

P13-2001-212

М.И.Госткин, Д.В.Дедович, В.В.Журавлев, Т.О.Руденко,  
А.И.Руденко, Д.В.Харченко, Э.Г.Цхададзе, Г.А.Шелков

**СТЕНД ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ  
ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК МЮОННОЙ СИСТЕМЫ  
УСТАНОВКИ ATLAS**

## Введение

Мюонная система установки ATLAS /1/ - внешняя и наиболее масштабная из детектирующих подсистем установки. Ее внешний диаметр составляет 22 метра, а длина – 42 метра. Она собирается из 1200 мюонных камер общей площадью 5500 м<sup>2</sup>. Мюонная система должна обеспечивать регистрацию и высокоточное измерение импульсов мюонов (для энергий около 1 ТэВ необходимо импульсное разрешение детектора  $\Delta P / P \sim 10 \%$ , для энергий от 10 до 300 ГэВ –  $\Delta P / P \sim 3 \%$ ). Основным детектирующим элементом, из которого собираются мюонные камеры, являются дрейфовые трубки (ДТ) с повышенным давлением рабочего газа. Для сборки системы необходимо собрать и тщательно проверить (замена отдельной трубки внутри мюонной камеры в ходе дальнейшей эксплуатации в течение не менее 7 лет будет невозможна) около 400 000 отдельных дрейфовых трубок. В соответствии с распределением функций внутри сотрудничества ATLAS группа ОИЯИ должна собрать и испытать около 70 000 дрейфовых трубок. Для выполнения этой задачи в ЛЯП создан участок для сборки и испытания дрейфовых и мюонных камер. Участок включает в себя: чистое производственное помещение с автоматизированной линией для сборки дрейфовых трубок, развернутую систему контроля качества процесса сборки и проверки готовых детекторов, систему сбора информации и формирования базы данных. Чтобы обеспечить высокую точность измерения импульсов и стабильность работы мюонной системы, коллаборация приняла ряд требований, которым должна удовлетворять каждая ДТ /3/. В частности, трубка, прошедшая контроль качества, должна иметь темновой ток не более 7.5 нА при напряжении, соответствующем удвоенному значению газового усиления. При этом скорость счета ДТ при рабочем напряжении должна быть в диапазоне от 20 до 60 частиц/с. Темп производства отдельных детекторов на указанном участке ОИЯИ – до 100 ДТ в день. Для обеспечения надёжности проверки высоковольтный тест необходимо производить в течение не менее 3 часов. Стремление удовлетворить двум указанным требованиям и определило конструкцию стенда.

## Конструкция стенда

Основные элементы стенда – механическая конструкция для размещения ДТ, система заполнения ДТ рабочим газом, высоковольтный источник питания HV, электроника для обработки сигналов, программное обеспечение.

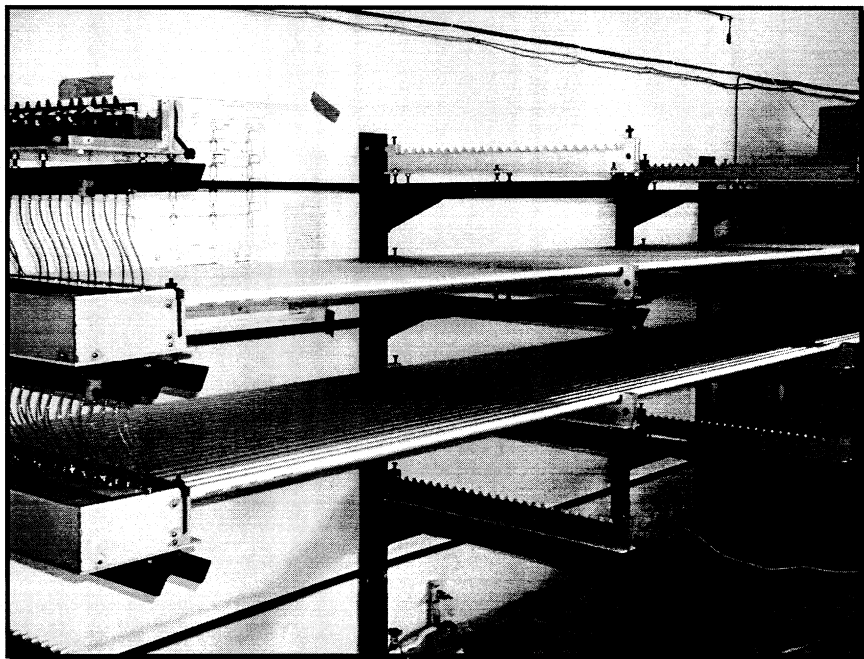


Рис. 1. Внешний вид стенда для высоковольтных испытаний детекторов

Механическая конструкция позволяет размещать одновременно до 96 дрейфовых трубок длиной 3100 или 3800 мм. На ней установлены предусилители и высоковольтные распределители. Система заполнения предназначена для приготовления газовой смеси  $Ag + 7\% CO_2$ , откачивания трубок и их заполнения до давления 3 атм.

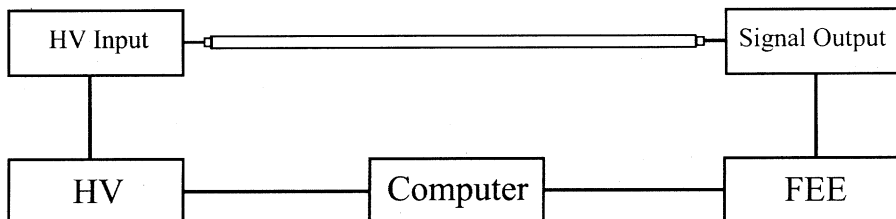


Рис. 2. Принципиальная схема стенда для высоковольтного тестирования дрейфовых трубок

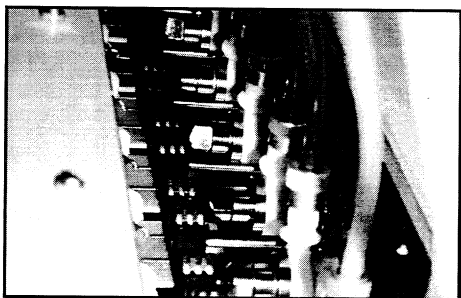


Рис. 3. Соединение дрейфовой трубки с газовой системой

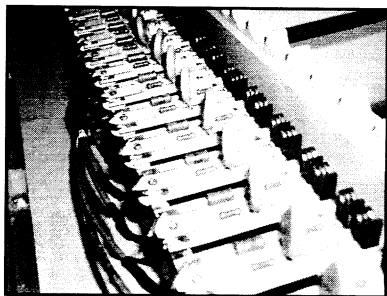


Рис. 4. Высоковольтные разъемы

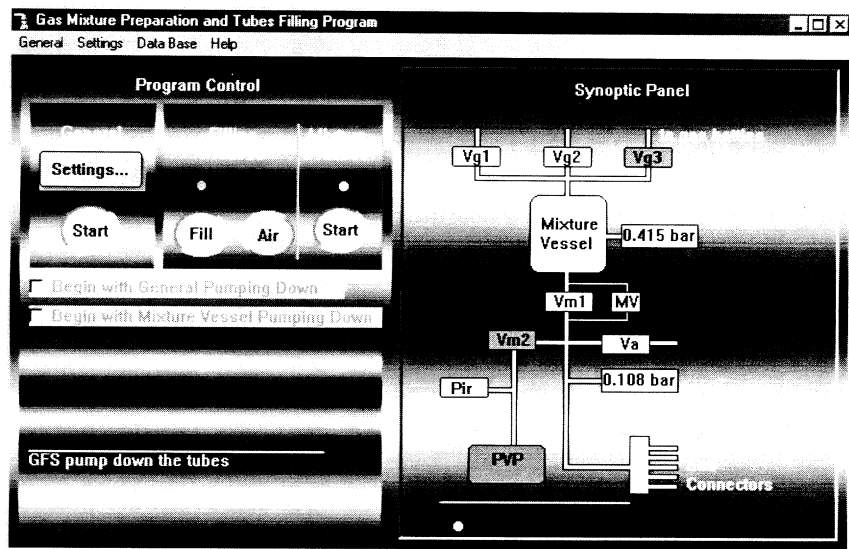


Рис. 5. Панель управления и схема системы заполнения дрейфовых трубок рабочей газовой смесью

Высоковольтный источник SY546 компании С.А.Е.Н. /2/ на 96 выходных каналов используется для установления рабочего напряжения и измерения темного тока с точностью 1 нА при максимальном измеряемом значении 5000 нА. Восемь 12-канальных распределительных блоков поддерживают напряжение до 6000 В. Источник снабжен системой защиты от перегрузок. Если ток в каком-либо канале превышает установленное максимальное значение, то система автоматически отключает этот блок. Контролируемыми параметрами являются :

- 1) максимальное напряжение,
- 2) скорость изменения напряжения,
- 3) максимальный ток,
- 4) номинальное напряжение.

Источник непрерывно измеряет текущие напряжение и ток, а также сообщает статус для каждого канала. Считывание информации осуществляется через порт RS232.

Для усиления амплитудных сигналов используется биполярный токовый предусилитель L3 с коэффициентом усиления 90 мВ/мкА и передним фронтом 12 нс. Скорость счета ДТ измеряется 16-канальным 16-битным счетчиком со встроенным дискриминатором с порогом 1,5 мкА, что соответствует 65 электронам первичной ионизации при рабочем газовом усилении. Считывание информации происходит посредством контроллера КК012 и платы расширения КР012.

Для корректного измерения темнового тока ДТ в наноамперном диапазоне необходимо поддерживать относительную влажность на уровне не более 40 %. Для этого используется климатическая система БК-1500 с датчиком относительной влажности и температуры.

Все программное обеспечение написано на National Instruments LabView 5.1, что обеспечивает простоту обслуживания и дальнейшей модернизации. Для работы со стендом были созданы следующие программы :

1. Climate – контроль температуры и влажности.
2. 96 Tubes Monitor – программа для установки требуемых параметров и измерения токов утечки и скорости счета при заданном напряжении. В данную программу включен модуль 96 Tubes Test, позволяющий производить автоматическое тестирование дрейфовых трубок при определенном ряде напряжений.
3. Total Graph – программа для просмотра файлов данных, полученных в ходе теста.
4. Total Stat & Data Base – программа для обработки данных, полученных в ходе теста, и записи результатов в базу данных.

## Процедура испытаний

После установки трубок в стенд в базу данных вносятся номера испытываемых детекторов (каждый детектор снабжен индивидуальным номером, который вводится в РС посредством считывания штрих-кода), происходит автоматическое откачивание и наполнение их рабочей газовой смесью  $Ar + CO_2$  до давления 3 атм. Далее по сигналу оператора начинается процесс тестирования трубок в течение длительного времени (не менее 4 часов) при напряжении 3200 В для измерения скорости счета и 3400 В для измерения тока утечки.

Типичное распределение времени тестирования.

Установка ДТ и подключение к газовой системе	30 мин
Откачка и заполнение рабочей газовой смесью $Ar + CO_2$	30 мин
Изменение напряжения до 3200 В	100 мин
Измерение скорости счета при напряжении 3200 В	50 мин
Измерение токов утечки при напряжении 3400 В	50 мин
Отключение ДТ	30 мин

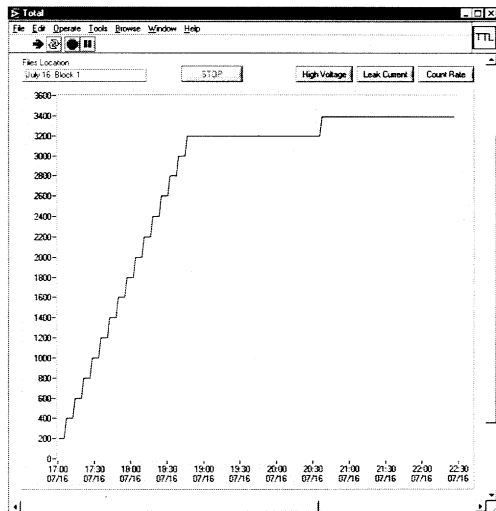


Рис. 6. Изменение напряжения в процессе тестирования

На все детекторы от высоковольтного источника HV подается высокое напряжение с шагом 200 В, при этом большую часть времени трубки находятся под напряжением 3200 и 3400 В. Через определенные промежутки времени в течение всего процесса тестирования происходит измерение и запись в файл значений напряжения, токов утечки, скорости счета космических частиц и времени от начала тестирования.

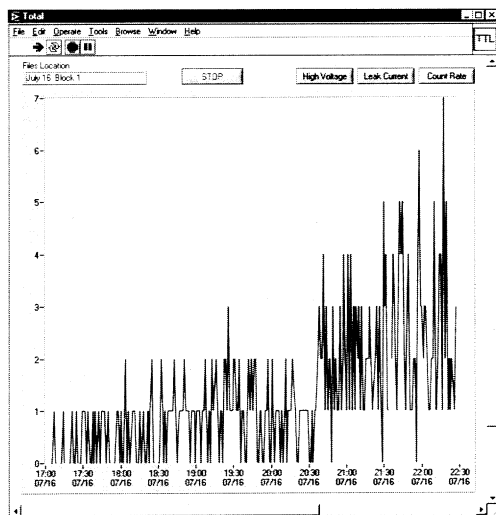


Рис. 7. Зависимость тока утечки дрейфовой трубки от времени

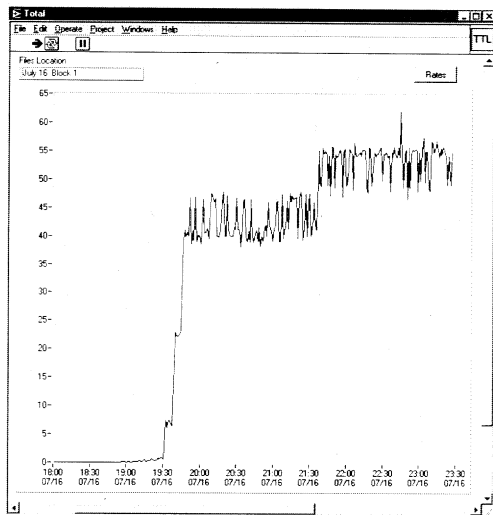


Рис. 8. Зависимость скорости счета дрейфовой трубки от времени

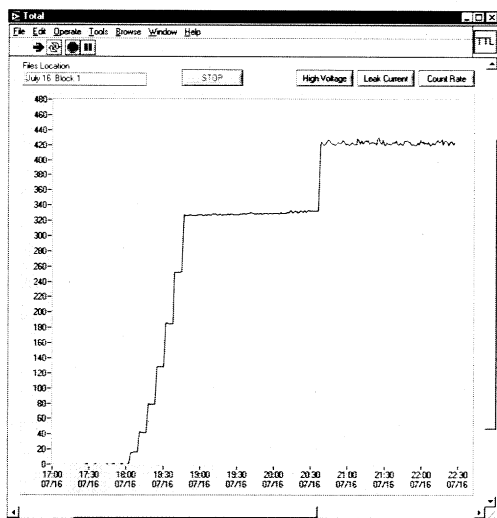


Рис. 9. Зависимость тока утечки от времени для "плохой" дрейфовой трубки

При завершении теста обработанные данные (серийный номер трубки, время начала тестирования, ток утечки и скорость счета, номер канала) заносятся в базу данных. При этом каждой трубке присваивается Rejection Code (RC). Детектор считается прошедшим высоковольтный тест ( $RC=0$ ), если ток утечки, усредненный для последних 50 измерений, не превышает  $7,5 \text{ nA}$  и скорость счета находится в пределах  $(40 \pm 20) \text{ Гц}$ .

TubelId	RecDT	IdQcOpPar	CosCountRate	LeakCurr	Channel	RejCode
149216	18.07.01 10:54:34	JNR1	45,44	2,20	70	0

Рис. 10. Пример записи результата тестирования в базе данных

В настоящее время протестировано около 12000 трубок, при этом 52 из них считаются “плохими”. Результаты тестирования представлены на рис.11.

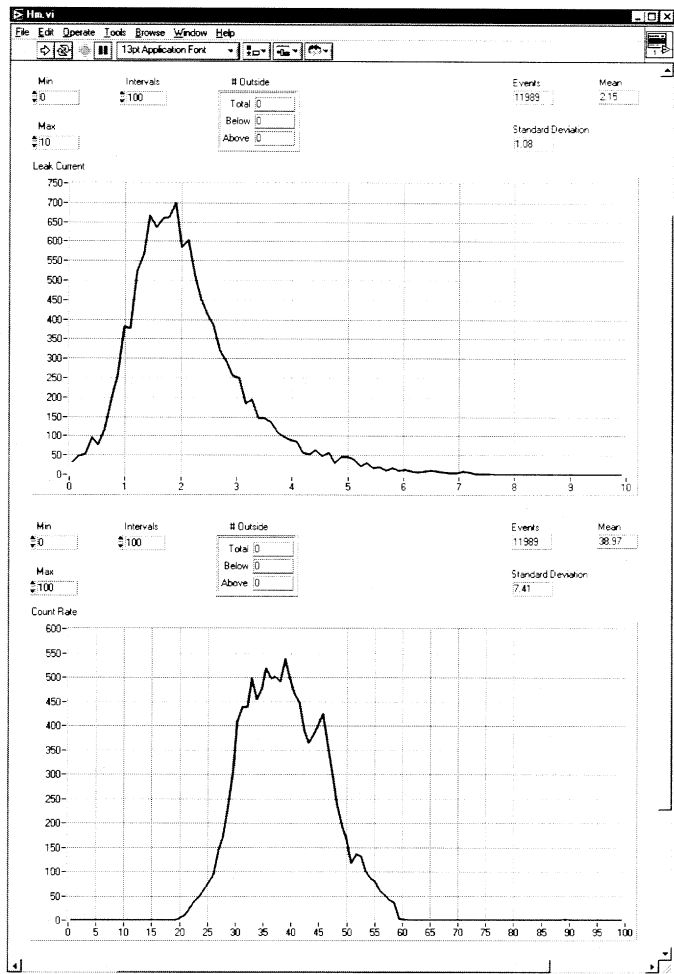


Рис. 11. Распределение токов утечки и скоростей счета космических частиц



В заключение хотелось бы выразить благодарность З.В. Крумштейну, Н.Н. Хованскому, В.Ф. Чепурнову за деятельное участие в подготовке статьи.

### Список литературы

1. ATLAS Muon Spectrometer. Technical Design Report CERN/LHC 1997.
2. Multichannel Active Distributor System MOD. SY546. Technical Information Manual, 1994.
3. Quality Assurance and Control Reference Document. Hubert Kroha. Max-Planck-Institut für Physik. Munich, 2000.

---

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 октября 2001 года.

Госткин М.И. и др.

P13-2001-212

Стенд для высоковольтного тестирования дрейфовых трубок  
мюонной системы установки ATLAS

Для выполнения обязательств группы ОИЯИ в рамках проекта ATLAS/LHC в Дубне создан участок для сборки и испытания дрейфовых детекторов (трубок) с повышенным давлением рабочего газа, являющихся основным регистрирующим элементом при создании мюонных камер установки. Последней проверкой собранных дрейфовых трубок, по результатам которой определяется окончательная возможность использования изготовленного детектора для сборки мюонной камеры, является проверка детектора в рабочих условиях, то есть исследование зависимости величины темного тока и скорости счета космических частиц и фонового излучения детектором, заполненным рабочей газовой смесью, от величины высоковольтного напряжения (до 3,5 кВ), подаваемого на детектор. В работе описывается конструкция стенда, процедура и результаты проверки детекторов.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2001

Перевод авторов

Gostkin M.I. et al.

P13-2001-212

Station for Functionality Test of Drift Tubes  
of the ATLAS Muon Spectrometer

A description of the semi-automatic high voltage testing station is presented. The station was designed for the functionality test of drift tubes (DT) of the ATLAS muon spectrometer. Strong requirements for DT stability (maximum accepted leak current is 2 nA/m) and high production rate required building of a specialized testing station. It allows one to investigate leak current and cosmic count rate dependence from high voltage value in working conditions. The station performance, the test procedure and results from the first year of mass production are presented.

The investigation has been performed at the Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2001

Редактор М.И.Зарубина. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 20.11.2001  
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 0,74  
Тираж 325. Заказ 52960. Цена 74 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
Дубна Московской области