistemy upravleniya bezopasnost'yu sudovozhdeniya / V.V. Astrein, S.I. Kondrat'ev, A.L. Boran-Keshish'yan // Ekspluatatsiya morskogo transporta. – 2020. – № 3 (96). – S. 59-64.

УДК629.066: 629.067

DOI: 10.34046/aumsuomt99/23

**МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА СЛЕЖЕНИЯ
ЗА СОСТОЯНИЕМ СРЕДЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГРУЗА**

*Е.Б. Осокина, кандидат технических наук, доцент
Д. В. Заболоцкая, курсант*

Назначение представляемой в статье системы наблюдения за грузом в процессе его транспортировки – это предотвращение возможных аварийных ситуаций и, как следствие, обеспечение эксплуатационной безопасности судов, перевозящих контейнерные грузы. В работе рассматривается система управления на базе однокристального микроконтроллера, обеспечивающая контроль и обработку информации, поступающей от датчиков температуры, влажности, давления и газоанализатора. Данные о превышении порогов, установленных для срабатывания датчиков, передаются от системы контроля на мостик по протоколу для маломощных беспроводных сетей – ZigBee. Система управления предусматривает также, при необходимости, вывод на аварийную звуковую и световую сигнализацию. В статье приводится структурная схема разрабатываемой системы и обобщенный алгоритм её работы. Предлагаемая система может быть применена в контейнерах любого типа.

Ключевые слова: Однокристальный микроконтроллер, датчики, безопасность транспортировки грузов, ZigBee.

MICROCONTROLLER SYSTEM FOR MONITORING THE STATE OF THE CARGO TRANSPORTATION ENVIRONMENT

E. B. Osokina, D. V. Zabolotskaya

The purpose of the cargo monitoring system presented in the article during its transportation is to prevent possible emergencies and, as a result, to ensure the operational safety of ships carrying containerized cargo. The paper considers a control system based on a single-chip microcontroller that provides control and processing of information received from temperature, humidity, pressure sensors and a gas analyzer. Data on exceeding the thresholds set for triggering the sensors is transmitted from the monitoring system to the bridge via the ZigBee protocol for low-power wireless networks. The control system also provides, if necessary, the output of an emergency sound and light alarm. The article presents a block diagram of the developed system and a generalized algorithm for its operation. The proposed system can be used in containers of any type.

Key words: Single-chip microcontroller, sensors, cargo transportation safety, ZigBee.

Введение (Introduction)

Обеспечение сохранности перевозимых грузов является главной составляющей морских грузоперевозок и зависит не только от соблюдения оптимальных режимов перегрузочных работ, рационального размещения в грузовых помещениях, но и от создания условий сохранения качества грузов в процессе транспортировки [1]. В зависимости от вида, свойств, и степени опасности груза технологический режим должен обеспечивать поддержание температуры груза и грузового помещения на заданном уровне, предотвращение непредусмотренного увлажнения грузов и прочее. Несоблюдение необходимых условий может привести к возгоранию, появлению токсичных газов и т. д., что уже является опасным для экипажа и судна в целом [2]. Применение современных информационных технологий и систем судовой автоматизации даёт возможность повышения безопасности судна и его экипажа [3].

Постановка задачи (Statement of the problem)

Разработка системы управления на базе микроконтроллера для отслеживания состояния грузов при транспортировке их в контейнерах с целью обеспечения безопасности судна и экипажа при перевозке различных, в том числе опасных, грузов. Система контроля должна содержать комплект датчиков для непрерывной проверки состояния параметров среды внутри контейнера [4, 5]. Кроме того, необходимо обеспечить возможность передачи аварийного сигнала на мостик [6].

Результаты (Results)

В качестве устройства управления системы контроля состояния груза используется однокристалльный микроконтроллер, имеющий в структуре всё необходимое для программируемого ввода-вывода и обработки информации – порты через которые передаются сигналы, память для хранения программы и уставок (пределов срабатывания), таймеры для организации временных задержек, аналого-цифровой преобразователь для

оцифровки сигналов от датчиков и т. д. Информация о состоянии среды, в которой находится груз, поступает от датчиков температуры, влажности, давления и газоанализаторов. Сформированные аварийные сигналы передаются на звуковую сигнализацию и по протоколу беспроводной связи. Структурная схема системы приведена на рисунке 1.

Анализ беспроводных технологий связи показал, что наиболее подходящей технологией для поставленной задачи быстрого оповещения экипажа судна о случившейся аварии в определенном контейнере является ZigBee [7], основанная на едином глобальном стандарте и с поддержкой скоростей передачи ~250 кбит/с, отличающаяся низким энергопотреблением и обеспечивающая защиту информации и надежность системы. ZigBee 802.15.4 – это стандартизированная беспроводная технология, уже изначально предназначенная для приложений мониторинга и контроля, распределенных сетей датчиков, а также, беспроводных информационных сетей для малопотребляющих систем. Поскольку ZigBee характеризуется расширенным спектром передаваемого сигнала, наличием процедуры предотвращения коллизий и контроля целостности данных, эта беспроводная связь подходит для передачи сигналов в сложной помеховой обстановке, что также немаловажно для поставленной задачи.

Выбор беспроводной технологии для передаваемого аварийного сигнала стал главным определяющим фактором при выборе однокристалльного микроконтроллера, который должен иметь возможность передавать по протоколу ZigBee. В результате проектируемая система контроля была выполнена на базе ATmega128RFA1 – однокристалльного микроконтроллера со всеми необходимыми составляющими, дополненного радиочастотным приемопередатчиком с возможностью передачи информации в диапазоне скоростей от 250 кбит/сек до 2Мбит/сек [8].

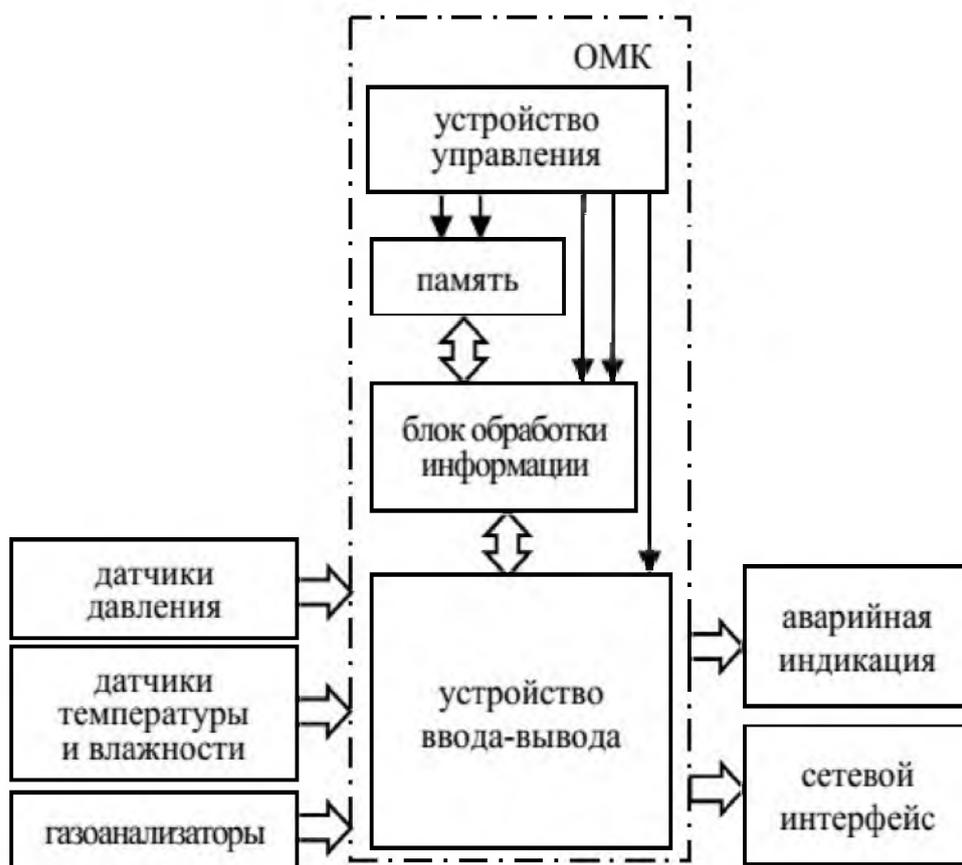


Рисунок 1 – Структурная схема системы контроля

Необходимый набор датчиков сигнализирует микроконтроллеру о состоянии среды содержания груза, отслеживая параметры в реальном времени. В качестве газоанализаторов были использованы датчики MQ-5, определяющие концентрацию сжиженного углеводородного газа, метана и коксового газа. Аналоговое напряжение от датчика поступает в аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера, а затем полученное цифровое соответствие после сравнения с программно заданными порогом анализируется и, при необходимости, выводятся аварийные сигналы по протоколу ZigBee и на звуковую сигнализацию. При использовании цифровых датчиков (давления, температуры, влажности) уже оцифрованные сигналы поступают в микроконтроллер для сравнения с заданными уставками.

Алгоритм работы устройства предполагает, после начальных загрузок микроконтроллера и формирования библиотеки уставок для срабатывания сигнализации, поочерёдный опрос датчиков, сравнение с заданными порогом и, при нарушении заданных уровней, вывод аварийных сигналов. На рисунке 2 приведён обобщённый алгоритм системы контроля.

Каждый блок алгоритма включает комплексную последовательность действий общего

функционального назначения. При инициализации микроконтроллера настраиваются порты ввода-вывода в соответствии с подключением датчиков, программируются таймеры на определённый режим и величину задержки, устанавливаются параметры для работы аналого-цифрового преобразователя и прочее. Ввод и обработка информации предполагает для цифровых датчиков передачу информационных и согласующих сигналов по определённым протоколам последовательной связи и последующее сравнение с уставками, а для аналоговых датчиков после ввода сигнала его оцифровку и также сравнение с заданными порогом срабатывания. Программные модули, разработанные в соответствии с подробным алгоритмом каждого блока, позволяют рационально использовать возможности системы.

Обсуждение (Discussion)

Необходимые условия для перевозки конкретного типа груза определяют дополнительный функциональный состав и количество применяемых датчиков. К основному комплексу, как правило, можно отнести устройства, контролирующие температуру и влажность, а также, с целью пожаробезопасности, датчик дыма. Таким образом, предлагаемая разработка годится для отслеживания любого типа груза. Используемый однокристалльный микроконтроллер с дополнительной

функцией возможности передачи радиосигнала – это оптимальное решение, реализующее не только передачу радиосигнала из контейнера на мостик, но и позволяющее использовать предлагаемую систему, при необходимости, и в других

случаях, требующих анализа состояния среды и немедленной реакции на отклонения от заданных уровней параметров.

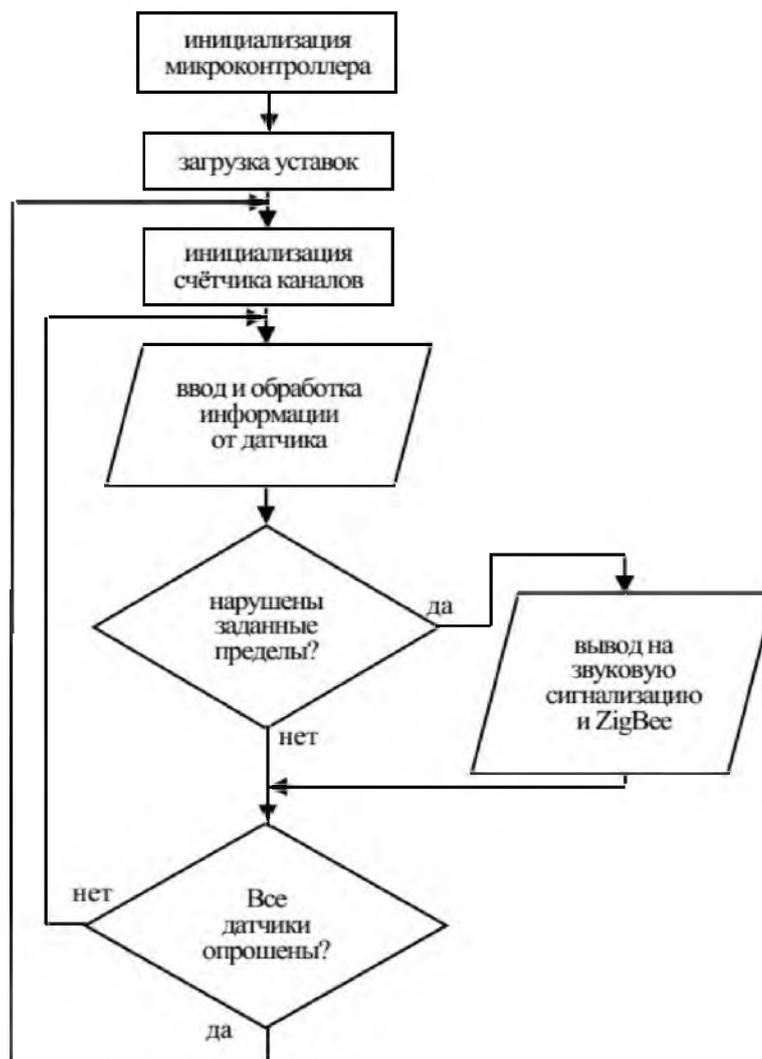


Рисунок 2 – Обобщенная схема алгоритма работы системы контроля

Выводы (Summary)

Разработанная система безопасности на базе однокристального микроконтроллера, выполняющая отслеживание в реальном времени параметров среды содержания груза, была программно отлажена в процессе моделирования, таким образом можно констатировать её работоспособность. Важным фактором является также гибкость предлагаемой системы, т.е. возможность её модификации в зависимости от конкретного применения, что достижимо за счёт изменения комплектации датчиков и модульного программирования.

Литература

1. Правила безопасности морской перевозки грузов: РД 31.11.21.16-2003: утв. М-вом транспорта Рос.

2. Федерация 21.04.03; ввод в действие 24.11.03с изм. на 06.07.12. – СПб: ЗАО ЦНИИМФ. – 69 с.
3. Международный интернет Кодекс по сайт перевозке опасных правила грузов (МК методы МПОГ), том 1.– СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2007. – 512 гост с.
4. Белый О. В. Информационные системы технических средств транспорта / О. В. Белый, А. Е. Сазонов; под ред. Ю. А. Лукомского; Ин-т проблем трансп. РАН. – СПб: Элмор, 2001. – 185 с.
5. Филиппова А. И. Разработка системы мониторинга состояния скоропортящегося груза приморских контейнерных перевозках / А. И. Филиппова, Е. Б. Осокина, А. Ж. Радочинская // Эксплуатация морского транспорта. – 2017. – №4 (85). – С. 31-35.
6. Филиппова А. И. Разработка системы слежения за опасными грузами в условиях морских контейнерных перевозок / А. И. Филиппова, К. А. Тарбеев, А.

- Ж. Радочинская // Молодежь – наука–инновации: сб. мат. 66-й межд. науч.-техн. конф. – Владивосток: Мор. гос. ун-т. – 2016. – Т1. – С. 20-23.
6. Заболоцкая Д. В. Система оповещения аварийного состояния груза / Молодежь– наука–инновации: сб. мат. 66-й межд. науч.-техн. конф. – Владивосток: Мор. гос. ун-т. – 2018. – Т1. – С. 190-193.
7. ZigbeeAlliанс: интернет ресурс: <https://zigbeealliance.org/>
8. Справочник по электронным компонентам: интернет ресурс: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/ATmega128RFA1.htm>
- red. Yu. A. Lukomskogo; In-t problem transp. RAN. – SPb: Elmor, 2001. – 185 с.
4. Filippova A. I. Razrabotka sistemy monitoring sostoyaniya skoroportyashchegosya gruzа primorskikh konteynernykh perevozkakh / A. I. Filippova, E. B. Osokina, A. Zh. Radochinskaya // Eksploatatsiya morskogo transporta. – 2017. – №4 (85). – S. 31-35.
5. Filippova A. I. Razrabotka sistemy slezheniya za opasnymi gruzami v usloviyakh morskikh konteynernykh perevozk / A. I. Filippova, K. A. Tarbeev, A. Zh. Radochinskaya // Molodezh' – nauka–innovatsii: sb. mat. 66-y mezhd. nauch.-tekhn. konf. – Vladivostok: Mor. gos. un-t. – 2016. – T1. – S. 20-23.
6. Zabolotskaya D. V. Sistema opoveshcheniya avariynogo sostoyaniya gruzа / Molodezh' – nauka–innovatsii: sb. mat. 66-y mezhd. nauch.-tekhn. konf. – Vladivostok: Mor. gos. un-t. – 2018. – T1. – S. 190-193.
7. ZigbeeAlliанс: internet resurs: <https://zigbeealliance.org/>
8. Spravochnik po elektronnyim komponentam: internet resurs: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/ic/Atmel/micros/avr/ATmega128RFA1.htm>

References

1. Pravila bezopasnosti morskoy perevozki gruzov: RD 31.11.21.16-2003: utv. M-vom transporta Ros. Federatsii 21.04.03; vvod v deystvie 24.11.03 s izm. na 06.07.12. – SPb: ZAO TsNIIMF. – 69 s.
2. Mezhdunarodnyy internet Kodeks po sayt perevozke opasnykh pravila gruzov (MK metody MPOG), tom 1. Spb.: ZAO TsNIIMF, matyushov 2007. – 512 gost s.
3. Belyy O. V. Informatsionnye sistemy tekhnicheskikh sredstv transporta / O. V. Belyy, A. E. Sazonov; pod