

УДК 620.9: 681.3

А.А. Широков¹, А.В. Кычкин², А.А. Клюкин¹¹Пермская государственная академия искусства и культуры, г. Пермь, Россия²Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
г. Пермь, Россия

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭНЕРГОУЧЕТА ЖИЛИЩНО- КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Рассматривается подход к автоматизации систем учета энергетических параметров жилищно-коммунального хозяйства с использованием сенсорных сетей, предоставляющий расширенные функциональные возможности, в том числе распределенную регистрацию энергетических параметров, беспроводную передачу информации, удаленный доступ к результатам учета с разделением прав пользователей, аналитический аппарат. Автоматизированный энергоучет жилищно-коммунального хозяйства на основе технологии ZigBee позволит создать информационную инфраструктуру сбора данных, позволяющую обеспечить прозрачность потребления энергии, гарантировать централизованное накопление и обработку энергетических параметров, включая профили потребления и потерь, способствовать выявлению нерационального расхода топливно-энергетических ресурсов, идентификации технологически обоснованного уровня энергопотребления, прогнозировать и нормировать энергопотребление. Построены обобщенная структурная схема автоматизированной системы, структурная схема и алгоритм работы подсистемы сбора данных энергетического учета ЖКХ.

Ключевые слова: система энергетического учета, сенсорная сеть, ZigBee, беспроводной сбор данных, распределенная автоматизированная система.

A.A. Shirokov, A.V. Kichkin, A.A. Klyukin

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ENERGY ACCOUNTING OF THE HOUSING AND MUNICIPAL SERVICES AUTOMATIZATION

The paper presents an approach to automation of accounting systems of energy parameters of housing and communal services on the basis of sensor networks, providing new features, including the allocation of the registration of the energy parameters, wireless data transmission, remote access to the results of the accounting division of user rights, an analytical apparatus. Automated Energy accounting housing and communal services based on ZigBee technology will create an information infrastructure to collect data for energy consumption to ensure transparency, ensure centralized accumulation and processing of energy parameters, including profiles of consumption and waste, help to identify wastage of energy resources, identification of technologically feasible level energy, predict and normalized energy consumption. A block diagram of the automated system and block diagram of the data acquisition sub-system of energy accounting utilities are presented.

Keywords: energy accounting, sensor network, ZigBee, a wireless data collection, distributed automated system.

На сегодняшний день промышленность и жилой сектор в нашей стране потребляют значительно больше энергоресурсов, чем в других странах. Кроме климатических факторов существуют и другие, связанные с нерациональным отношением к энергоресурсам. Несмотря на высокий приоритет задач по снижению потерь электрической и тепловой энергии, наличие вектора государственного развития, например «Энергетическая стратегия России на период до 2020 года», ситуация в реальном энергетическом секторе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) остается напряженной.


Решение текущих и перспективных проблем снижения потерь энергоресурсов невозможно без энергетического учета, включающего функции комплексной автоматизации процесса сбора и анализа параметров энергопотребления [1, 2]. Если на крупных предприятиях проблема автоматизации учета электрической и тепловой энергии последовательно и систематически решается, то для жилого сектора эта задача комплексно не решается вообще.

За последние двадцать, а может и более лет, структура системы энергоучета не претерпела серьезных изменений. В ее состав входят три уровня: нижний – объектовый, средний – промежуточного сбора и предварительной переработки информации, верхний – хранения полученной информации и ее анализа [3, 4]. Что касается функционального наполнения уровней, то здесь есть существенные изменения.

Ранее основными средствами учета были индукционные счетчики с импульсными преобразователями или непосредственно импульсные счетчики, которые часто применяются и сегодня. Каждый счетчик использует свою линию связи и подключается к отдельному входу контроллера. Система в этом случае располагается на ограниченной территории, а контроллер в основном загружен процедурой подсчета импульсов, поступающих от счетчиков. Очевидно, что применение таких счетчиков в распределенных системах автоматического энергоучета жилищного фонда не представляется возможным.

Современная ситуация существенно изменилась в условиях массовой установки электронных счетчиков, имеющих цифровые выходы. Даже притом, что счетчики имеют различные интерфейсные выходы, можно использовать преобразователи интерфейсов и соответственно организовать передачу накопленной информации от счетчиков на верхний уровень [5].

Существенно изменились функции среднего уровня. Фактически здесь развились средства преобразования форматов, подключения к аппаратуре передачи данных и реализации этой передачи. Ниже приведены некоторые популярные в сфере ЖКХ модели счетчиков электрической энергии, имеющие различные цифровые выходы.

| Наименование | Назначение и базовый функционал | Интерфейс связи | Внешний вид |
|------------------|--|-----------------|---|
| Меркурий 200 | Коммерческий учет активной электроэнергии в однофазных цепях переменного тока. Учет по четырем тарифам, накопление информации | PLC RS-485 |  |
| Меркурий 234 ART | Одно- или двунаправленный многотарифный учет активной и реактивной электрической энергии и мощности в трехфазных 3- или 4-проводных сетях переменного тока. Хранение профиля нагрузки, профиля потерь, журналов событий. | PLC RS-485 |  |
| CE102 | Коммерческий учет активной электроэнергии в однофазных цепях переменного тока. Учет по четырем тарифам, накопление информации | ZigBee |  |
| CE301 | Одно- или двунаправленный многотарифный учет активной электрической энергии и мощности в трехфазных проводных сетях переменного тока. Учет по четырем тарифам, накопление информации | ZigBee |  |

У каждого из представленных вариантов имеются свои достоинства и недостатки. В частности, прокладка специализированных интерфейсов RS-485 целесообразна на этапе строительства жилого дома. В заселенных квартирах с выполненным ремонтом дополнительные строительные-монтажные работы, как правило, не проводятся. Интерфейс PLC целесообразно использовать для оборудования с подведением к нему сети 220 В, что бывает далеко не всегда. В этих условиях целесообразно использовать оборудование с передачей данных по радиоканалу, например с использованием технологии ZigBee [6].

Особенность сенсорной сети на базе технологии ZigBee заключается в том, что при увеличении плотности передающих устройств надежность передачи не только не уменьшается, но и возрастает. До недавнего времени основным сдерживающим фактором использования в ЖКХ устройств с модулями ZigBee являлась их относительно высокая стоимость. Но постепенно стоимость снижается, что становится привлекательным для организации подобных сенсорных сетей. Подключение к сети ZigBee устройств с другими выходами возможно с использованием модулей – преобразователей интерфейсов. В этом случае при использовании счетчиков с интерфейсом RS-485 каждый из счетчиков должен быть доукомплектован радиомодемом ZigBee.

Существенно расширилась и номенклатура каналов передачи данных на среднем уровне [7]. Это и традиционные проводные каналы, сети Интернета, средства сотовой связи, радиоканальные средства передачи данных, в том числе на высоких частотах. С учетом того, что на основе технологии ZigBee можно строить как гибридные системы, использующие различные типы каналов передачи данных, так и системы с передачей данных только по каналам ZigBee, приведем обобщенную структурную схему автоматизированной системы энергетического учета ЖКХ (рис. 1).

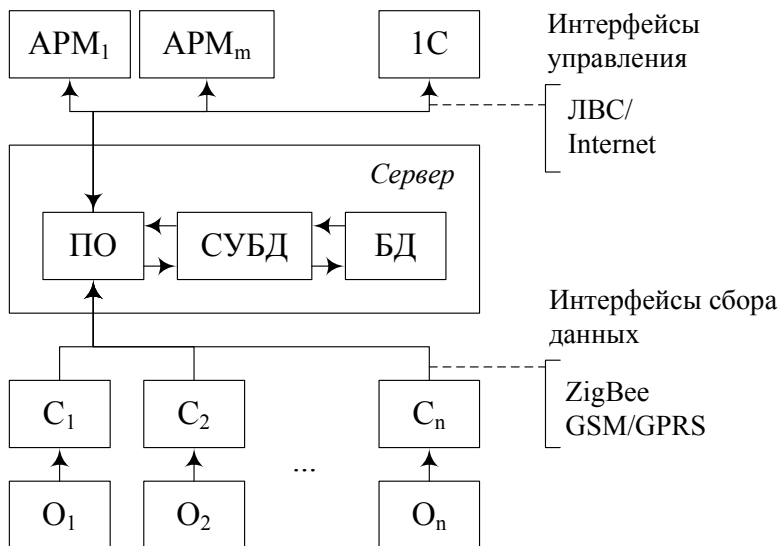


Рис. 1. Обобщенная структурная схема автоматизированной системы энергетического учета ЖКХ

Сбор данных о потреблении энергии может производиться как с каждого счетчика $C_1 \dots C_n$, установленного у объекта потребителя $O_1 \dots O_n$, так и с модуля домового учета МДУ по радиоканалу стандарта ZigBee с возможностью дублирования передачи по сети GSM/GPRS.

Современные счетчики, имеющие встроенный радиоканал, могут непосредственно присоединяться к системе с помощью беспроводного интерфейса сбора данных. Счетчики, имеющие интерфейсы RS485, могут быть дополнительно укомплектованы радиомодулями $P_1 \dots P_i$, приема-передачи данных с дальностью передачи до 400 м (в зависимости от материала стен зданий и ландшафта) или МЛС (модуль локальной связи).

Каждый счетчик, входящий в систему, имеет персональный сетевой адрес – ID. Современные счетчики электрической энергии позволяют производить учет потребления по 4–6 тарифам.

Сбор данных с узлов учета производит промежуточное приемопередающее устройство (ППУ). Сбор может выполняться в мобильном и в стационарном вариантах.

При прибытии мобильного ППУ (ППУм) в зону приема автоматически производится настройка сети, опрос всех приемопередатчиков в зоне приема, фиксация полученных данных, с последующей «выгрузкой» в центр сбора информации – ЦСИ [8]. Процедура сбора информации занимает несколько минут. Этот вариант может применяться для сбора информации с удаленных объектов (коттеджные поселки, сельская местность, одиночные постройки и пр.).

Стационарные ППУ (ППУс) устанавливаются на узлах домового учета и/или точках ввода в многоквартирные дома. ППУс способны передавать сигнал на расстояние до 4 км. Стационарные устройства, находящиеся в зоне взаимного приема, образуют сеть, которая позволяет передавать данные с каждого узла учета непосредственно в центр сбора информации, минуя мобильные устройства. Такой вариант применим на территориях с плотной застройкой и не требует наличия дополнительных каналов связи для передачи данных в центр [9].

С учетом представленных выше функциональных особенностей приведем структурную схему подсистемы сбора данных автоматизированной системы энергоучета ЖКХ (рис. 2).

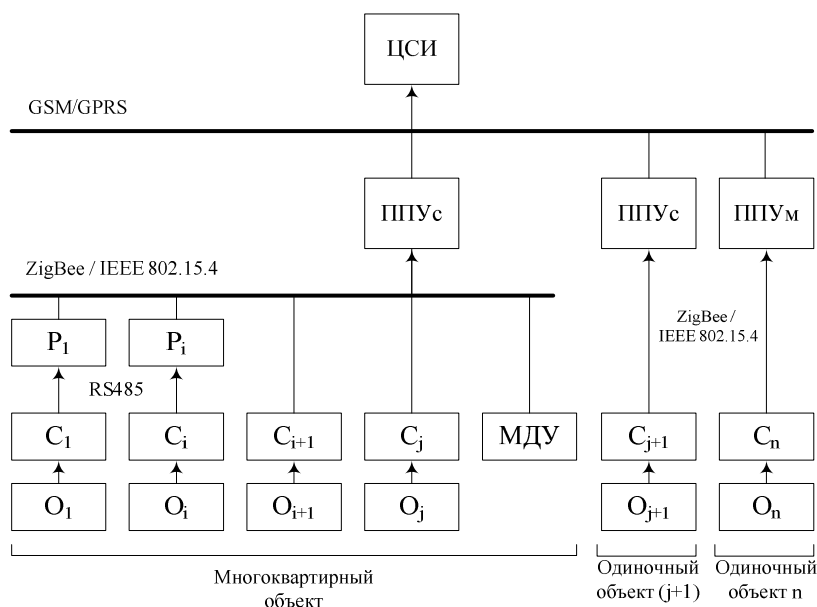


Рис. 2. Структурная схема подсистемы сбора данных автоматизированной системы энергетического учета ЖКХ

Важным фактором внедрения инфраструктуры передачи данных от объектовых приборов является возможность создания интегрированных систем мониторинга [10], которые будут охватывать целый комплекс проблем жизнеобеспечения жилого фонда: контроль потребления тепла, функции охранно-пожарной сигнализации, контроль протечек и многое другое, что входит сегодня в понятие «интеллектуальное здание» или «умный дом». При использовании сети ZigBee подключение дополнительных подсистем с передачей данных заинтересованным службам не представляет труда.

Модули P_i , $C_{i+1} \dots C_j$, а также ППУ_с и ППУ_м позволяют создать систему сбора данных, в которой модули выступают не только в качестве приемников сигналов с исследуемых объектов, но и в качестве ретрансляторов сигналов других модулей в случае, когда расстояние до ППУ превышает допустимое.

Беспроводные модули связаны со счетчиками и в то же время связаны между собой, таким образом, появляется возможность найти наиболее короткий путь от счетчика до ППУ, а также в случае выхода из строя какого-то из модулей ретрансляторов позволяет избежать прекращения поступления данных на ЦСИ. В связи с тем, что

модули используются в качестве ретрансляторов, расход энергии батарей питания увеличивается, это необходимо учитывать при расчете энергопотребления автономных модулей. На рис. 3 приведена схема алгоритма работы подсистемы сбора данных автоматизированной системы энергетического учета ЖКХ.

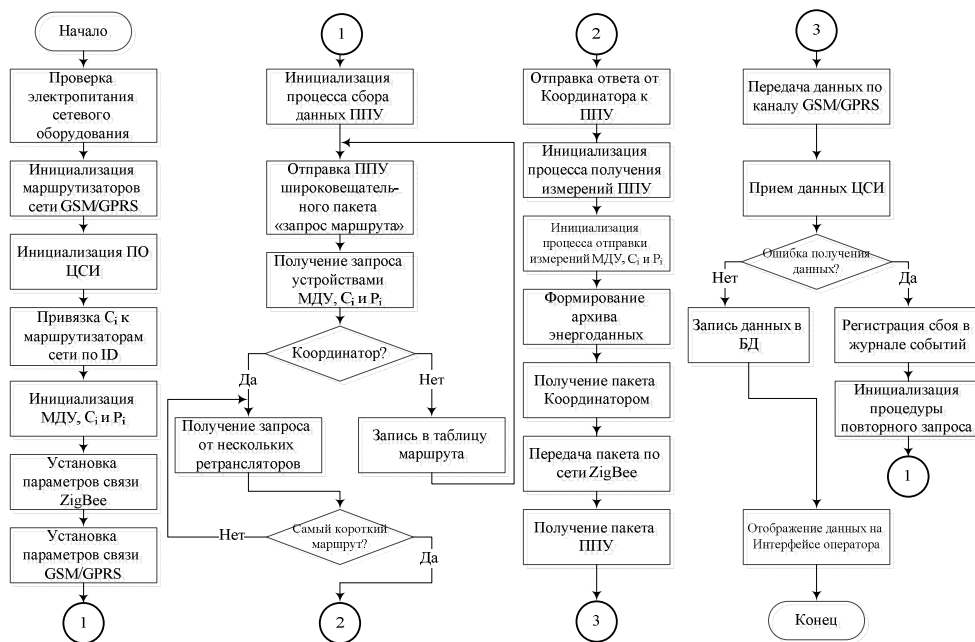


Рис. 3. Алгоритм работы подсистемы сбора данных автоматизированной системы энергетического учета ЖКХ

В процессе экспериментального исследования алгоритма сбора данных на основе технологии ZigBee с использованием беспроводных радиомодемов NIWSN 3212 были выявлены следующие особенности. Максимальное расстояние, при котором поддерживались наибольшая допустимая скорость передачи данных в условиях отсутствия прямой видимости в жилом многоквартирном 16-этажном доме с железобетонными перекрытиями со слабыми радиопомехами, составило 10 м, что соответствует 3 этажам здания. Максимальная зона досягаемости радиомодема составила 45 м, что соответствует 15 этажам здания.

На рис. 4 представлена зависимость качества сигнала связи в процентах от расстояния между радиомодемом WSN 3212 с автономным источником питания и ППУс NI 9297 с внешним стабилизирован-

ным источником питания. Напряжение на аккумуляторной батарее радиомодема – 5,0 В, емкость батареи – 2700 мА/ч. Качество сигнала связи регистрируется сетевым маршрутизатором ZigBee NI 9297 и отображается в программе настройки модуля, подключенного с помощью последовательного интерфейса к ПК.

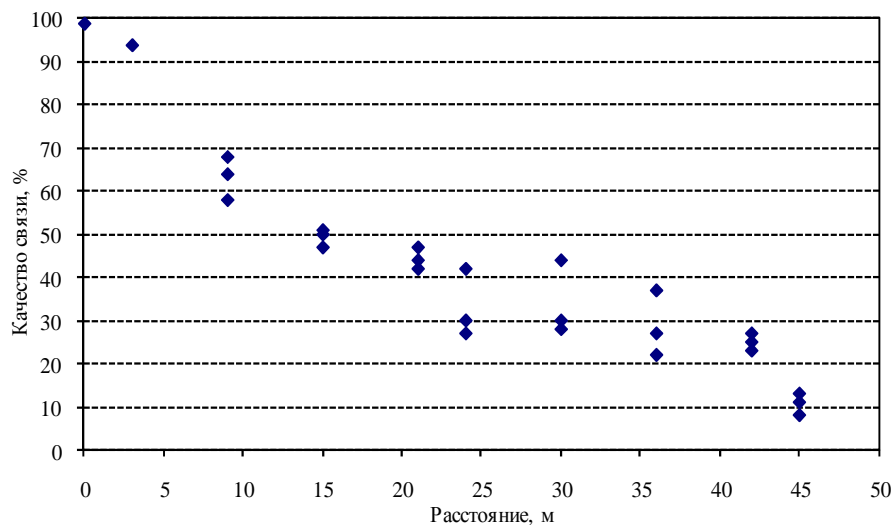


Рис. 4. Зависимость уровня сигнала от расстояния

Несмотря на гибкость сети ZigBee, при необходимости можно разделить устройства между несколькими ППУ, снизив нагрузку и увеличив скорость передачи данных на ЦСИ. Так как ППУ может подключаться не напрямую к конкретному ЦСИ, а к ЛВС, то можно неограниченно расширить сеть, и тогда все ППУ будут подключены к одному и тому же ЦСИ.

Следует отметить, что на верхнем уровне – интерфейсов управления решаются контрольные и аналитические задачи энергопотребления. Контрольные задачи позволяют определить потери, связанные с неполной оплатой потребленной энергии. Аналитические задачи позволяют более рационально распределять энергоресурсы между потребителями, а также определять места потерь энергии [11]. Финансовые расчеты производятся в специализированных информационных системах, например 1С. Доступ пользователей к информации обеспечивается в удаленном режиме с помощью АРМ-оператора. Программное обеспечение, опирающееся на СУБД MS SQL или MySQL, позволяет производить выгрузку данных в формате 1С.

Библиографический список

1. Новиков, В.В. Интеллектуальные измерения на службе энерго-сбережения // Энергоэксперт. – 2011. – № 3. – С. 68–70.
2. Современные принципы автоматизации энергоучета в энерго-системах // Новости электротехники. – 2003. – № 2(20). – С. 26–30.
3. Забара В.И. Энергосбережение и энергоучет в электрических сетях // Промышленная автоматизация в России. – URL: <http://www.industrialauto.ru> (дата обращения: 25.11.14).
4. Кычкин А.В. Модель синтеза структуры автоматизированной системы сбора и обработки данных на базе беспроводных датчиков // Автоматизация и современные технологии. – 2009. – № 1. – С. 15–20.
5. Системы мониторинга складов / UP-SYSTEM. – URL: <http://enocan.com.ru/primery-reshenij/27-besprovodnoj-monitoring-klimaticheskikh-parametrov-dlya-skladov> (дата обращения: 25.11.14).
6. Беспроводные сети ZigBee/Мир беспроводных решений [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.wless.ru/technology/?tech=1> (дата обращения: 27.11.14).
7. Беспроводные системы мониторинга / ИТМиВТ. – URL: <http://www.ipmce.ru/custom/sensornetworks/> (дата обращения: 25.11.14).
8. Костыгов А.М., Кычкин А.В. Структуризация удаленного мониторинга группы интеллектуальных подвижных платформ в реальном времени // Датчики и системы. – 2013. – № 9 (172). – С. 65–69.
9. Гуртовцев А. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах // Современные технологии автоматизации. – 1999. – № 3. – С. 34–47.
10. Калашников Е.А. Лядова Л.Н. Система мониторинга источников энергопотребления METAS Control // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: материалы конф. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2010. – С. 183–185.
11. Кычкин А.В. Долгосрочный энергомониторинг на базе программной платформы OpenJEVis // Вестник Пермского национально-го исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1(9). – С. 5–15.

References

1. Novikov V.V. Intellectual'nye izmereniia na sluzhbe energosberezheniia [Intellectual measurements on service of energy saving]. *Energoekspert*, 2011, no. 3, pp. 68-70.
2. Gurtovtsev A.L. Sovremennye printsipy avtomatizatsii energoucheta v energosistemakh [The modern principles of automation of the power account in power supply systems]. *Novosti elektrotehniki*, 2003, no. 2(20), pp. 26-30.
3. Zabara V.I. Energosberezhenie i energouchet v elektricheskikh setiakh [Energy saving and the power account on electrical networks]. *Promyshlennaia avtomatizatsiia v Rossii*, available at: <http://www.industrialauto.ru> (accessed: 25.11.14).
4. Kychkin A.V. Model' sinteza struktury avtomatizirovannoi sistemy sbora i obrabotki dannykh na baze besprovodnykh datchikov [Model of synthesis of structure of automated system of collection and data handling on the basis of wireless sensors]. *Avtomatizatsiia i sovremennye tekhnologii*, 2009, no. 1, pp. 15-20.
5. Sistemy monitoringa skladov / UP-SYSTEM [Monitoring systems of warehouses / UP-SYSTEM], available at: <http://enocean.com.ru/primery-reshenij/27-besprovodnoj-monitoring-klimaticheskikh-parametrov-dlya-skladov> (accessed: 25.11.14).
6. Besprovodnye seti ZigBee [Wireless networks of ZigBee]. *Mir besprovodnykh reshenii*, available at: <http://www.wless.ru/technology/?tech=1> (accessed: 27.11.14).
7. Besprovodnye sistemy monitoringa [Wireless monitoring systems]. *Institut tochnoi mekhaniki i vychislitel'noi tekhniki*, available at: <http://www.ipmce.ru/custom/sensornetworks/> (accessed: 25.11.14).
8. Kostygov A.M., Kychkin A.V. Strukturizatsiia udalennogo monitoringa gruppy intellektual'nykh podvizhnykh platform v real'nom vremeni [Structurization of remote monitoring of group of intellectual mobile platforms in real time]. *Datchiki i sistemy*, 2013, no. 9(172), pp. 65-69.
9. Gurtovtsev A. Kompleksnaia avtomatizatsiia energoucheta na promyshlennykh predpriatiiakh i khoziaistvennykh ob"ektakh [Complex automation of the power account at the industrial enterprises and economic objects]. *Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii*, 1999, no. 3, pp. 34-47.
10. Kalashnikov E.A. Liadova L.N. Sistema monitoringa istochnikov energopotrebleniia METAS Control [Monitoring system of sources of energy consumption of METAS Control]. *Materialy konferentsii «Tekhnologii*

Microsoft v teorii i praktike programmirovaniia». Nizhegorodskii gosudarstvennoyi universitet, 2010, pp. 183-185.

11. Кычкин А.В. Dolgosrochnyi energomonitoring na baze programmnoi platformy OpenJEVis [Long-term energy monitoring on the basis of a software platform of OpenJEVis]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2014, no. 1(9), pp. 5-15.

Сведения об авторах

Широков Александр Аркадьевич (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: shirokov@pstu.ru).

Кычкин Алексей Владимирович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Клюкин Андрей Анатольевич (Пермь, Россия) – доцент кафедры информатики и информационных технологий Пермской государственной академии искусства и культуры (614000, г. Пермь, ул. Газеты «Звезда», 18, e-mail: nvg@psiac.ru).

About the authors

Shirokov Alexander Arkadyevich (Perm, Russian Federation) is Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: shirokov@pstu.ru).

Kichkin Alexey Vladimirovich (Perm, Russian Federation) is Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Klyukin Andrey Anatolyevich (Perm, Russian Federation) – the Associate Professor of Informatics and Information Technologies of the Perm State Academy of Art and Culture (614000, Perm, Gazety «Zvezda» St., 18, e-mail: nvg@psiac.ru).

Получено 12.12.2014