

P13-2005-125

Ю. В. Гусаков, И. А. Жуков, В. М. Лысан,
В. В. Мялковский, А. Ф. Новгородов, В. Д. Пешехонов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СТЕНДОВАЯ
ПРОВЕРКА КОЛЬЦЕВЫХ СТРОУ-ДЕТЕКТОРОВ
ТИПА «В» TRT ATLAS

Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ»

Гусаков Ю. В. и др.

P13-2005-125

Автоматизированная стендовая проверка кольцевых строу-детекторов типа «В» TRT ATLAS

Разработанный и созданный коллаборацией ATLAS автоматизированный стенд для проверки кольцевых модулей строу-детектора переходного излучения и одновременно трекера установки ATLAS позволяет проводить полную проверку модуля, определяя работоспособность всех его каналов и измеряя величину неоднородности газового усиления по длине для каждого строу. Приведены результаты тестирования изготовленных в ЛФЧ ОИЯИ модулей типа «В».

Работа выполнена в Лаборатории физики частиц ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2005

Gousakov Yu. V. et al.

P13-2005-125

The Automated Testing of the TRT ATLAS Straw Wheels of the «B» Type

Developed and created by the collaboration the automated stand for testing of the TRT wheel modules allows one to carry out full check of the module, defining serviceability of each of its channels and measuring gas gain for every straw. Results of the «B» type wheel modules testing made at LPP, JINR, are presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of Particle Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Создаваемая для экспериментов на LHC установка ATLAS в составе внутреннего детектора содержит детектор переходного излучения — трекер (TRT), предназначенный для реконструкции треков заряженных частиц в условиях высоких загрузок и идентификации электронов и пионов с фактором режекции около 100 [1]. Детектор прямого направления кольцевой формы и баррельный детектор, создаваемые на базе тонкостенных дрейфовых трубок (строу), содержат в своем составе 298304 независимых канала регистрации — строу диаметром 4 мм с анодными проволоками диаметром 30 мкм, продуваемыми газовой смесью XeCO_2O_2 .

С целью обеспечения требуемых условиями эксперимента параметров детектора и высокой долговременной надежности его работы модули детектора как в процессе их сборки, так и по ее завершении подвергались многократному тестированию [2]. Особое внимание уделяется послесборочной проверке. С этой целью для автоматизированного тестирования кольцевых модулей TRT была создана установка (стенд), позволяющая набирать данные для каждой из 6144 строу модуля в шести точках по их длине и сохраняющая их в базе данных.

1. СТЕНДОВАЯ УСТАНОВКА

Модуль кольцевого детектора (рис. 1), состоящий из двух четырехслойных субмодулей, содержит восемь слоев радиально расположенных 768 каптоновых строу с толщиной стенки около 70 мкм. Между слоями строу располагаются радиаторы переходного излучения, состоящие из 34 слоев полипропиленовой пленки толщиной 15 мкм. Рабочая газовая смесь — XeCO_2O_2 (70%27%3%), для тестирования детекторов используется газовая смесь ArCO_2 (70%30%).

Строу модуля облучались набором коллимированных источников Fe-55 с активностью около 5,3 мКи каждый и с энергией γ -квантов 5,9 кэВ, расположенных на радиальных держателях в различной позиции по радиусу модуля для каждого, так называемый «ротор» (рис. 1, *a*). В зону облучения от каждого коллимированного источника попадает по восемь строу каждого слоя. Однако из-за достаточно большой толщины модуля интенсивность облучения строу уменьшается по мере удаления измеряемого слоя от источника. Так, отношение интенсивностей облучения строу первого слоя к строу четвертого

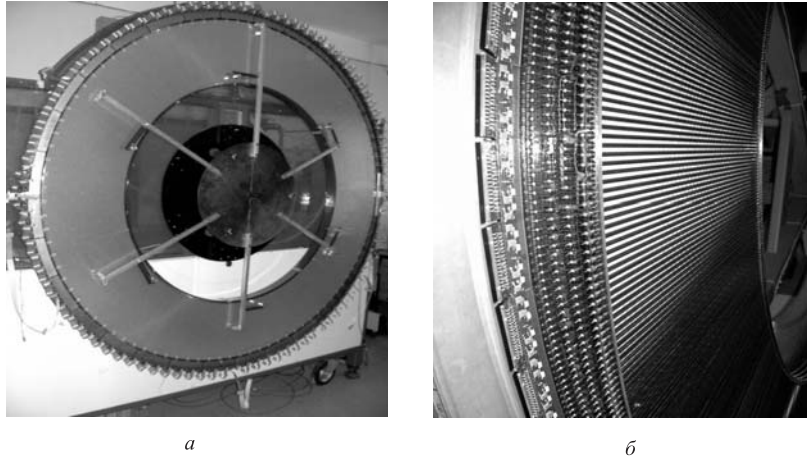


Рис. 1. *а* — общий вид модуля кольцевого строу-детектора, установленного на тест-станции. Виден внешний пленочный радиатор и шесть радиально расположенных держателей с коллимированными γ -источниками. *б* — фрагмент модуля без внешнего радиатора, видно расположение строу в слое детектора

слоя составляет величину ~ 35 . Поэтому тестирование модуля проводится в два этапа. Модуль после тестирования строу в ближайших к источникам четырех его слоях переставляется на тест-станции с поворотом на 180° и проводятся измерения строу других четырех слоев.

Каждый держатель ротора на одинаковом расстоянии по радиусу модуля содержит коллимированный контрольный (референсный) источник Fe-55 в дополнение к основным источникам (рис. 2). Референсные источники служат

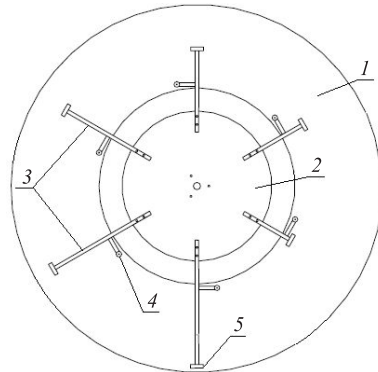


Рис. 2. Ротор с источниками, расположенный на тестируемом модуле: *1* — тестируемый модуль; *2* — ротор; *3* — держатель источников; *4* — референсные источники Fe-55; *5* — основные источники Fe-55

для контроля за возможными систематическими изменениями по измерениям с контрольных строу ближайшего к источникам слоя.

Измерения заключаются в одновременном наборе 12 основных спектров с 6 строу первого и 6 строу четвертого слоев (или 6 строу второго и 6 строу третьего слоев) и 6 референсных спектров со строу первого слоя. После набора данных с восьми строу каждого слоя ротор перемещается в следующую угловую позицию и выполняется следующий цикл измерений [3]. В результате измерений в базе данных накапливаются спектры сигналов для шести позиций по длине каждого строу в каждом слое и референсные спектры сигналов от строу первого слоя. Управление ротором осуществляется программой сбора данных (Data Acquisition Program) [4]. Для обеспечения хорошей статистической точности измерительное время определяется временем набора спектров со строу дальнего от источников слоя. Общее измерительное время каждого этапа около 40 ч.

Интервалы между измерением одной и той же строу в разных точках по ее длине составляют $\sim 7-8$ ч, в течение которых возможны изменения температуры в помещении и атмосферного давления. Для климатического контроля (Slow-control) используются восемь температурных датчиков, расположенных по наружному и внутреннему диаметру кольцевого модуля в непосредственной близости к нему, датчик атмосферного давления и датчик влажности. Система управляется отдельным компьютером, который по TCP/IP постоянно передает данные с датчиков на компьютер сбора данных. Система Slow-control включает в себя также управление электронными ротаметрами для поддержания постоянных парциальных давлений составляющих газовой смеси.

На рис. 3 приведена блок-схема тест-станций, используемых в ОИЯИ, ПИЯФ и в ЦЕРН. Сигналы со считывающей тестовой электроники переда-

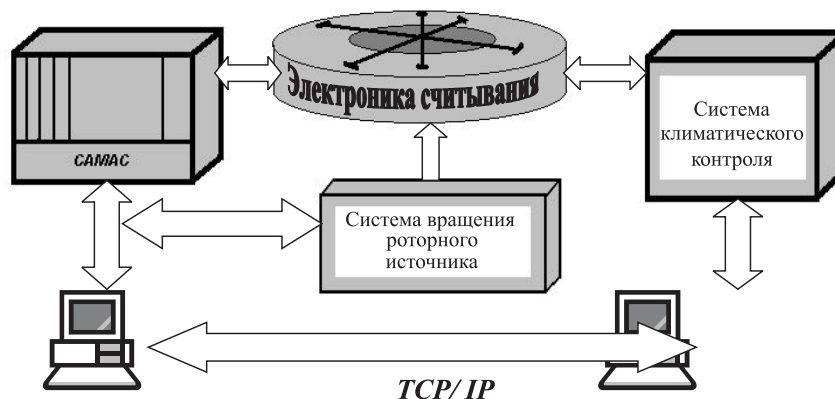


Рис. 3. Блок-схема стенда тестирования кольцевых модулей TRT

ются на интерфейсные модули и АЦП в крейте КАМАК. Управление обеспечивается персональным компьютером через Microcomputer Crate Controller, программное обеспечение написано на языке программирования LabView [4].

Перед началом тестирования каждого модуля проводится калибровка всех каналов считывающей электроники. Эти данные используются при наборе спектров во время тестирования и при последующей обработке.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ

На рис. 4 и 5 приведены типичные спектры в разных точках по длине исследуемой строу (левые) и контрольной строу (правые). Из рис.4 видно, что

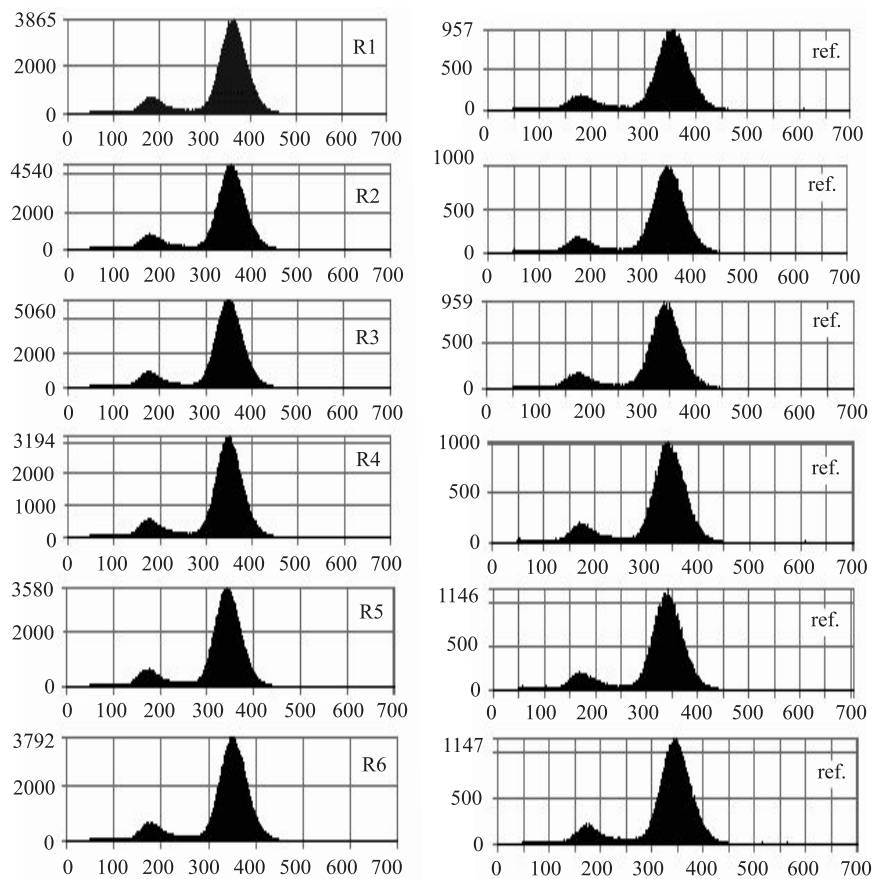


Рис. 4. Спектры прямой строу

как исследуемая, так и контрольная струи имеют постоянное энергетическое разрешение по всей их длине. Из рис.5 видно ухудшение энергетического разрешения в центре исследуемой струи. Такие эффекты, вызываемые изменением локальной величины газового усиления, наблюдаются при смещении анодной проволоки от центра струи или при ее искривлении.

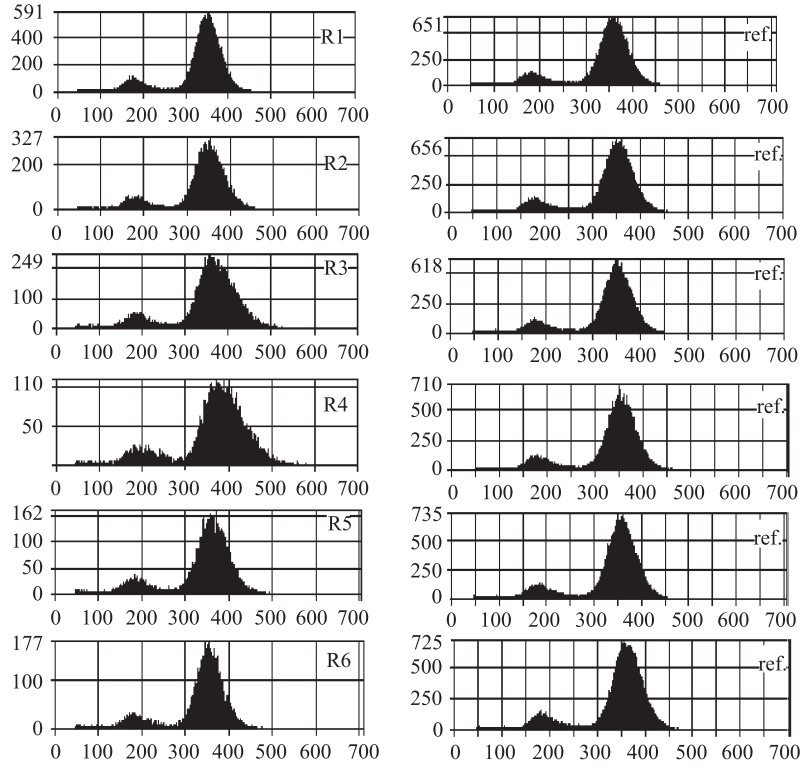


Рис. 5. Спектры изогнутой струи

Измеряемый для каждой струи параметр однородности величины газового усиления D вдоль струи определяется как

$$D = 2(A_{\max} - A_{\min}) / (A_{\text{in}} + A_{\text{out}}),$$

где A_{\max} , A_{\min} — максимальное и минимальное значения измеренных амплитуд сигналов; A_{in} и A_{out} — амплитуды сигнала, измеренные в начале и в конце струи по направлению потока рабочей газовой смеси.

С увеличением параметра D положение пика смещается к более высоким значениям и пик становится широким и асимметричным (рис. 5). Типичное

значение величины D для строу с хорошей прямолинейностью находится в диапазоне 2–5 %.

При определении величины D вводится корректировка по данным контрольных строу, полученных при тех же значениях температуры или давления, что и исследуемые строу. Это позволяет повысить точность определения величины D до 1 % [5].

На рис. 6 представлены послойные распределения величин D по результатам тестирования 14 модулей TRT. Итоговые результаты приведены в таблице.

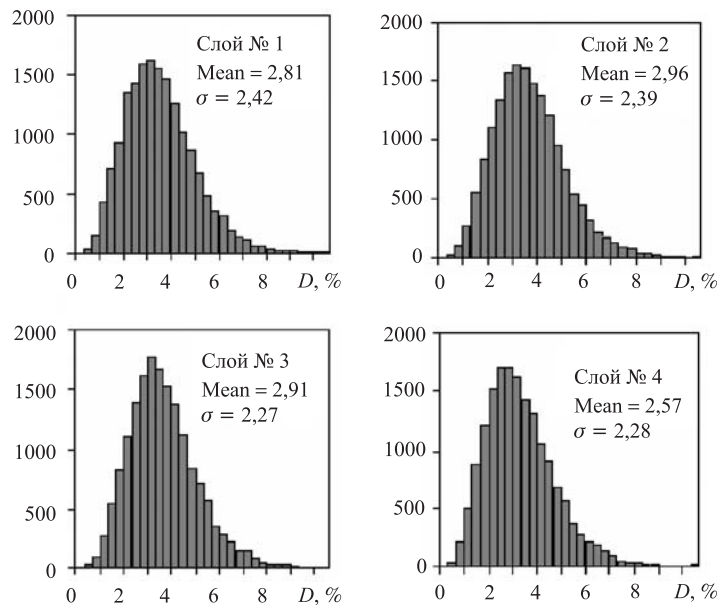


Рис. 6. Распределение величин D для 86016 строу по слоям в submodule

Итоговые результаты тестирования модулей

Кол-во строу	Кол-во отключенных каналов, %	$D, \%$			
		< 5	5–8	8–9	> 9
86016	0,15	93,8	5,9	0,12	0,05

Приведенные на рис. 6. распределения всех измеренных строу по слоям показывают некоторое уменьшение ширины распределений от первого слоя к четвертому, что связано с установкой анодных проволок в строу. Проволоки устанавливаются по слоям начиная с первого при среднем их натяжении

68 г. Их установка в каждый последующий слой приводит к небольшой деформации субмодуля и, соответственно, к небольшому изменению натяжения проволочек в предыдущем слое, что сказывается на послойном распределении величины D .

В результате тестирований отключаются от высоковольтного напряжения строу с неоднородностью газового усиления D более 9 %, строу с обрывом анодных проволок и с величиной натяжения анодных проволок $50 > T > 90$ г, а также строу с отсутствием сигналов по другим различным причинам. Наиболее часто это определяется плохой передачей сигналов с анода строу к считывающей электронике по многослойным каптоновым платам из-за металлизации проводящих соединений между различными их слоями. Реже встречаются отказы размещенных на платах элементов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение финального тестирования показало высокое качество изготовленных в ЛФЧ ОИЯИ кольцевых модулей TRT ATLAS. На данный момент количество неработоспособных каналов составляет 0,2 % от общего числа измеренных каналов (требование по спецификации — 1 %). Более 99,6 % строу имеют неоднородность величины газового усиления менее 9 %, что соответствует возможному изгибу строу менее 300 мкм.

Авторы благодарят всех членов коллаборации, участвовавших в разработке и создании аппаратуры и методики тестовых станций для TRT ATLAS. Выполнение работ поддерживалось ИНТАС (грант 03-54-5119).

ЛИТЕРАТУРА

1. Inner Detector Technical Design Report. ATLAS TDR 5, CERN/LHCC/97-17. 1997.
2. ATLAS Quality Assurance Document. TRT wheel acceptance tests and specifications. ATL-IT-QP-0105 CERN. 2004. V. 3.
3. *David E. et al.* Test of the TRT end-cap wheel. ATLAS Internal Note ATL-INDET-97-169. 1997.
4. *Fedin O. et al.* A measurement station for the ATLAS end-cap TRT calibration. ATLAS Communication ATL-COM-INDET-99-026. 1999.
5. *Lucotte A. et al.* First straw straightness measurements on a 4-plane end-cap ATLAS TRT wheel. ATLAS Internal Note ATL-INDET-2002-007. 2002.

Получено 24 августа 2005 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 07.10.2005.

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

Усл. печ. л. 0,43. Уч.-изд. л. 0,53. Тираж 310 экз. Заказ № 55058.

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

E-mail: publish@pds.jinr.ru

www.jinr.ru/publish/