

## ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 539.1.074 + 539.1.04

### ТОКОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЧАСТИЦ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

© 2013 г. Ю. Е. Титаренко, В. Ф. Батяев, С. П. Боровлев, В. И. Рогов, К. В. Павлов,  
А. Ю. Титаренко, Р. С. Тихонов, С. А. Феофанов, С. Н. Юлдашев, В. С. Анашин\*,  
В. А. Берлянд\*\*, А. В. Берлянд\*\*

Поступила в редакцию 17.09.2012 г.  
После доработки 09.11.2012 г.

DOI: 10.7868/S0032816213050224

Ускорители протонов и тяжелых ионов используются для проведения испытаний электронной компонентной базы (э.к.б.) и радиоэлектронной аппаратуры (р.э.а.) для оценки их применения в условиях ионизирующего излучения космического пространства. Общий вид разработанного нами такого прибора представлен на рис. 1. Он состоит из пяти идентичных блоков с фотоэлектронными умножителями (ф.э.у.) и сцинтилляционными детекторами размерами  $1 \times 1 \times 1$  см каждый, которые помещены в светонепроницаемые кожухи, собранные в единую конструкцию. Четыре блока размещаются по диагоналям квадратной подставки, что обеспечивает их перпендикулярное и симметричное расположение относительно оси пучка. В центре подставки есть отверстие  $\varnothing 19$  см. Перемещение блоков позволяет формировать невозмущенную область пучка площадью от 1 до 70 см<sup>2</sup>. Пятый блок устанавливается на двухкоординатном столике, на котором размещаются исследуемые э.к.б./р.э.а. Пятый блок ИППЧ-Т калибруется для протонов с использованием мониторных реакций или ионизационной камеры, поверенной на Государственном первичном эталоне ГЭТ38-95, а для ионов – трековыми детекторами. При калибровке ИППЧ-Т он вводится в центр невозмущенного пучка, его показания сравниваются с усредненными показаниями четырех счетчиков, эти данные используются в программе для контроля флюенса в режиме on-line. Затем этот блок полностью выводится из пучка, а на его место устанавливаются исследуемые э.к.б./р.э.а. Прибор регистрирует протоны с энергией  $>5$  МэВ и ионы <sup>12</sup>C, <sup>27</sup>Al, <sup>56</sup>Fe, <sup>109</sup>Ag соответственно выше 8, 12, 15, 17 МэВ/нуклон. Это обусловлено толщиной материала кожуха сцин-

тилляционных детекторов. При испытаниях э.к.б./р.э.а. без раскорпусирования нужны протоны и ионы более высоких энергий, получение которых обеспечивает ускорительный комплекс ИТЭФ.

Работа ИППЧ-Т основана на интегрировании тока ф.э.у., пропорционального числу частиц, попавших в сцинтиллятор. Время интегрирования определяется таймером, работа которого синхронизована с прохождением частиц при сбросе пучка. По окончании сброса напряжение интегратора оцифровывается и передается в компьютер, в котором информация накапливается и отображается на мониторе. Блок интегрирования расположен в непосредственной близости от ИППЧ-Т (~2 м), интерфейсная карта – в компьютере на пульте оператора стенда, длина кабеля связи “блок интегрирования – интерфейсная карта” ~20 м. Для питания ф.э.у. используется схема Ко-

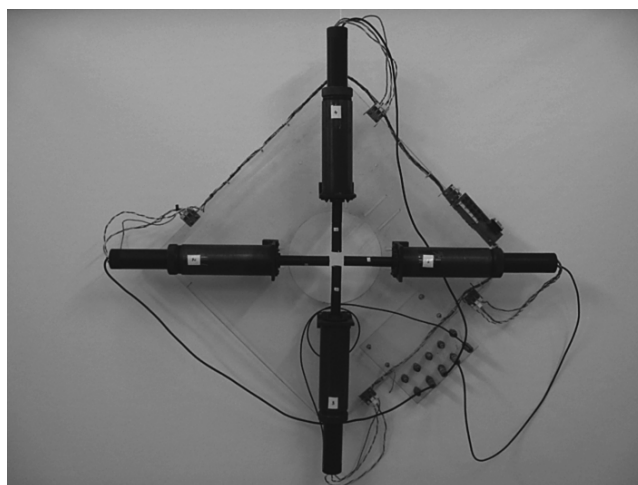


Рис. 1. Общий вид ИППЧ-Т.

\* НИИ космического приборостроения, Москва.

\*\* ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений, пос. Менделеево Московской области.

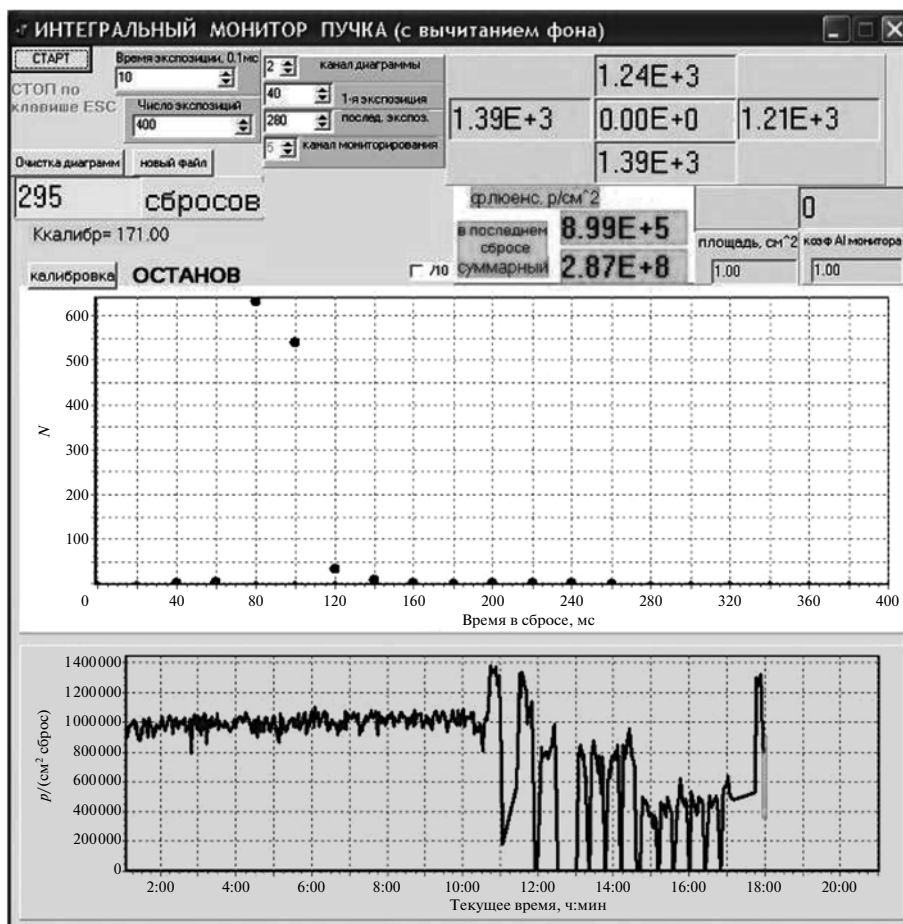


Рис. 2. Окно программы для работы с ИППЧ-Т.

крофта, которая обеспечивает линейный режим работы интегратора тока в диапазоне нагрузок  $10^2$ – $10^{10}$  частиц/( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ). Окно программы для контроля работы ИППЧ-Т представлено на рис. 2. Время экспозиции (период оцифровки) устанавливается в диапазоне 0.1–1.0 мс. В каждом цикле сброса ускорителя программой выводятся: количество измеренных сбросов (окно “сбросов”); интеграл за последний сброс по каждому сцинтилляционному детектору в относительных единицах (5 окон в правой верхней части); флюенс в месте облучения э.к.б./р.э.а. в последнем сбросе (окно “в последнем сбросе”); суммарный по всем

зарегистрированным сбросам флюенс (окно “суммарный”). Кроме того, на двух диаграммах представляется графическая информация: на верхней изображается временная структура пучка в последнем сбросе, на нижней приводится флюенс за время проведения испытания, который может быть или постоянным, или изменяющимся после кратковременных остановок.

*Адрес для справок: Россия, 117218, Москва, ул. Б.Черемушкинская, 25, ГНЦ РФ “Институт теоретической и экспериментальной физики”. E-mail: Yury.Titarenko@itep.ru*