

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР** А. М. ШАЛАГИН

Институт автоматике и электрометрии СО РАН

**ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:** Ю. Н. ЗОЛОТУХИН,  
В. К. МАЛИНОВСКИЙ

Институт автоматике и электрометрии СО РАН

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ** В. П. БЕССМЕЛЬЦЕВ

Институт автоматике и электрометрии СО РАН

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

А. Л. АСЕЕВ	Сибирское отделение РАН
И. В. БЫЧКОВ	Институт динамики систем и теории управления СО РАН
С. Н. ВАСИЛЬЕВ	Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН
Ю. И. ЖУРАВЛЕВ	Вычислительный центр им. А. А. Дородницына РАН
В. С. КИРИЧУК	Институт автоматике и электрометрии СО РАН
Г. Н. КУЛИПАНОВ	Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН
Ю. Н. КУЛЬЧИН	Дальневосточное отделение РАН
Г. Г. МАТВИЕНКО	Институт оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН
Е. С. НЕЖЕВЕНКО	Институт автоматике и электрометрии СО РАН
О. И. ПОТАТУРКИН	Институт автоматике и электрометрии СО РАН
В. А. СОЙФЕР	Институт систем обработки изображений РАН
А. А. СПЕКТОР	Новосибирский государственный технический университет
Ю. В. ЧУГУЙ	Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН
В. Ф. ШАБАНОВ	Институт физики им. Л. В. Киренского СО РАН
Ю. И. ШОКИН	Институт вычислительных технологий СО РАН

**УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА:**

Сибирское отделение РАН,  
Институт автоматике и электрометрии СО РАН

Заведующая редакцией Р. П. ШВЕЦ

Ответственный за выпуск д-р техн. наук Э. А. КУПЕР

---

Сдано в набор 1.12.2014. Подписано в печать 28.01.2015. Формат (60 × 84) 1/8. Офсетная печать.  
Усл. печ. л. 13,95. Усл. кр.-отт. 11,2. Уч.-изд. л. 11,2. Тираж 195 экз. Свободная цена. Заказ № 10.  
Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания  
и средств массовых коммуникаций 31.05.2002.  
Свидетельство ПИ № 77-12809

---

Адрес редакции: Институт автоматике и электрометрии СО РАН,  
просп. Академика Коптюга, 1, Новосибирск 630090,  
тел. 8(383) 330-79-38, E-mail: automr@iae.nsk.ru  
<http://sibran.ru>

Издательство СО РАН, Морской просп., 2, Новосибирск 630090.  
Отпечатано на полиграфическом участке Издательства СО РАН

© Сибирское отделение РАН,  
Институт автоматике и  
электрометрии СО РАН, 2015

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

---

# А В Т О М Е Т Р И Я

---

ОСНОВАН В ЯНВАРЕ 1965 ГОДА

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

Том 51

2015

№ 1

ЯНВАРЬ — ФЕВРАЛЬ

## СОДЕРЖАНИЕ

*СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ*

Беркаев Д. Е., Шатунов П. Ю., Шварц Д. Б., Роговский Ю. А., Сенченко А. И., Землянский И. М., Касаев А. С., Романов А. Л., Кирпотин А. Н., Лысенко А. П., Переведенцев Е. А., Кооп И. А., Козак В. Р., Горчаков К. В., Веремеенко В. Ф., Беликов О. В., Шатунов Ю. М. Управление энергией встречных электрон-позитронных пучков на ускорительном комплексе ВЭПП-2000.....	4
Козак В. Р., Купер Э. А. Многофункциональные устройства для систем автоматизации ускорительных установок.....	12
Фаткин Г. А. Система анализа данных рентгенографического комплекса на базе ускорителя ЛИУ-2.....	22
Аульченко В. М., Епифанов Д. А., Козырев А. Н., Логашенко И. Б., Попов А. С., Рубан А. А., Селиванов А. Н., Талышев А. А., Титов В. М., Юдин Ю. В., Эпштейн Л. Б. Архитектура системы регистрации и запуска детектора КМД-3.....	31
Аульченко В. М., Жилич В. Н., Жуланов В. В., Кузьмин А. С., Матвиенко Д. В., Миябаяши К., Накамура И., Усов Ю. В., Чеон Б. Г., Шварц Б. А., Шебалин В. Е. Структура и алгоритм функционирования аппаратуры многоканального кристаллического калориметра для работы при больших нагрузках.....	39
Федотов М. Г., Алешаев А. Н., Мишнев С. И., Ровенских А. Ф., Селиванов А. Н., Селиванов П. А. Модернизация системы стабилизации пучков синхротронного излучения накопителя ВЭПП-3.....	48
Купер Э. А., Логачев П. В., Репков В. В., Селиванов А. Н., Селиванов П. А., Семенов Ю. И., Трибендис А. Г., Федотов М. Г., Чертовских А. С. Автоматизированная система для задания координат шва в установках электронно-лучевой сварки.....	55
Батраков А. М., Ильин И. В., Павленко А. В. Прецизионные цифровые интеграторы сигналов с точной синхронизацией.....	62
Карпов Г. В. Импульсный магнитометр на основе ядерного магнитного резонанса.....	70
Бабичев Е. А., Бару С. Е., Леонов В. В., Поросев В. В., Савинов Г. А. Микродозовые рентгенографические системы Института ядерной физики СО РАН и области их оптимального применения.....	77
Карпов Г. В., Стюф А. С. Быстродействующий цифровой измеритель разности фаз сигнала пучка ионов и ускоряющего напряжения.....	87
Дорохов Д. В., Купер Э. А. Система измерения тока ионизационной камеры в экспериментах с синхротронным излучением.....	92

<b>Скоробогатов Д. Н., Кондауров М. Н., Козак В. Р.</b> Автоматизированная система управления высоковольтным питанием установки электронного охлаждения .....	99
<b>Дербенев А. А., Карнаев С. Е., Симонов Е. А., Чеблаков П. Б.</b> Методика мониторинга параметров бустера для источника синхротронного излучения NSLS-II .....	106

*ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ*

<b>Паращенко М. А., Филиппов Н. С., Кириенко В. В.</b> Микрофлюидный электрогенератор на основе кремниевой микроканальной мембраны .....	115
--	-----

## ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Институт ядерной физики (ИЯФ) им. Г. И. Будкера — крупнейший институт Российской академии наук. В его активе выдающиеся работы по физике элементарных частиц, ускорительной технике, физике плазмы. Для решения этих фундаментальных проблем в ИЯФ СО РАН были созданы сложнейшие экспериментальные установки, насыщенные огромным количеством разнообразной электроники.

В предлагаемом выпуске журнала представлены работы, в которых рассмотрены некоторые аспекты современного состояния и путей развития систем автоматизации экспериментальных физических установок ИЯФ СО РАН.

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 621.384.63, 681.518.3, 681.518.5

### УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГИЕЙ ВСТРЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫХ ПУЧКОВ НА УСКОРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ ВЭПП-2000

Д. Е. Беркаев<sup>1,2</sup>, П. Ю. Шатунов<sup>1</sup>, Д. Б. Шварц<sup>1,2</sup>,  
Ю. А. Роговский<sup>1,2</sup>, А. И. Сенченко<sup>1</sup>, И. М. Землянский<sup>1</sup>,  
А. С. Касаев<sup>1</sup>, А. Л. Романов<sup>1</sup>, А. Н. Кирпотин<sup>1</sup>, А. П. Лысенко<sup>1</sup>,  
Е. А. Переведенцев<sup>1,2</sup>, И. А. Кооп<sup>1,2,3</sup>, В. Р. Козак<sup>1</sup>, К. В. Горчаков<sup>1</sup>,  
В. Ф. Веремеенко<sup>1</sup>, О. В. Беликов<sup>1,2</sup>, Ю. М. Шатунов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН,  
630090, г. Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 11

<sup>2</sup>Новосибирский государственный университет,  
630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2

<sup>3</sup>Новосибирский государственный технический университет,  
630073, г. Новосибирск, просп. К. Маркса, 20  
E-mail: D.E.Berkaev@inp.nsk.su

На примере одной из основных операций по достижению проектных параметров физической установки — изменение энергии накопленных и сталкивающихся пучков — рассматриваются вопросы автоматизации управления электрон-позитронным комплексом ВЭПП-2000 (создан в Институте ядерной физики СО РАН, г. Новосибирск) — новой большой физической установкой, построенной и запущенной в эксплуатацию в России в XXI веке. Предложен подход к разработке системы автоматизации большой физической установки, описываются особенности, а также приводятся ключевые моменты, связанные с построением архитектуры такой системы в целом и отдельных её подсистем.

**Ключевые слова:** коллайдер, автоматизация, система управления, ускорительный комплекс, энергия, круглые пучки.

**Введение.** В 2001 г. остановлен электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2М, плодотворно работавший с 1974 г. в области энергий 180–700 МэВ в одном пучке. На этой машине с пиковой светимостью  $3 \cdot 10^{30} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  с несколькими поколениями детекторов был набран суммарный интеграл светимости  $\sim 100 \text{ пбн}^{-1}$  [1–3]. В то же время в области энергий от 0,7 до 1 ГэВ в пучке за всю историю работали только два коллайдера: ADONE (г. Фраскати, Италия) [4] и DCI (г. Орсэ, Франция) [5], имевшие очень низкую по современным представлениям светимость около  $3 \cdot 10^{29} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  и набравшие в сумме лишь 6 пбн<sup>-1</sup> интегральной светимости. Прецизионное измерение сечения аннигиляции  $e^+e^-$  в адроны в данном диапазоне энергий является одной из важных задач в области экспериментальной физики. Не менее интересен процесс рождения протон-антипротонных и нейтрон-антинейтронных пар вблизи порога. Для решения этих и ряда других физических задач на базе ускорительного комплекса ВЭПП-2М был построен новый электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000 на энергию до 1 ГэВ в пучке со светимостью до  $1 \cdot 10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$  [6].

Целью данной работы являлось создание архитектуры и программных алгоритмов системы автоматизации комплекса ВЭПП-2000 для оптимального управления энергией встречных электрон-позитронных пучков.