

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ  
В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 539.1.074.3

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ МАГНИТНОГО  
ПОЛЯ УСТАНОВКИ СВД-2

© 2019 г. В. Н. Алферов, Д. А. Васильев, В. Ф. Головкин,  
П. П. Коробчук, А. В. Лутчев, В. Х. Маляев,  
В. Н. Рядовиков, В. А. Соловьев, В. Н. Федорченко, А. Н. Холкин

Поступила в редакцию 26.04.2018 г.

После доработки 07.12.2018 г.

Принята к публикации 12.12.2018 г.

DOI: 10.1134/S0032816219030121

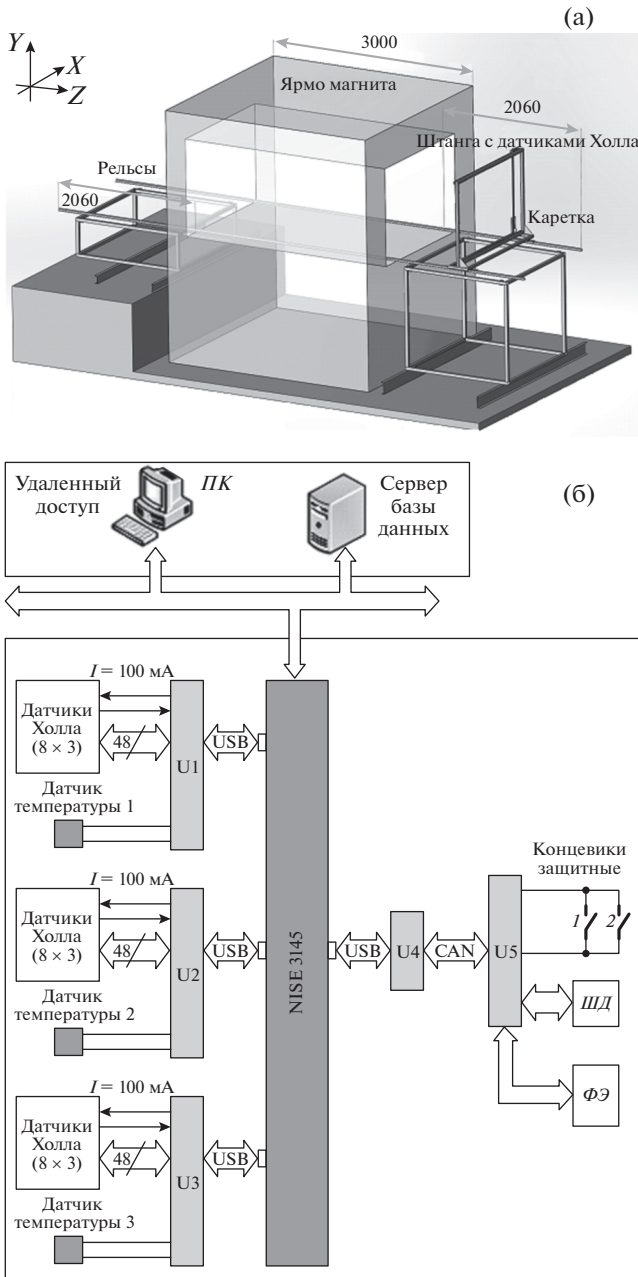
Приведено описание разработанной в НИЦ “Курчатовский институт”–ИФВЭ (Протвино) системы измерения магнитного поля большого объема ( $152 \times 88 \times 860 \text{ см}^3$ ). Система была использована для измерения магнитного поля экспериментальной установки СВД [1] ускорительного комплекса У-70. Полученные данные необходимы для работы пакета программ геометрической реконструкции треков и восстановления импульсов заряженных частиц с использованием карты магнитного поля.

Измерение магнитного поля выполняется сборками полупроводниковых арсенидогаллиевых датчиков Холла производства ООО “Вега-Флекс” (Санкт-Петербург) [2], обеспечивающими измерение компонент индукции поля по трем координатам. Механическая конструкция (рис. 1а) для проведения измерений состоит из вертикальной штанги (ось  $Y$ ) с 23-мя магнитометрами, размещенными с шагом 4 см. Штанга установлена на подвижной каретке, которая перемещается вдоль оси  $Z$  с шагом 4 см, управляемым от персонального компьютера ПК электродвигателем ШД с ленточным приводом. По оси  $X$  штанга с магнитометрами перемещается ручным приводом с шагом 4 см. Перед измерениями индукции поля датчики Холла калибровались методом ядерного магнитного резонанса в образцовом магните с однородным полем до 600 мТл и показали соответствие измеренных значений индукции паспортным данным чувствительности датчиков.

Блок-схема системы измерения приведена на рис. 1б. В состав системы входят: три 24-канальных блока измерения сигналов с датчиков Холла ( $U_1, U_2, U_3$ ); промышленный компьютер NISE3145; преобразователь интерфейсов (USB–CAN) АС4 ( $U_4$ ); блок управления шаговым двигателем FL60STH86 и концевыми выключателями ( $U_5$ ). Блок измерения сигналов с датчиков Холла включает в себя: 24 входных канала с максимальной частотой измерений 6 кГц и диапазоном измеряемых напряжений  $\pm 120 \text{ мВ}$ ; стабильный источник тока 100 мА; АЦП для контроля тока; два канала измерения температуры с точностью  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .

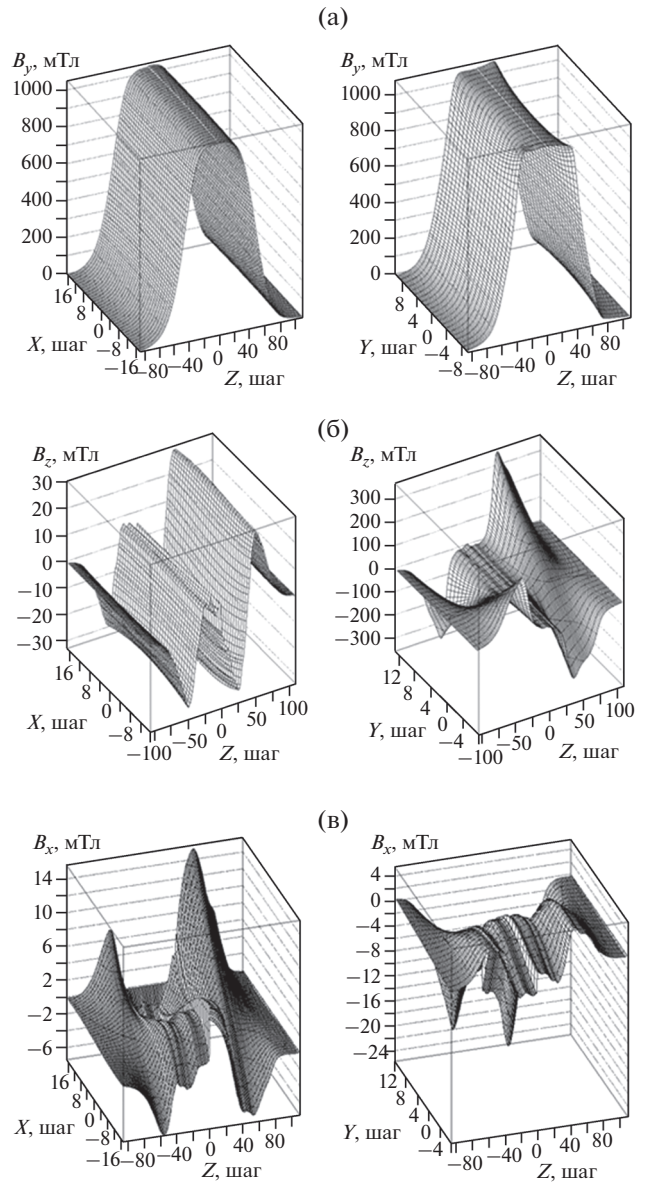
Фотодатчик  $\Phi\mathcal{E}$  на каретке перемещается вдоль линейки с прорезями шириной 1 мм, нарезанными с шагом 4 см, и задает координату штанги по оси  $Z$ .

Управление подвижной кареткой и считывание показаний датчиков осуществляется с помощью программной платформы LabVIEW. Результаты измерений записываются в текстовые файлы, которые содержат служебную информацию: шаг измерительной каретки по оси  $Z$  и по горизонтали (ось  $X$ ), ток магнита, показания датчиков температуры и усредненные данные по ста измерениям индукции в одной точке для трех компонент поля в миллitesлах с их дисперсией. Разброс показаний датчиков Холла в одной точке небольшой ( $< 0.1\%$ ). Сравнения измеренных значений индукций поля в одной точке при движении каретки в обе стороны ( $X = \text{const}$ ) показали, что значения  $V$  (вперед) и  $B$  (назад) совпадают с точностью лучше



**Рис. 1.** а – схематическое изображение механической конструкции для измерения магнитного поля установки СВД-2, размеры даны в миллиметрах; б – блок-схема системы для измерения магнитного поля.

1%. Зависимость показаний датчиков Холла от их температуры <math><0.01\%</math>. Коэффициенты пропорциональности  $k = B(4 \text{ кА})/B(I)$  для значений  $B_y$ , измеренные при разных величинах тока в магните ( $I = 1, 2, 3, 4 \text{ кА}$ ), отличаются от линейной зависимости в пределах от  $-1.5$  до  $-0.5\%$ .



**Рис. 2.** Карты магнитного поля в графическом виде для компонент:  $B_y$  (а),  $B_z$  (б),  $B_x$  (в). Слева – зависимость компонент от координат ( $Z, X$ ) при  $Y = 0$ , справа – от координат ( $Z, Y$ ) при  $X = 0$ . Координаты даны в шагах, 1 шаг = 40 мм.

На рис. 2 показаны примеры полученной карты магнитного поля в графическом виде для компонент  $B_y, B_z, B_x$  [3]. Приведены их зависимости от координат ( $Z, X$ ) при  $Y = 0$  и координат ( $Z, Y$ ) при  $X = 0$ .

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Авдейчиков В.В., Алеев А.И., Ардашев Е.Н., Басиладзе С.Г., Богданова Г.А., Вишневецкая А.М., Волков В.Ю., Воробьев А.П., Воронин А.Г., Головная С.Н., Головкин В.Ф.,

*Горохов С.А., Гришкевич Я.В., Ермолов П.Ф., Зверев Е.Г. и др. // ПТЭ. 2013. № 1. С. 14. doi 10.7868/S003281621206002X*

2. ООО “Вега-Флекс”, [www.sensorspb.ru](http://www.sensorspb.ru)

3. *Алферов В.Н., Васильев Д.А., Головкин В.Ф., Коробчук П.П., Лутчев А.В., Маляев В.Х., Рядовиков В.Н., Соловьев В.А., Федорченко В.Н., Холкин А.Н. Пре-*

принт ИФВЭ 2018-2. Протвино, 2018. <http://web.ihep.su/library/pubs/prep2018/ps/2018-2.pdf>

*Адрес для справок: Россия, 142281, Протвино Московской обл., пл. Науки, 1; Институт физики высоких энергий им. А.А. Логанова Национального исследовательского центра “Курчатовский институт”. E-mail: [riadovikov@ihep.ru](mailto:riadovikov@ihep.ru)*