

P9-2011-62

Ю. Бечер, А. В. Калмыков, М. Ф. Минашкин, А. П. Сумбаев

УСТРОЙСТВО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ПРОБНИКОВ ПУЧКА УСКОРИТЕЛЯ ЛУЭ-200

Бечер Ю. и др.

P9-2011-62

Устройство позиционирования пробников пучка ускорителя ЛУЭ-200

Представлено описание устройства позиционирования выдвигаемых пробников, которое является частью системы диагностики пучка линейного ускорителя электронов ЛУЭ-200 установки ИРЕН и обеспечивает дистанционное управление операциями ввода-вывода пробников пучка пяти диагностических постов, установленных в ускорительном тракте и на канале транспортировки пучка ускорителя.

Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2011

Becher Yu. et al.

P9-2011-62

The Positioning Device of Beam Probes for Accelerator LUE-200

The description of a device for the positioning of sliding beam probes which is the part of the beam diagnostic system for the LUE-200 electron linac of IREN installation is presented. The device provides remote control of input-output operation of beam probes of five diagnostic stations established in an accelerating tract and in the beam transportation channel of the accelerator.

The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2011

ВВЕДЕНИЕ

В системе диагностики пучка линейного ускорителя электронов ЛУЭ-200 установки ИРЕН [1] для определения и визуализации параметров пучка предусмотрено использование пяти постов диагностики. Посты диагностики устанавливаются в промежутках между источником электронов (электронной пушкой) и первой ускоряющей секцией, между первой и второй ускоряющими секциями, после второй ускоряющей секции, после магнитного спектрометра и в конце канала транспортировки пучка перед устройством вывода пучка на мишень. В состав диагностических постов включаются магнитоиндукционные датчики тока пучка (пояса Роговского) и выдвижные пробники — двухкоординатные мониторы профиля пучка и пробники видеоконтроля положения пучка, выполненные на основе выдвижных люминофорных экранов, наблюдаемых CCD-видеокамерами (TV-beamviewer).

Пробники смонтированы внутри вакуумных боксов постов диагностики и при помощи манипуляторов маятникового типа могут занимать два фиксированных положения: «введен» и «выведен». В положении «введен» пробники вводятся в область, занятую пучком, и устанавливаются в рабочее положение соосно главной оси ускорителя (ускорительного тракта). В положении «выведен» пробники отводятся в сторону и перемещаются в области, свободные от пучка, освобождая ускорительный тракт для беспрепятственного пролета пучка. Возвратно-поступательное движение пробников передается внутрь вакуумных объемов диагностических постов через гибкие сильфонные узлы манипуляторами, которые управляются электромеханическими приводами (рис. 1) с микроэлектродвигателями постоянного тока.

Устройство позиционирования предназначено для контроля положения пробников и дистанционного управления электромеханическими приводами, обеспечивающими ввод пробников в пучок и вывод пробников из пучка.

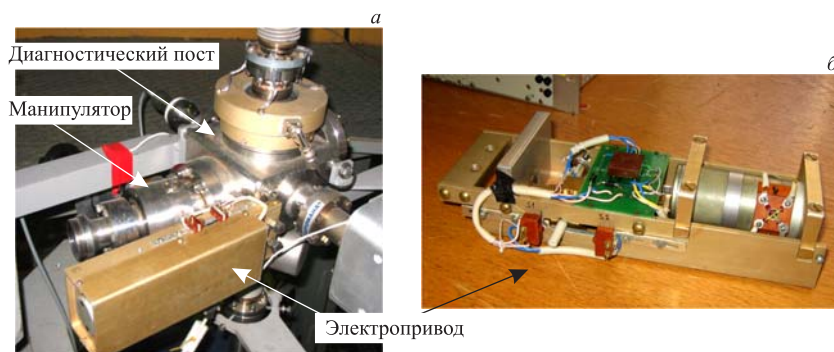


Рис. 1. Манипулятор пучкового датчика: а) общий вид манипулятора пучкового датчика с электроприводом; б) электромеханический привод без боковой крышки

1. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА

Схема основана на базе микроконтроллера (МК) AT90CAN128 с управлением от персонального компьютера.

Технические характеристики МК AT90CAN128 фирмы «Atmel» [2]:

- энергонезависимая память программы и данных: Flash — 128 кбайт, EEPROM — 4 кбайт, статическое ОЗУ (SRAM) — 4 кбайт;
- CAN-контроллер 2.0A и 2.0B (скорость передачи 1 Мбайт/с при рабочей частоте = 1 МГц);
- два интерфейса USART;
- 53 программируемых линии портов ввода-вывода;
- ведущий-ведомый интерфейс SPI;
- 2-проводной интерфейс;
- 8-канальный 10-разрядный АЦП;
- корпус TQFP с 64 выводами.

МК управляет от 8 до 10 каналами ввода-вывода, построенными по схеме: персональный компьютер (ПК) → микроконтроллер (МК) → усилитель мощности (УМ) → двигатель электропривода (ЭП) → манипулятор датчика (М) → пробник (Пр). Эквивалентная схема одного канала ввода-вывода представлена на рис. 2.

Блок-схема всего устройства позиционирования приведена на рис. 3, управление которым через компьютер сводится к выбору оператором соответствующего пробника (соответствующего канала ввода-вывода), проверке его положения и подаче команды на смену положения. МК активирует соответствующий УМ, питающий электродвигатель манипулятора выбранного пучкового пробника, перемещая пробник в заданное положение. Команды

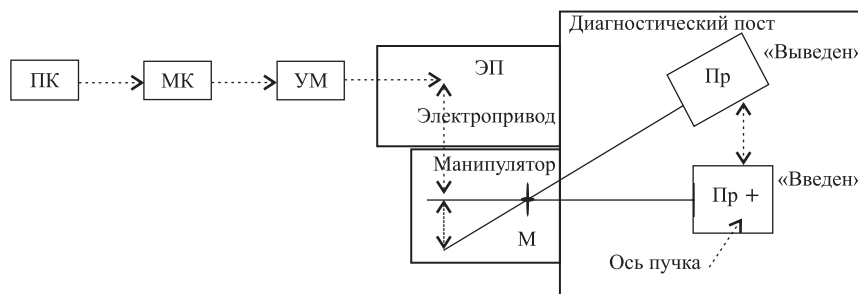


Рис. 2. Эквивалентная схема одного канала ввода-вывода

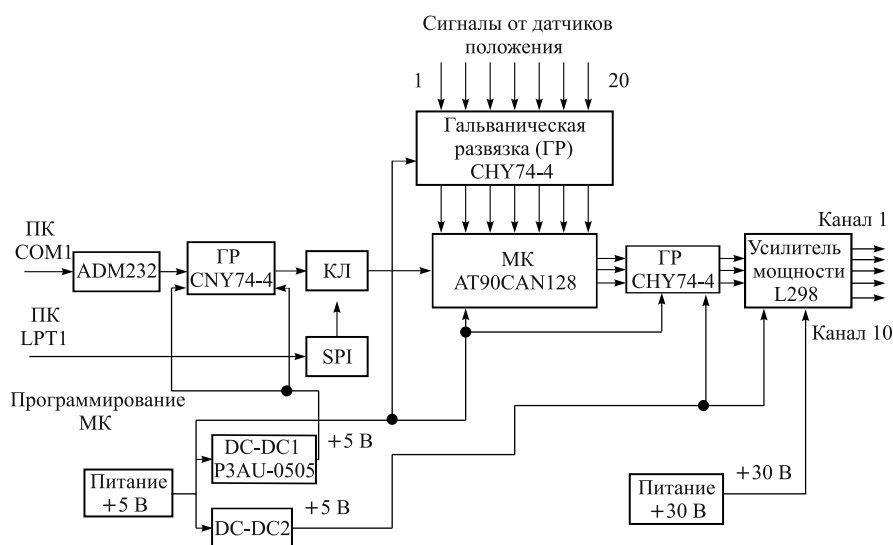


Рис. 3. Блок-схема устройства позиционирования пробников

оператора, посылаемые от управляющего компьютера в устройство позиционирования, передаются по последовательному каналу RS232. Скорость передачи данных — 9600 бод/с. В качестве усилителя мощности применен драйвер L298. В корпусе микросхемы L298 находятся 2 мостовые схемы усилителей ($I_{\max} = 2,5 \text{ A}$, $U = 30 \text{ В}$). Сигналы драйвера L298 приводятся в таблице.

С выходов усилителей напряжение подается на схемы питания микроэлектродвигателей постоянного тока ДР-1,5РА, установленных в электромеханических приводах манипуляторов пучковых пробников. Для защиты силовой части и схемы управления устройства от помех применена гальва-

Сигналы драйвера L298

Входные сигналы			Выходные сигналы		Реакция двигателя
IN1	IN2	ENA	OUT1	OUT2	
1	0	1	1	0	Работает, вращение якоря вправо
0	1	1	0	1	Работает, вращение якоря влево
1	1	1	1	1	Стоп двигателя
X	X	0	0	0	Стоп двигателя

Примечания: 1 — высокий потенциал; 0 — низкий потенциал; X — любой сигнал

ническая развязка (ГР) на оптронах CNY74-4. Память МК AT90CAN128 (Flash, EEPROM) программируется внутрисхемным методом по каналу SPI. Схема устройства позиционирования смонтирована на двух платах: на плате PM1 — управляющая часть схемы, на плате PM2 — силовая часть. На плате PM1 установлен 10-контактный разъем SPI, через который осуществляется программирование МК. В связи с тем, что у МК AT90CAN128 для канала RS232 (RxD0, TxD0) и канала программирования (MOSY, MISO) используются общие контакты (PE0, PE1), в схеме установлен переключатель режима работы (КЛ) «программирование–работа». Таким образом, для программирования МК ключ КЛ переключается в положение «программирование».

От манипуляторов пучковых пробников, расположенных в диагностических постах, на плату PM1 поступает 20 сигналов положения пробников: 10 сигналов — «положение 1», 10 сигналов — «положение 2». Сигналы положения гальванически развязаны со схемой PM1 оптронами CNY74-4.

На УМ подается питание +30 В. Схемы управления УМ и схемы ГР (оптрона CNY74-4) входных сигналов драйвера L298 запитаны от преобразователя DC-DC2 (P3AU-0505).

Схема подключения устройства позиционирования к диагностическим постам, размещенным на ускорителе на расстоянии 15–20 м от места установки устройства, представлена на рис. 4. Связь устройства позиционирования с приводами манипуляторов пробников диагностических постов осуществляется по гибким многожильным кабелям через 10 разъемов типа 2PM7, установленных на задней панели прибора.

На рис. 5 представлена электрическая схема привода манипулятора пробника. Пробники могут занимать два положения: «положение 1» и «положение 2». Якорная цепь двигателя постоянного тока ДР-1,5РА через устройство позиционирования подключается к «мостовой схеме» усилителя мощности L298. Датчик S1 фиксирует «положение 1» пробника, подавая сигнал в устройство и одновременно отключая питание двигателя. Чтобы снова запустить двигатель, следует подать команду «реверс». Датчик S2 фиксирует «положение 2» пробника.

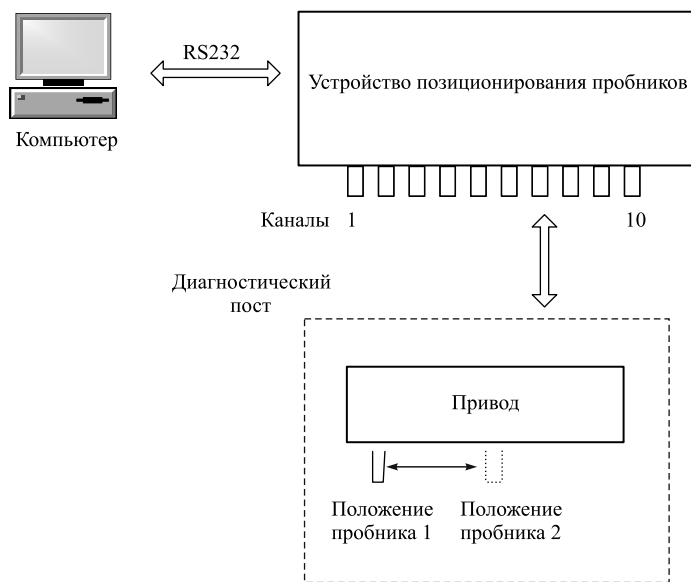


Рис. 4. Схема соединения устройства позиционирования с электромеханическими приводами

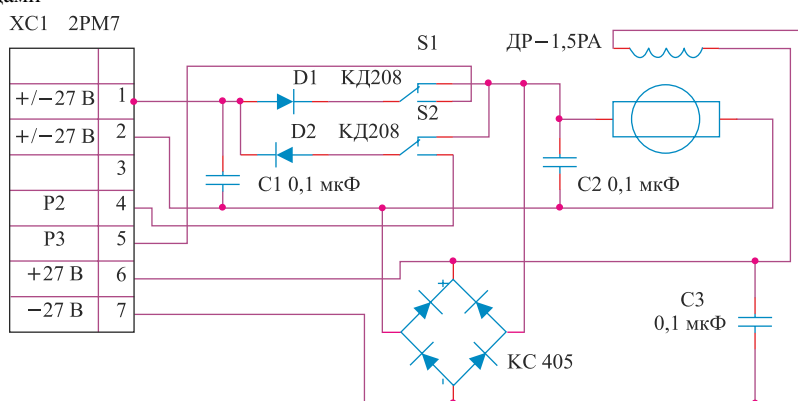


Рис. 5. Электрическая схема привода

2. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Драйвер (Prob), поддерживающий работу устройства позиционирования, написан на программном языке C, скомпилирован и отлажен в интегрированной среде CodeVisionAVR и «зашит» во flash-память МК AT90CAN128. Блок-схема драйвера представлена на рис. 6. Программа запускается после

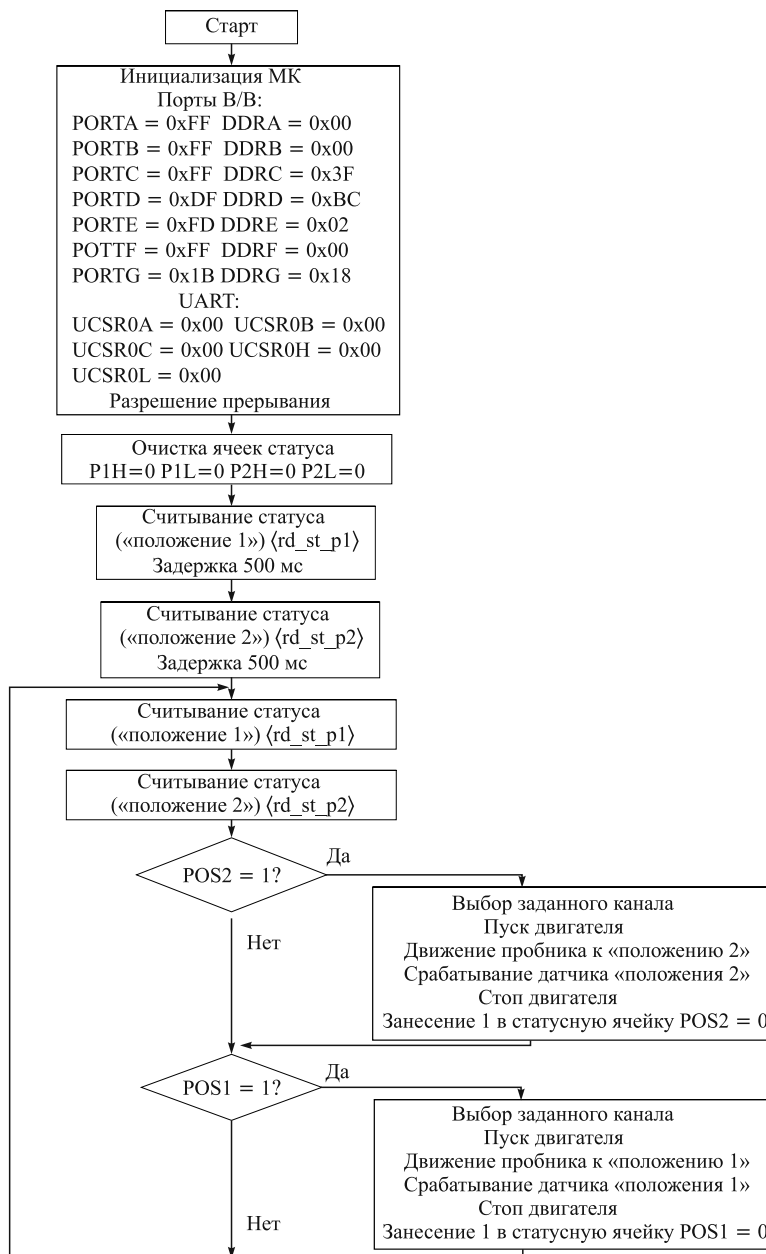


Рис. 6. Блок-схема программы (Prob)

подачи питания на МК. Сразу после запуска производится инициализация МК, затем считываются показания сенсоров положения пробников и определяется их статус. Подпрограмма $\langle rd_st_p1 \rangle$ определяет статус пробников, находящихся в «положении 1». Подпрограмма $\langle rd_st_p2 \rangle$ определяет статус пробников в «положении 2». После этого программа «зацикливается», опрашивая флаги, определяя статус пробников, ожидая команды от управляющего компьютера.

Управление устройством производится от компьютера через пользовательский интерфейс (рис. 7). Приход команды вызывает прерывание программы $\langle Prob \rangle$. Подпрограмма обработки прерывания определяет тип команды и устанавливает соответствующий флаг. После этого происходит возврат в программу $\langle Prob \rangle$. По установленному флагу выбирается номер канала, и запускается двигатель привода манипулятора соответствующего пробника. Пробник движется в заданном направлении до тех пор, пока не сработает концевой выключатель. При срабатывании выключателя двигатель останавливается, что означает: пробник занял соответствующее положение. В статусный регистр заносится «1». Флаг сбрасывается, программа $\langle Prob \rangle$ продолжает работать в цикле, ожидая следующей команды оператора.

Для программного управления устройством реализованы четыре команды. Адресные команды обращаются непосредственно к соответствующим приводам. Адрес указывает номер канала (номер разъема на устройстве позиционирования), к которому подключен привод.

Позиционирование пробников

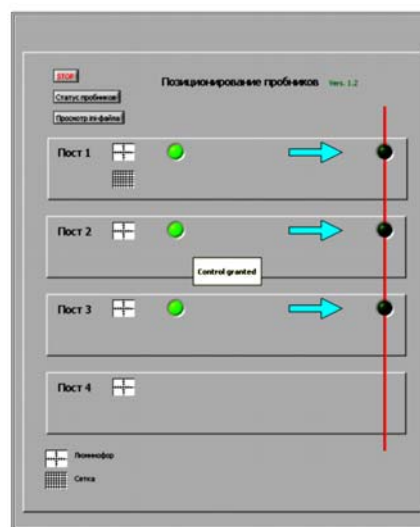


Рис. 7. Пользовательский интерфейс

Наименование команды	Код	Примечание
Запрос готовности системы	0x80	Безадресная
Считывание положения привода	0x40	Безадресная
Перевод привода в «положение 1»	0x21–0x2A	Адресная
Перевод привода в «положение 2»	0x11–0x1A	Адресная

После приема любой из указанных команд устройство позиционирования возвращает «ответ» — этот же байт, что позволяет оценить работоспособность устройства управления. Передача байта с отличным от указанных в таблице значений не вызывает реакции со стороны устройства.

Описание команд.

Запрос готовности системы	0x80
---------------------------	------

Команда предназначена для проверки исправности канала обмена информацией (RS232) и принципиальной готовности устройства к работе. Возвращается «ответ» — код 0x80.

Считывание положения приводов	0x40
-------------------------------	------

Команда запрашивает информацию о положении всех приводов. Эта информация поступает из устройства в следующем порядке:

Номер байта п/п	Название	Содержание
1	Код команды	0x40
2	P1H	Информация о нахождении привода в «положении 1» (каналы 9, 10)
3	P1L	Информация о нахождении привода в «положении 1» (каналы 1...8)
4	P2H	Информация о нахождении привода в «положении 2» (каналы 9, 10)
5	P2L	Информация о нахождении привода в «положении 2» (каналы 1...8)

Информация в отдельных разрядах кодируется следующим образом:

P1H

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
	—	—	—	—	—	—	P1C10	P1C9

P1L

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
	P1C8	P1C7	P1C6	P1C5	P1C4	P1C3	P1C2	P1C1

P2H

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
	—	—	—	—	—	—	P2C10	P2C9

P2L

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
	P2C8	P2C7	P2C6	P2C5	P2C4	P2C3	P2C2	P2C1

P1C1 ... P1C10: 1 в данном разряде указывает на то, что привод канала (1 ... 10) находится в «положении 1».

P2C1 ... P2C10: 1 в данном разряде указывает на то, что привод канала (1 ... 10) находится в «положении 2».

Перевод привода в «положение 1»	0x21–0x2A
---------------------------------	-----------

Команда переводит указанный в адресной части привод в «положение 1».
Возвращается код 0x21... 0x2A.

Код команды:

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	0	1	0	A3	A2	A1	A0

A3 ... A0 — номер канала (1 ... 10)

Перевод привода в «положение 2»	0x11–0x1A
---------------------------------	-----------

Команда переводит указанный в адресной части привод в «положение 1».
Возвращается код 0x11... 0x1A.

Код команды:

Разряд	7	6	5	4	3	2	1	0
	0	0	0	1	A3	A2	A1	A0

A3 ... A0 — номер канала (1 ... 10)

Примечание: одновременно работает только один привод.

3. КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА

Габариты корпуса: 340 × 280 × 140 мм.

Конфигурация передней панели корпуса:

- 2 светодиода индикации питания «+5 В», «+30 В» (зеленый цвет);
- 10 светодиодов индикации положения пробника «введен» (красный цвет);
- 10 светодиодов индикации положения пробника «выведен» (зеленый цвет);
- ключ включения-выключения питания «вкл-выкл».

Конфигурация задней панели корпуса:

- 1 разъем DB9 — подключение канала RS232;
- 1 разъем DB9 — подключение канала CAN;
- 10 разъемов 2PM7 — подключение диагностических постов;
- предохранитель сетевой (1 А); предохранитель на выходе трансформатора (30 В, 2 А);
- сетевой шнур, питание ~ 220 В, 50 Гц.

Электрическая схема смонтирована на двух платах.

- Плата управления, на которой расположены МК, микросхемы ГР сигналов от датчиков положения пробников, ГР питания прибора, приемопередатчики каналов RS232, CAN. Потребляемый ток 150 мА.



Рис. 8. Устройство позиционирования пробников (УПП) в стойке диагностики

— Плата УМ, на которой находятся: схема ГР управляющих сигналов от МК, усилители мощности с выходом на каналы управления двигателями. Потребляемый ток 1 А.

Устройство позиционирования монтируется в стойку, адаптированную под стандарт КАМАК (рис. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработано устройство позиционирования пучковых пробников со следующими техническими характеристиками:

— количество управляемых каналов контроля положения пробников и дистанционного управления, обеспечивающих ввод-вывод пробников в пучок, — до 10;

— количество управляемых приводов — 10;

— двигатели постоянного тока с редуктором; тип двигателя ДР-1,5РА, $U = 27$ В, $I = 1$ А, $W = 35$ Вт, частота вращения = 153 об./мин, вращательный момент = $9,81 \cdot 10^{-2}$ Н·м;

— канал связи с ПК RS232;

— ГР: плата управления — ПК; плата управления — УМ; плата управления — сигналы от датчиков положения;

— источники питания: $U = 5$ В, $I = 300$ мА, $W = 1,5$ Вт, $U = 30$ В, $I = 1$ А, $W = 30$ Вт.

Разработан пакет тестовых и сервисных программ, поддерживающий работу устройства, которое смонтировано и включено в штатное оборудование системы диагностики пучка ускорителя ЛУЭ-200 установки ИРЕН.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белозеров А. В. и др.* Физический пуск первой очереди установки ИРЕН // Труды VIII Международного научного семинара памяти В. П. Саранцева. Письма в ЭЧАЯ. 2010. Т. 7, № 7 (163). С. 923.
2. *Евстифеев А. В.* Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «Atmel». М.: Додека, 2004.

Получено 28 июня 2011 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 09.09.2011.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,87. Уч.-изд. л. 1,07. Тираж 230 экз. Заказ № 57421.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/