УДК 681.5.017

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МОНИТОРИНГ РАБОТЫ ЭКСКАВАТОРА В УСЛОВИЯХ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

Мещеряков Ярослав Евгеньевич,
аспирант, e-mail: *M.YarosLove@yandex.ru*

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация

Создание устройства для мониторинга работы экскаватора – актуальная задача современного машиностроения. Описано содержание научно-обоснованной разработки и модернизации аппаратно-программного комплекса для реализации поставленной цели. Приведены результаты промышленных испытаний этого комплекса на одном из угольных разрезов Кузбасса.

Ключевые слова: *Кузбасс, добыча угля, горные машины, шагающий экскаватор, буровой станок, акселерометр, гироскоп, оптимальное управление, управление, обратная связь, мониторинг, рабочий цикл.*

Приоритетным направлением развития угольной отрасли Кузбасса является применение безопасных технологий путём увеличения доли добычи угля открытым способом. Технологические машины, применяемые на угольных разрезах, отличаются чрезвычайно большой энергоёмкостью. Поэтому оптимизация их работы по критерию минимизации энергозатрат является актуальной задачей. Однако принимать управленческие, организационные и технологические решения в этом направлении возможно только после детального анализа большого массива информации по рабочим циклам технологической машины за длительный

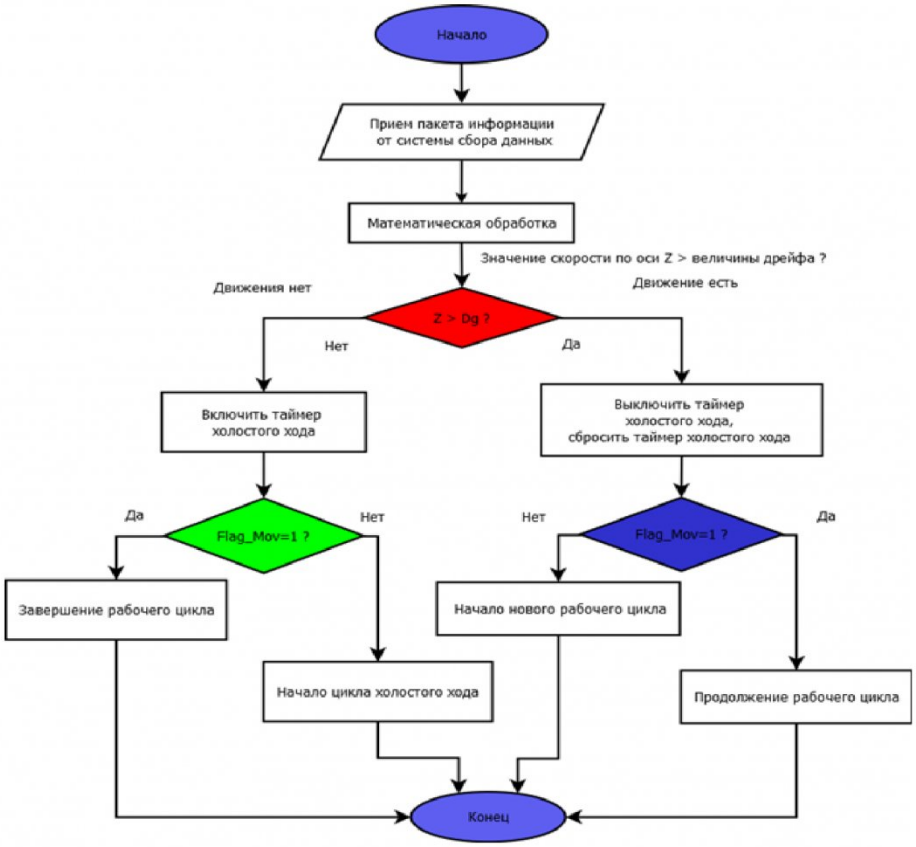

Рис. 1. Блок-схема алгоритма главного цикла работы АПК

промежуток времени (смена, сутки, неделя и т.д.).

Разработанный с этой целью и изготовленный авторами аппаратно-программный комплекс (АПК) мониторинга положения в пространстве элементов горных машин был успешно испытан в условиях угольного разреза «Прокопьевский» [1,2]. Испытания доказали работоспособность комплекса и позволили определить направления совершенствования его конструкции и программного обеспечения [3], а так же подтвердили возможность использования инерциальной системы навигации [4, 5, 6, 15, 16, 17]

Совершенствование конструкции заключалось в замене акселерометра на более точный и надёжный датчик-акселерометр SCA3100-D04-1 с точностью не хуже 0.1 градуса вокруг осей X, Y в режиме статического инклинометра, а также внесении температурных поправок для датчиков. АПК также был доукомплектован устройством непрерывной передачи данных по беспроводному каналу связи. Все функциональные устройства комплекса были размещены в едином металлическом корпусе.

Алгоритм работы АПК был разработан на основе анализа типового цикла работы экскаватора на операции перевалки горной массы с ориентацией на перспективную элементную базу [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]. Он состоит из двух частей:

- главного цикла, который описывает текущее состояние системы и предписывает дальнейшее поведение программы в зависимости от состояния платформы экскаватора (рис. 1);
- расчет циклов разбитых по четкому детерминированному состоянию: «расчет нового рабочего цикла», «продолжение цикла», «цикл холостого хода», «завершение рабочего цикла».

Функционирование АПК в каждом из состояний осуществлялось по своему алгоритму. Так «расчёт нового рабочего цикла» начинался с включения таймера для отсчета продолжительности рабочего цикла $T_ц$ [сек] с дискретностью 0.1 сек. Расчет угла поворота платформы экскаватора выполнялся по формуле:

$$\varphi_n = \varphi_{n-1} + \left(\frac{\omega_{n-1}+\omega_n}{2}\right) t_\Delta,$$

где φ_{n-1} – предыдущее значение угла поворота; ω_{n-1} – значение угловой скорости платформы на прошлом шаге; ω_n – текущее значение угловой

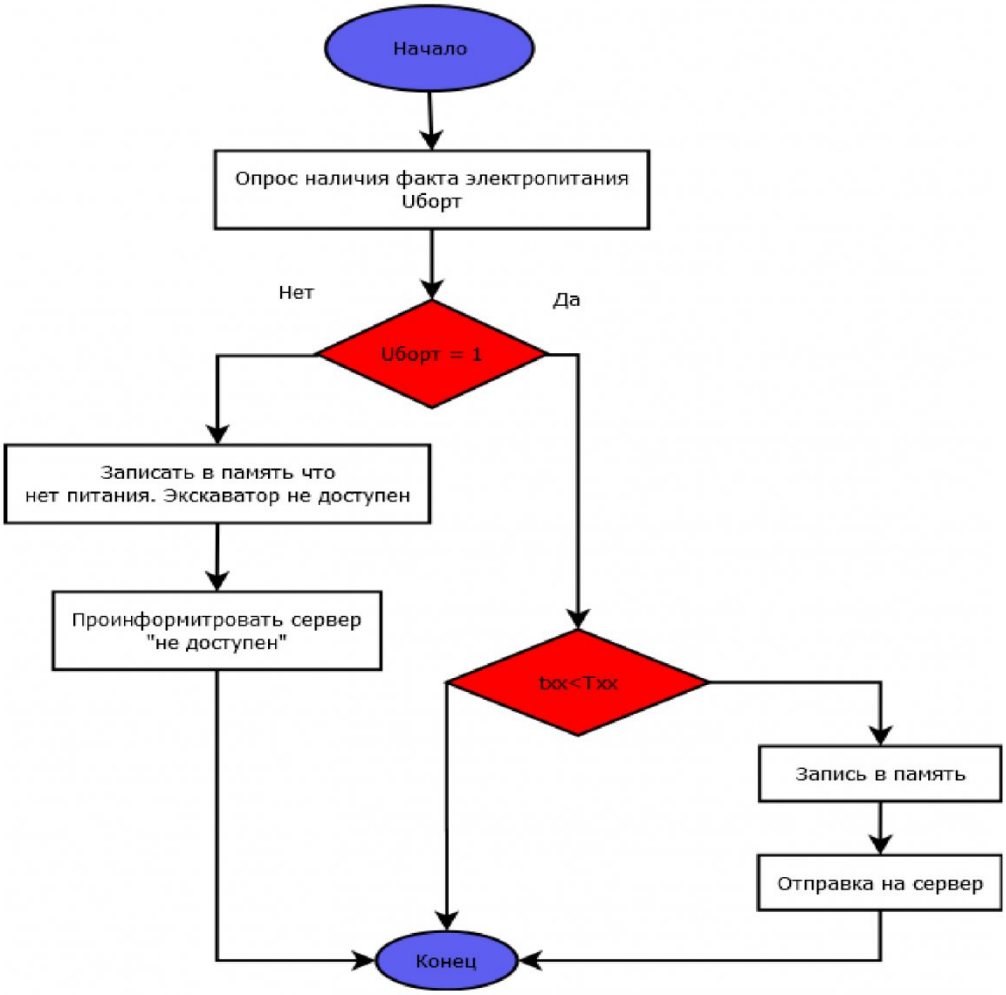

Рис. 2 Блок-схема алгоритма расчёта «цикла холостого хода»

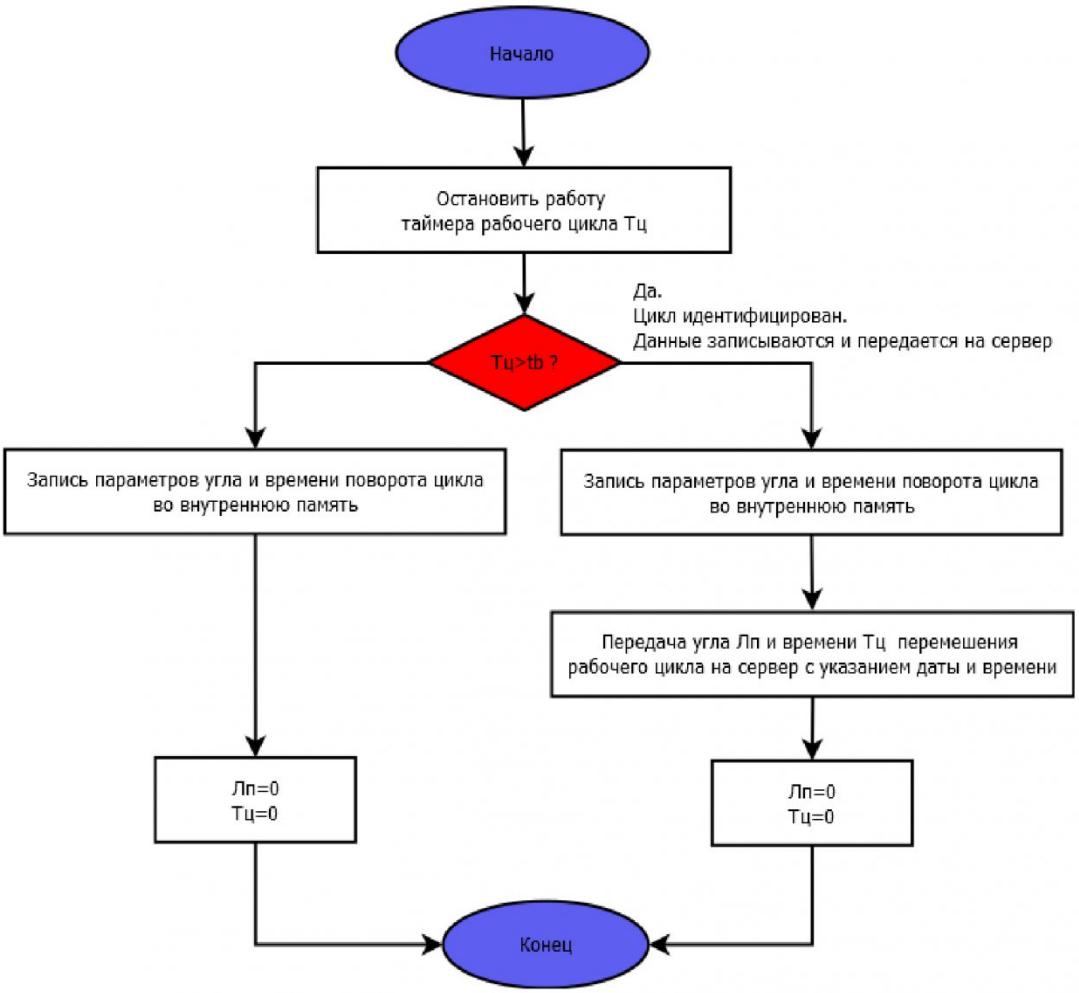

Рис. 3 Блок-схема алгоритма расчёта «завершения рабоч

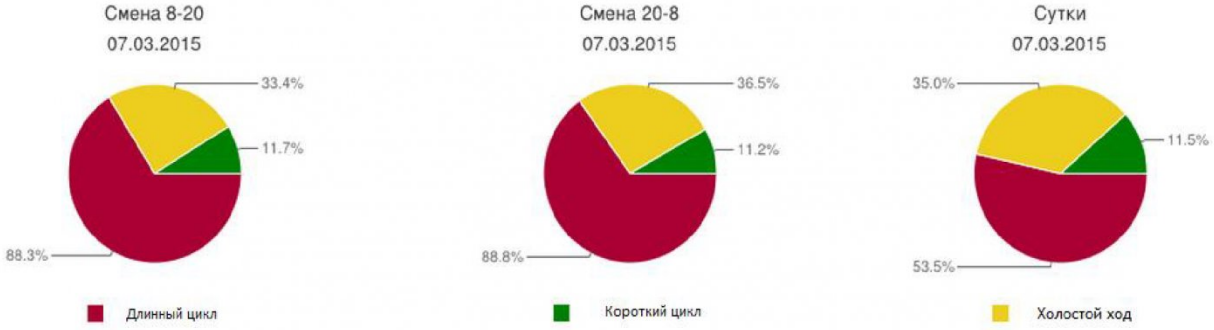

Рис. 4. Диаграмма рабочих циклов за 7-8 марта 2015 его цикла

скорости платформы; t_{Δ} – дискретность.

На рис. 2 представлена блок-схема расчёта «цикла холостого хода».

Принцип фиксации холостого хода – опорное время покоя системы t_{xx} и факт наличия бортового питания ($U_{борт}$ = 1), где t_{xx} – опорное значение цикла «холостой ход»; T_{xx}– время цикла «холостой ход».

На рис. 3 представлена блок-схема алгоритма завершения рабочего цикла. Подпрограмма, разработанная по этому алгоритму, фиксировала время рабочего цикла $T_ц$ [сек] и угол поворота платформы φ_n. Эти параметры записывались во внутреннюю память АПК и одновременно передавались на сервер для анализа и отображения. По окончанию цикла переменные $T_ц$ и φ_n обнулялись.

Промышленные испытания АПК проводились в условиях разреза «Виноградовский». Блок АПК был установлен в кабине машиниста экскаватора ЭШ – 11/70, работающего на перевалке горной массы.

После установки блока АПК были запущена система самодиагностики и внутренней самокалибровки ориентации в пространстве.

Рис. 5. Почасовая диаграмма рабочих циклов.

Калибровка заключалась в получении начальных данных об углах ориентации блока АПК с датчика - акселерометра SCA3100-D04-1. После получения калибровочных данных для работы модуля, была установлена связь с сервером.

После соединения с сервером управляющая программа и аппаратная часть продолжила работу в штатном режиме. Данные, поступающие на сервер в автоматическом режиме, обрабатывались и помещались на сайте разработчика. Комплекс проработал в непрерывном режиме десять суток. Во время проведения испытаний он показал высокую точность и стабильность работы на протяжении всего времени испытаний. Таким образом, система мониторинга точно зафиксировала рабочие циклы экскаватора ЭШ – 11/70, время смены рабочих бригад машинистов. Массив полученных данных соответствует событиям, зафиксированным в журнале учета рабочего времени.

В качестве примера на рис. 4 представлена диаграмма работы экскаватора ЭШ – 11/70 за 7-8 марта 2015 года, а на рис. 5 – почасовая диаграмма рабочих циклов за тот же период времени - тёмно-зелёным цветом показано число коротких циклов, а светло-зелёным – число длинных циклов работы экскаватора.

Таким образом, результаты проведённых испытаний АПК в реальных производственных условиях подтверждают возможность его применения для дистанционного мониторинга работы экскаваторов в условиях угольных разрезов Кузбасса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дрыгин, М.Ю.* Аппаратно-программный комплекс позиционирования в пространстве функциональных элементов горных машин / М.Ю. Дрыгин, Н.П. Курышкин, Я.Е. Мещеряков, О.В. Любимов // Вестник КузГТУ, 2014, №5. – С. 28-31.

2. *Мещеряков, Я.Е.* Мониторинг точности позиционирования основных функциональных узлов технологических машин / Я.Е. Мещеряков , А.М. Кориков // Актуальные проблемы современного машиностроения: сб. трудов Международной научно-практ.конференции / Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014.– С. 38-42.

3. *Мещеряков Я.Е.,* Операционная система для микроконтроллеров AVR семейства XMEGA // Я.Е. Мещеряков [и др.] Современные техника и технологии: сб. трудов XVIII Международной науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 2 / Томский политех. ун-т. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2012. – С. 359-360.

4. *Бромберг, П. В.* Теория инерциальных систем навигации.–М.: Наука, 1979.– 296 с.

5. *Salychev, O. S.* Applied inertial navigation: problems and solutions. – M.: BMSTU Press, 2004. – 304 p.

6. *Салычев, О.С.* Волновое описание возмущений в задачах оценки ошибок инерциальных систем навигации. – М.: Машиностроение, 1992. – 216 с.

7. *Шпак Ю.А.* Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров: учебное пособие\ Ю.А. Шпак. – СПб.: Корона – век, 2011. – 544с.

8. *Магда Ю.С.* Микроконтроллеры PIC24 архитектура и программирование \ Ю.С. Магда. – М.: ДОДЕКА-XXI, 2009.-240 с.:ил.–(Серия “Программируемые системы”).

9. *Ди Джасио Л.* Программирование на С микроконтроллеров PIC24:Пер. с англ.–К.:”МК–Пресс”, СПб.: “Корона – век,” 2014. – 336 с., ил.

10. *Рюмик С.М.* 1000 и одна микроконтроллерная схема. Книга 1/ С.М. Рюмик. – 2–е изд. Стер. – М.: Додека-XXI, 2012 г. - 356 с. : ил. +CD. –(Серия «Программируемые системы»).

11. *Рюмик С.М.* 1000 и одна микроконтроллерная схема. Книга 2/ С.М. Рюмик. – 2–е изд. Стер. – М.: Додека-XXI, 2011 г. - 400 с. : ил. +CD. –(Серия «Программируемые системы»).

12. Электронные компоненты. Date Views 01.02.2015 mt-system.ru.

13. Сайт производителя высокоточной промышленной элементной базы Murata. Date Views 01.05.2015 www.murata.com/en-global/products/sensor.

14. Сайт производителя цифровых сигнальных микроконтроллеров. Date Views 01.05.2015 www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/16bit/

15. Сайт посвященный микроконтроллерам. Date Views 01.02.2015 www.pic24.ru/doku.php/articles/list.

16. Терешков В.М., Прямой метод оценивания погрешностей датчиков бес платформенных инерционных измерительных систем // В.М.Терешков. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия "Приборостроение". – М.: Изд-во МГТУ, 2010. №3 – С. 68-78.

17. *Басараб. М.А., Фомичев А.В.,* Миниатюрные волновые твердотельные гироскопы для малых космических аппаратов // М.А. Басараб и др. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия "Приборостроение". – М.: Изд-во МГТУ, 2014. №3 – С. 80-96.

Поступило в редакцию 17.05.2015

THE AUTOMATED MONITORING OF OPERATION OF THE EXCAVATOR IN THE CONDITIONS OF COAL MINE

Mescheryakov Yaroslav E.,
assistant to chair of applied mechanics, e-mail: M.YarosLove@yandex.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Abstract

Creation of the device for monitoring of operation of the excavator – an actual problem of modern mechanical engineering. The content of scientifically based development and modernization of a hardware-software complex for realization of a goal is described. Results of industrial tests of this complex are given in one of coal mines of Kuzbass.

Keywords: Kuzbass, coal mining, mining machine, the walking excavator, the drilling rig, the accelerometer, a gyroscope, optimal control, management, feedback, monitoring, operating cycle.

REFERENCES

1. Drygin, M. Yu. A hardware-software complex of positioning in space of functional elements of mountain cars / M. Yu. Drygin, N. P. Kuryshkin, Ya.E. Meshcheryakov, O. V. Lyubimov//the Messenger of KUZGTU, 2014, No. 5. – Page 28-31.

2. Meshcheryakov, Ya.E. Monitoring of accuracy of positioning of the main functional knots of technological machines / Ya.E. Meshcheryakov, A.M. Korikov//Actual problems of modern mechanical engineering: сб. works International scientific практ.конференции / Yurginsky institute of technology. – Tomsk: Publishing house of Tomsk polytechnical university, 2014. – Page 38-42.

3. Meshcheryakov Ya.E., the Operating system for AVR microcontrollers of XMEGA family//Ya.E. Meshcheryakov [etc.] Modern equipment and technologies: сб. works XVIII International науч. - практ. конф. students, graduate students and young scientists. In 3 t. T. 2 / Tomsky Polytechnic University. un-t. – Tomsk: Izd• vo Tomsky polytechnical un-that, 2012. – Page 359-360.

4. Bromberg, P. V. Theory of inertial systems of navigation. – M.: Science, 1979. – 296 pages.

5. Salychev, O. S. Applied inertial navigation: problems and solutions. – M.: BMSTU Press, 2004. – 304 p.

6. Salychev, O. S. The wave description of indignations in problems of an assessment of errors of inertial systems of navigation. – M.: Mechanical engineering, 1992. – 216 pages.

7. Shpak Yu.A. Programming in language C for AVR and PIC microcontrollers: educational grant \Yu.A. Shpak. – SPb.: A crown – a century, 2011. – 544s.

8. Magda Yu.S. PIC24 microcontrollers architecture and programming \Yu.S. Magda. – M.: DODEKA-XXI, 2009.-240 with I.:it. – (Programmable Systems series).

9. Dee Dzhasio L. Programming on From Pic24:per microcontrollers. with English – To.:" MK-Press", SPb.: "A crown – a century," 2014. – 336 pages, silt.

10. Ryumik of Page M. 1000 and one microcontroller scheme. Book 1/S. M. Ryumik. – 2nd prod. I erased. – M.: Dodeka-XXI, 2012 - 356 pages: silt. +CD. – (Programmable Systems series).

11. Ryumik of Page M. 1000 and one microcontroller scheme. Book 2/S. M. Ryumik. – 2nd prod. I erased. – M.: Dodeka-XXI, 2011 - 400 pages: silt. +CD. – (Programmable Systems series).

12. Electronic components. Date Views 01.02.2015 mt-system.ru.

13. Site of the producer of the high-precision industrial element Murata base. Date Views 01.05.2015 www.murata.com/en-global/products/sensor.

14. Site of the producer of digital alarm microcontrollers. Date Views of 01.05.2015 www.microchip.com/pagehandler/en-us/family/16bit/

15. The site devoted to microcontrollers. Date Views of 01.02.2015 www.pic24.ru/doku.php/articles/list.

16. Tereshkov V. M., Direct method of estimation of errors of sensors demon of platform inertial measuring systems//V. M. Tereshkov. The bulletin of MGTU of N.E. Bauman. Instrument making series. – M.: Publishing house of MGTU, 2010. #3 – Page 68-78.

17. Basarab. M. A., Fomichev A.V., Tiny wave solid-state gyroscopes for small spacecrafts//M. A. Basarab, etc. The bulletin of MGTU of N.E. Bauman. Instrument making series. – M.: Publishing house of MGTU, 2014. #3 – Page 80-96.

Received 15.05.2015