

УДК 531.8 + 681.3:681.5

МОДУЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СЕНСОРНОЙ И УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМ МОБИЛЬНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Кычкин А.В., Артемов С.А., Власов В.А.

*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com*

Модульная организация сенсорной и управляющей системы мобильной интеллектуальной платформы ориентирована на системное решение задач по обеспечению возможности анализа сцен окружающего мира и возможности избегания опасных режимов функционирования, определению параметров наблюдаемых объектов. Модульная структура включает блоки автоматизированного рабочего места, интеллектуальной системы управления робота, системы управления исполнительными механизмами, системы управления сенсорами. Система управления сенсорами подает команды на их включение или отключение. Предложен алгоритм формирования состава сенсорной и управляющей систем, заключающийся в формировании входных критериев, их анализе, определении необходимых блоков выбора элементов систем и формировании параметров элементов системы. Полный набор элементов производится путем последовательного выбора выходных параметров в соответствии с набором частных критериев. Предложенный подход к модульной организации представляет собой концепцию наращиваемой структуры аппаратно-технического обеспечения измерений и управления мобильной интеллектуальной платформы. Работа выполнена в соответствии с государственным заданием (заказ-наряд 1047) по теме «Создание мобильной интеллектуальной платформы на базе технологии виртуальной реальности, элементов и систем управления, пригодных для эксплуатации в экстремальных условиях внешней среды».

Ключевые слова: мобильная интеллектуальная платформа, модульная структура, сенсорная система, система управления

MODULAR ORGANIZATION FOR SENSOR AND CONTROL SYSTEM OF INTELLIGENT MOBILE PLATFORM

Kychkin A.V., Artemov S.A., Vlasov V.A.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com

The modular organization of the sensory and control of the intellectual mobile platform is focused on possibility of analyzing the scenes of the world and the possibility of avoiding dangerous modes of operation, determine the parameters of the observed objects. The modular structure includes blocks: workstation, intelligent robot control system, the actuators control system, sensors control. The sensor control system sends commands to turn it on or off. The algorithm for the formation of sensory and control systems consists the formation of the input criteria, analysis, defining the necessary selection blocks of system elements and the formation parameters of the elements of the system. A complete set of elements is made by successively selecting the output parameters in accordance with a set of particular criteria. The proposed approach to the modular organization is a concept extensible structure of hardware and technical support measurement and management of intellectual mobile platform. The work is executed in accordance with the state of reference (work order in 1047) on the topic «Creating a mobile intelligent platform based on virtual reality technology, components and control systems suitable for use in extreme environmental conditions».

Keywords: intelligent mobile platform, a modular structure, the sensory system, the control system

Классификация мобильных колесных роботов по их конструктивному исполнению, а также аппаратно-техническому обеспечению крайне широка [1–3]. Обилие вариантов реализации платформ обуславливается широким спектром применения: перевозка грузов, исследование или обработка/очистка территории, экологический мониторинг, измерения параметров протяженных объектов, тушение пожаров, поиск пострадавших в завалах, исследование труднодоступных мест и др.

На практике колесные роботизированные платформы ориентированы на решение конкретной задачи, что в целом затрудняет их применимость в смежных приложениях. Часто небольшое изменение условий эксплуатации робота или постановка новой задачи приводят к необходимости существенного изменения аппаратно-технического

обеспечения. Перспективным направлением обеспечения эффективного наращивания функций в рамках единой структуры мобильного колесного робота представляется модульная организация систем измерений и управления. Модульная структура аппаратно-технического обеспечения расширяет диапазон функциональных возможностей и создает предпосылки для автоматического выбора конфигураций робота.

Модульный принцип построения сенсорной и управляющей систем мобильной платформы

Основные задачи разрабатываемой платформы, такие как обеспечение возможности анализа сцен окружающего мира и возможности избегания опасных режимов функционирования, определение параметров наблюдаемых объектов, решаются

с использованием сенсорной системы [3]. Выделим базовые сенсоры, используемые для решения сформулированных задач (табл. 1).

На рис. 1 выделено бортовое и дистанционное управление мобильным роботом. Уровень дистанционного управления

представлен автоматизированным рабочим местом (АРМ), с которого поступают основные команды управления на интеллектуальную систему управления (ИСУ) мобильного робота, систему управления исполнительными механизмами (СУИМ) и систему управления сенсорами (СУС).

Таблица 1

Базовый набор сенсорной подсистемы

Задача	Подзадачи	Сенсоры
<i>Обеспечение возможности анализа сцен окружающего мира:</i>	Анализ сцен окружающего мира	Бортовая видеокамера
<i>Определения параметров наблюдаемых объектов:</i>	Положение объекта в дальней зоне	Лазерный дальномер
	Положение объекта в ближней зоне	Сонар
	Расстояние до объекта	Лазерный дальномер, сонар
	Скорость и направление движения объекта	
	Цвет объекта	Датчик цвета
	Температура объекта	Пирометр
<i>Обеспечение возможности избегания опасных режимов функционирования:</i>	Наезд на препятствие	Тактильный датчик
	Низкий заряд батареи	Датчик разряда батареи
	Неисправность исполнительных механизмов	Энкодер Датчик давления в шинах
	Продолжительная работа в предельных режимах	Датчик тока
<i>Обнаружение непроходимой среды:</i>	Водная преграда, болотистая местность	Датчик влаги
	Яма, обрыв	ИК-датчик
<i>Обнаружение агрессивных факторов внешней среды:</i>	Высокая или низкая температура	Датчик температуры
	Химически активная среда	Биосенсор
<i>Ориентация:</i>	Отслеживание положения исполнительных механизмов	Энкодер
	Определение наклона плоскости движения (без наклона, подъем, спуск)	Акселерометр
	Определение сторон света	Компас
<i>Определение факторов внешней среды:</i>	Время суток (день, ночь, сумерки)	Датчик света
	Погодные условия (дождь, туман, снег)	Датчик дождя, тумана, снега
<i>Оценка других факторов:</i>	Дым, пыль	Датчик дыма (пыли)
	Шум	Микрофон

К ИСУ от АРМ подаются команды высокого уровня с указанием направления движения или целевого объекта, для СУИМ – например, команды ограничения скорости, а для СУС – команды на отключение или включение сенсоров. В ИСУ заложены алгоритмы поведения мобильного робота, например, алгоритм объезда препятствий, алгоритм «инстинкта самосохранения», самодиагностика и др.

С учетом особенностей задач и данных табл. 1 построим модульную структуру сенсорной системы [4] и покажем ее связь с системой управления [5] (см. рис 1).

Сенсоры разделены на две категории: группа независимых сенсоров НС (показа-

ния не зависят или не должны зависеть от факторов окружающей среды) и группа зависимых сенсоров ЗС (показания зависят от факторов окружающей среды).

Данные поступают с ЗС на ИСУ в основном для выполнения задач по определению параметров наблюдаемых объектов. Каждый сенсор относится к определенной категории влияющих факторов внешней среды (ФВС): зависимые от времени суток (ЗВС), зависимые от погодных условий (ЗПУ), зависимые от дыма, пыли (ЗДП) или зависимые от шума (ЗШ). У каждого сенсора есть ключ, управляемый СУС, разрешающий (ключ замкнут) или запрещающий (ключ разомкнут) работу сенсора.

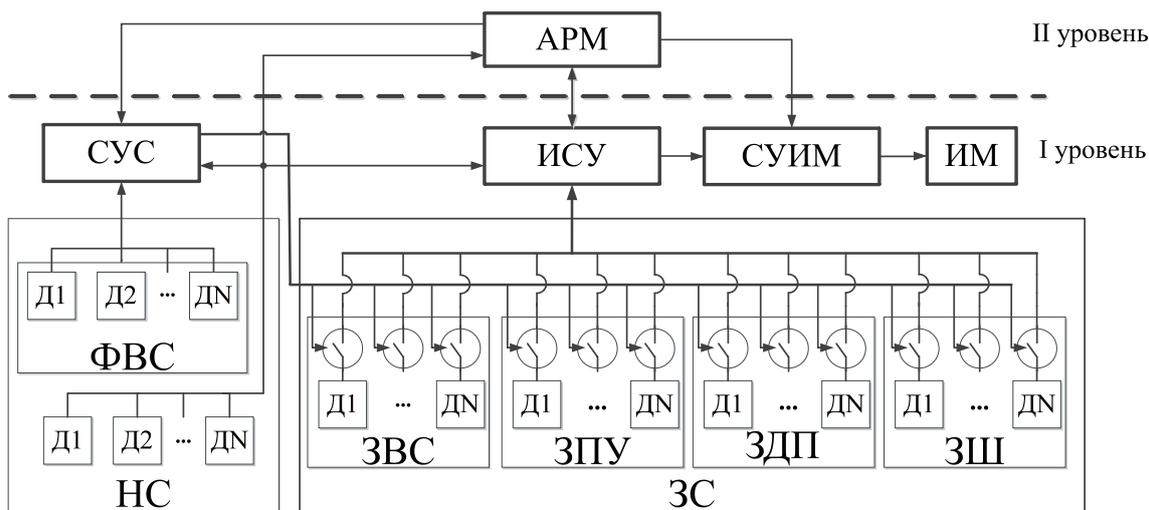


Рис. 1. Модульная структура сенсорной подсистемы мобильной платформы

Информация с НС передается на СУС, ИСУ и АРМ. В СУС поступает информация с НС, которые определяют ФВС. Исходя из этих данных, СУС осуществляет управление включением-выключением сенсоров. СУС может получать данные и с других НС, например, с датчика разряда батареи для своевременного отключения энергоемких сенсоров, с датчика температуры, для отключения сенсоров, которые при данной температуре отображают недостоверную информацию.

В ИСУ поступает информация с НС, необходимая для ориентации в пространстве (компас, акселерометр, энкодер и т.д.) и для определения работоспособности робота (датчик разряда батареи, энкодер, датчик температуры). В АРМ поступает информа-

ция с НС, зависящая от конкретных целей, обычно, с небольшого числа сенсоров, обусловленного большим расстоянием между мобильным роботом и диспетчерским пунктом управления.

Формирование состава сенсорной и управляющей систем мобильной платформы

На основе опыта проектирования мобильных приложений [6] и с учетом приведенной схемы построим обобщенную структурную схему мобильной интеллектуальной платформы (рис. 2), содержащую Д – датчик; БН – блок независимых датчиков; БЗ – блок зависимых датчиков; БД – блок двигателя; ДР – драйвер двигателя; Двиг – двигатель; ДТ – датчик тока; ЭН – энкодер.

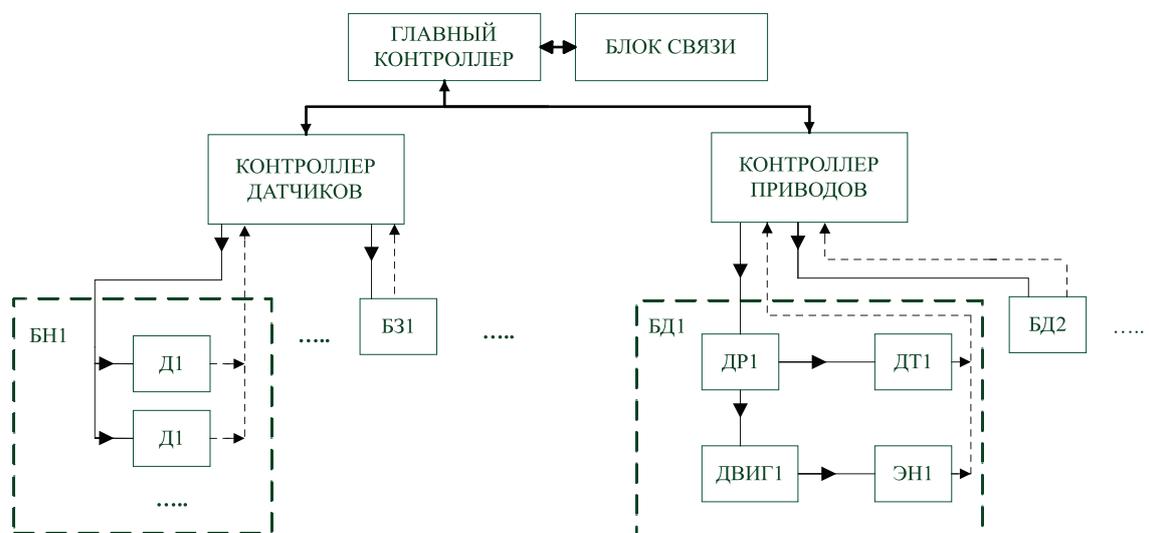


Рис. 2. Обобщенная структурная схема мобильной платформы

Формирование состава сенсорной и управляющей систем будем осуществлять по последовательному алгоритму

с учетом блоков обобщенной схемы. Схема формирования состава представлена на рис. 3.

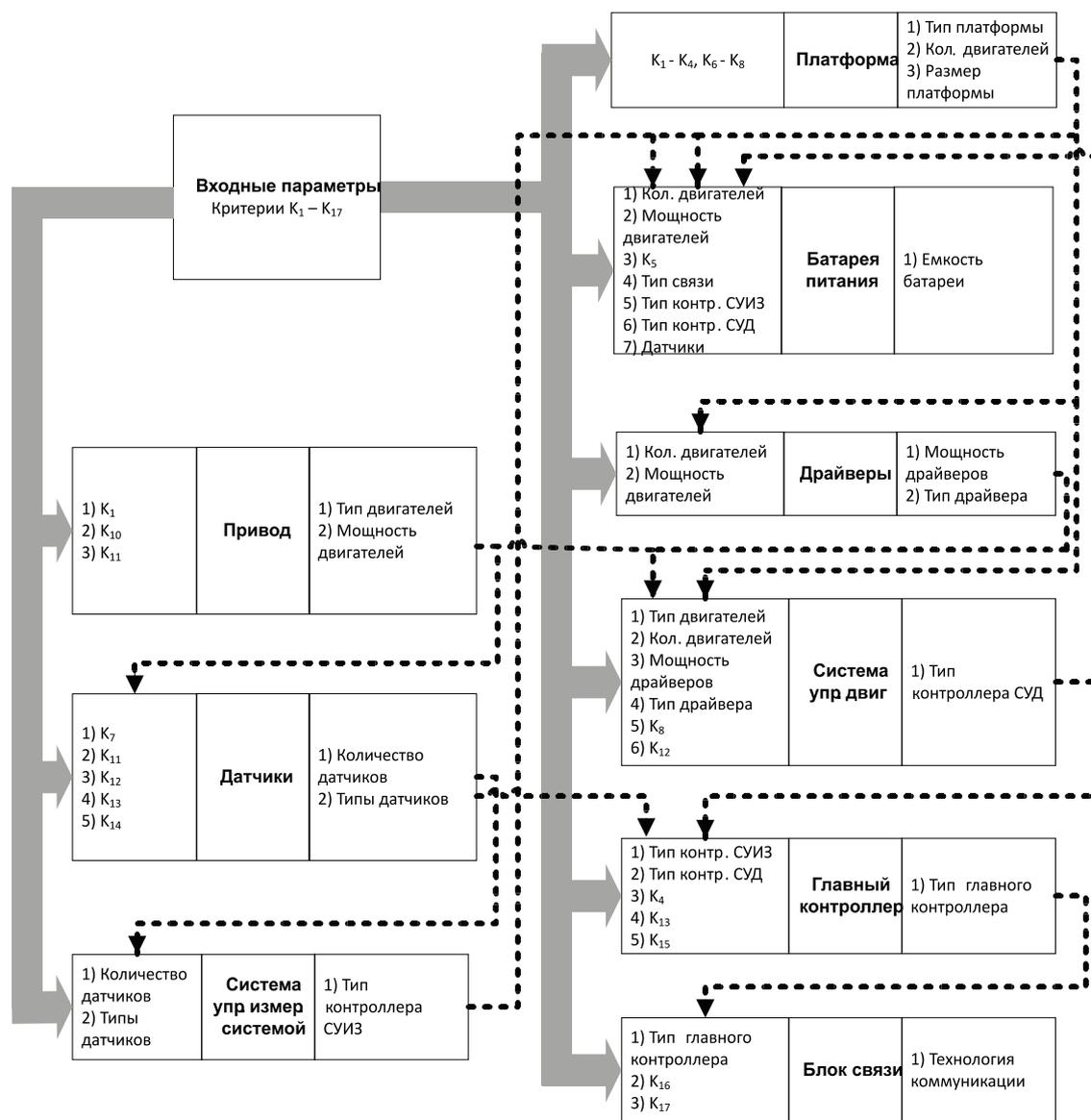


Рис. 3. Схема формирования состава сенсорной и управляющей систем

Элементы мобильной платформы будем выбирать согласно характеристикам, выбранным по критериям табл. 2 [7].

Заключение

Предложенный подход к модульной организации представляет собой концепцию наращиваемой структуры аппаратно-технического обеспечения измерений и управления мобильной интеллектуальной платформы и последовательный алгоритм выбора ее элементов.

На основании исходных данных объекта роботизации формируются входные критерии, которые поступают на вход блоков выбора элементов систем. На выходе блоков формируются параметры, которые в свою очередь определяют элемент системы измерений и управления и так же поступают на входы других блоков схемы. Полный набор элементов платформы производится путем последовательного выбора выходных параметров в соответствии с набором частных критериев.

Таблица 2
Обозначение частных критериев для выбора элементов модульной структуры мобильной платформы

Обозначение	Характеристика
Скорость перемещения – К₁	
СК1	< 1 м/с
СК2	1–5 м/с
СК3	> 5 м/с
Грузоподъемность – К₂	
ГР1	Свой вес
ГР2	< 25 %
ГР3	25–50 %
ГР4	50–100 %
ГР5	> 100 %
Проездимость – К₃	
ПР1	Низкая (сухой грунт, асфальт)
ПР2	Средняя (пересеченная местность)
ПР3	Полная с возможностью преодоления водных препятствий
Управляемость – К₄	
УП1	Ручное
УП2	Полуавтоматическое
УП3	Автоматическое
Автономность – К₅	
АВ1	< 1 ч
АВ2	1–3 ч
АВ3	3–10 ч
АВ4	10–24 ч
АВ5	> 24 ч
Простота конструкции – К₆	
ПК1	Универсальная, расширяемая
ПК2	Уникальная + универсальная, расширяемая
ПК3	Уникальная
Габариты – К₇	
ГБ1	< 0,1 м ³
ГБ2	0,1–0,5 м ³
ГБ3	0,5 – 1 м ³
ГБ4	> 1 м ³
Маневренность – К₈	
МН1	Прямое движение
МН2	Поворот, разворот с радиусом R
МН3	Разворот на месте
Защита от внешних факторов – К₉	
УС1	Не предусмотрено
УС2	Туман
УС3	Дождь
УС4	Снег
УС5	Ветер
УС6	Пыль

УС7	Шум
УС8	Дым
УС9	Удар
УС10	Изменение нагрузки
УС11	Сбой подсистем
УС12	Электромагнитное и радиационное излучение
Дополнительные критерии	
Шумность – К₁₀	
ШМ1	< 20 Дб
ШМ2	20–40 Дб
ШМ3	40–60 Дб
ШМ4	> 60Дб
Исполнение – К₁₁	
IP XX	Индекс защиты IP
КИ X	Климатическое исполнение
КР X	Категория размещения изделий
Точность движений – К₁₂	
ТД1	< 0,5 %
ТД2	0,5–1 %
ТД3	1–5 %
ТД4	> 5 %
Анализ сцен окружающего мира – К₁₃	
АС1	Без возможности анализа
АС2	Отображение состояния
АС3	Распознавание 2D-объектов
АС4	Распознавание 3D-объектов
Отслеживаемые параметры – К₁₄	
ОП1	Расстояние до объекта
ОП2	Цвет
ОП3	Освещенность
ОП4	Положение в пространстве
ОП5	Присутствие газа
ОП6	Шум/звук
ОП7	Дым/пыль/туман/дождь/снег
ОП8	Влажность
ОП9	Температура
ОП10	Давление
Избегание опасных режимов функционирования – К₁₅	
ИО1	Избегание внешних опасных ситуаций
ИО2	Избегание внутренних опасных режимов работы
Дальность связи – К₁₆	
ДС1	< 1 м
ДС2	1–10 м
ДС3	10–1000 м
ДС4	> 1000 м
Скорость передачи данных – К₁₇	
СС1	< 128 кб/с
СС2	128–1024 кб/с
СС3	> 1024 кб/с

Список литературы

1. Мартыненко Ю.Г. Управление движением мобильных колесных роботов // *Фундаментальная и прикладная математика*. – 2005. – Т. 11. – Вып. 8. – С. 29–80.

2. Капустян С.Г., Нешадим И.Л. Об одном подходе к построению распределенных, самоорганизующихся и реконфигурируемых информационно-управляющих систем наземных транспортных средств // *Мехатроника, автоматизация, управление: сб. Материалов Международной научно-технической конференции*. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – С. 85–91.

3. Кычкин А.В., Бакунов Р.Р., Мехоношин А.С. Оценка возможности работы подвижной сенсорной сети АСУТП в режиме реального времени // *Датчики и системы*. – 2012. – № 7. – С. 8–13.

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. Петроченков А.Б., Даденков Д.А., Поносова Л.В. К вопросу о классификации автоматизированных систем управления // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления*. – 2009. – № 3. – С. 243–255.

6. Кычкин В.И., Кычкин А.В., Юшков В.С. Принципы проектирования мобильных лабораторий и вибродиагностика состояния автомобильных дорог // *Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности*. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – № 1. – С. 82–92.

References

1. Martynenko YU.G. Upravleniye dvizheniyem mobil'nykh kolesnykh robotov // *Fundamental'naya i prikladnaya matematika*. 2005. T. 11. Vyp. 8. pp. 29–80.

2. Kapustyan S.G., Neshchadim I.L. Ob odnom pikhode k postroyeniyu raspredelennykh, samoorganizuyushchikhsya i

rekonfiguriruyemykh informatsionno-upravlyayushchikh sistem nazemnykh transportnykh sredstv // *Sb. Materialov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravleniye»*. – Taganrog: Izd-vo TTI YUFU, 2007. pp. 85–91.

3. Kychkin A.V., Bakunov R.R., Mekhonoshin A.S. Ot-senka vozmozhnosti raboty podvizhnoy sensornoy seti ASUTP v rezhime real'nogo vremeni // *Datchiki i sistemy*. 2012. no. 7. pp. 8–13.

4. Kychkin A.V. Model' sinteza struktury avtomatizirovannoy sistemy sbora i obrabotki dannykh na baze besprovodnykh datchikov // *Avtomatizatsiya i sovremennyye tekhnologii*. 2009. no. 1. pp. 15–20.

5. Petrochenkov A.B., Dadenkov D.A., Ponosova L.V. K voprosu o klassifikatsii avtomatizirovannykh sistem upravleniya // *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnyye tekhnologii, sistemy upravleniya*. 2009. no. 3. pp. 243–255.

6. Kychkin V.I., Kychkin A.V., Yushkov V.S. Printsipy proyektirovaniya mobil'nykh laboratoriy i vibrodiagnostika sostoyaniya avtomobil'nykh dorog // *Vestnik PGU. Okhrana okruzhayushchey sredy, transport, bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* no. 1. Izd-vo PGU g. Perm', 2010 g. pp. 82–92.

Рецензенты:

Кавалеров Б.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой электротехники и электромеханики, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;

Казанцев В.П., д.т.н., профессор кафедры микропроцессорных средств автоматизации, ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

Работа поступила в редакцию 30.10.2013.