

УДК 539.1075:621.374.33

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА УСТАНОВКИ ТОНКОСТЕННЫХ ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК В ДЕТЕКТОР TRT ATLAS

*А. О. Голунов, Н. С. Григалашвили, Ю. В. Гусаков, Г. Д. Кекелидзе,
В. В. Ливинский, С. В. Муравьев, В. Д. Пешехонов, А. А. Савенков*

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Представлена автоматизированная система контроля качества установки тонкостенных дрейфовых трубок в детектор TRT ATLAS. Система обеспечивает проверку трубок на прямолинейность и отсутствие электрического контакта на этапе установки трубок в детектор. Проверка качества установки одной трубки занимает 9 с, а проверка одного слоя трубок в детекторе около двух часов. Применение системы обеспечивает возможность своевременного устранения дефектов, которые в дальнейшем могут повлиять на работу детектора.

An automatic quality control system of the installed straws into TRT ATLAS is described. The system provides straw testing for straightness and electrical isolation of the straws during their installation. Testing of the quality of installation of each straw takes 9 s, and the test of one layer of the straws — of about 2 hours. The application of this system provides an opportunity of correcting defects in due time, what can influence the detector operation in future.

ВВЕДЕНИЕ

Внутренний детектор установки ATLAS LHC, создаваемый в настоящее время, содержит трековые силиконовые детекторы и трековые детекторы на основе тонкостенных дрейфовых трубок (строу), являющиеся одновременно детекторами переходного излучения — TRT [1]. Изготовление части этих строу-детекторов (тип В) производится в ЛФЧ ОИЯИ.

Процесс изготовления состоит из следующих основных этапов:

- 1) усиление строу, т. е. наклеивание на их наружную поверхность карбоновых нитей для обеспечения хорошей цилиндричности и прямолинейности строу;
- 2) подготовка строу к установке их в собираемый детектор, включающая в себя набор различных процедур;
- 3) установка четырех слоев строу и располагаемых между ними пленочных радиаторов переходного излучения в наружное и внутреннее углепластиковые кольца, выполняющие функции «рамы» детектора (сборка так называемой «детекторной структуры»);
- 4) сборка четырехслойных детекторов, в ходе которой устанавливаются анодные проволочки в строу, платы считывания, формируются входной и выходной газовые коллекторы и т. д.;
- 5) проверка параметров детектора для каждого канала считывания.

В процессе третьего этапа изготовления необходимо обеспечивать прямолинейность лучше 200 мкм для каждой из 4×768 клеиваемых в детекторную структуру строу. К особенностям 4-го этапа можно отнести:

- отсутствие доступа к внутренним слоям строу;
- считывание информации с находящихся под потенциалом земли анодных проволок и подачу высокого напряжения на внутреннюю и внешнюю проводящие поверхности строу — катоды. При этом наличие резистивного соединения поверхности строу с углепластиковым кольцом или с поверхностью соседней строу в случае ее отключения от катодного напряжения могут привести к постоянному току утечки.

С целью обеспечения требуемых параметров детекторов разработана автоматизированная система для выполнения на третьем этапе их изготовления одновременных послойных:

- контроля прямолинейности строу,
- поиска указанных выше возможных резистивных соединений.

1. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ

1.1. Блок-схема. Для окончательной проверки каждой клеенной строу на ее прямолинейность и отсутствие резистивных соединений с углепластиковыми кольцами или соседними строу разработаны два отдельных устройства с общей системой управления. Аппаратура установлена на перемещающейся по сборочному столу вокруг собираемой структуры каретке (рис. 1). Блок управления осуществляет перемещение каретки вокруг структуры, остановку ее у проверяемой на прямолинейность строу, запись характеризующей прямолинейность информации в персональный компьютер (ПК). Кроме того, осуществляется проверка на наличие резистивных контактов другой исследуемой строу и при их отсутствии — перемещение каретки к следующей в структуре строу.

После установки каретки с оборудованием в заданное относительно проверяемой на прямолинейность строу положение оператор задает «Старт» блока управления. Принцип работы блока управления представлен на рис. 2. Сигналы с тактового генератора поступают на устройство управления шаговым двигателем (У1), и по сигналу с выхода «1» этого устройства включается шаговый двигатель, опуская измерительные контакты на три соседние строу. Сигнал с выхода «2» передается на формирователи импульсов (Ф1, Ф2) и таймер (Т), который через требуемый для выполнения измерений интервал времени дает на У1 разрешение на подъем контактов. Сигнал с Ф1 осуществляет запись информации с WEB-камеры в ПК. Сигнал с Ф2 поступает в блок измерения тока, служащий для проверки наличия резистивного соединения катода строу с находящимися под потенциалом земли элементами. В зависимости от результатов этих измерений ВЦП задает сигнал остановки У1 для устранения резистивного соединения или разрешает сигнал на выходе «3» У1 для передвижения каретки к следующей строу. Следующий стартовый сигнал для У1 формируется на выходе «2» таймера после полной остановки каретки. Отметим, что остановка каретки обеспечивается фото-светодиодной парой на противоположных концах расположенной впереди по движению каретки строу.

1.2. Контроль прямолинейности установленных в структуру строу. Ранее рассматривались два конкурирующих метода контроля за прямолинейностью и однородностью диаметра строу [2, 3]. Первый основывался на анализе изображения светового пятна от

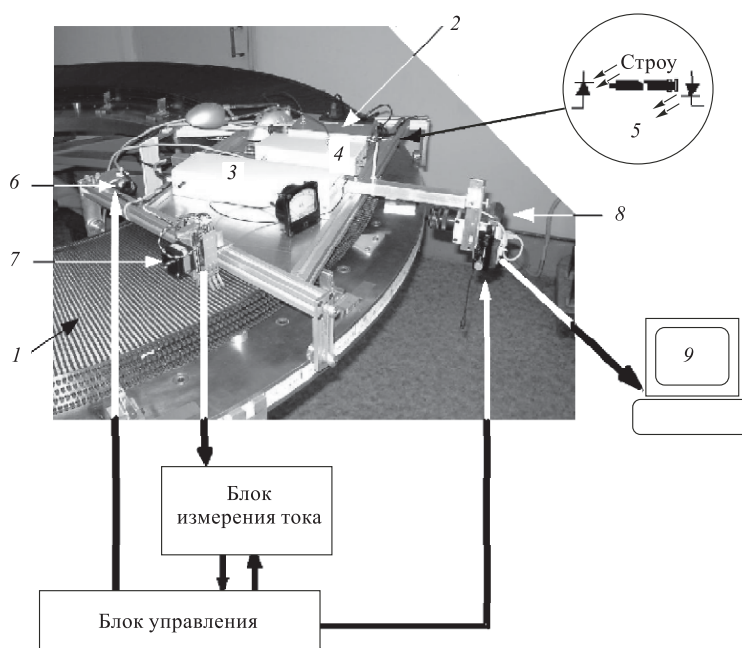


Рис. 1. Функциональная схема автоматизированной системы контроля: 1 — собранная структура, состоящая из наружного и внутреннего углепластиковых колец с вклеенными четырьмя слоями строу и установленными между ними радиаторами; 2 — перемещающаяся вокруг структуры каретка с оборудованием; 3 — блок управления; 4 — блок измерения тока; 5 — оптическая система остановки каретки; 6 — двигатель перемещения каретки; 7 — шаговый двигатель вертикального перемещения системы пружинных контактов; 8 — WEB-камера с дополнительной оптической системой; 9 — ПК

прохождения параллельного светового пучка через неподвижную строу. Вторым — на сканировании тонким световым лучом внешней поверхности строу, вращающейся вокруг своей оси. Этот метод был принят для контроля прямолинейности строу в ходе их подготовки к установке в детектор. Однако в дальнейшем встал вопрос о дополнительном контроле за уже вклеенными строу с целью их своевременной замены при необходимости, что вызвало возврат к первому методу.

Устанавливаемые в структуру строу содержат вклеенные концевые пластиковые элементы с внутренним диаметром около 4,2 мм для расположенных у одних концов строу элементов, и равным 1,8 мм — для расположенных у других концов. Отраженный от однородного экрана свет попадает через отверстие диаметром 1,8 мм в исследуемое строу, внутренний диаметр которого равен 4,0 мм. С противоположного конца строу установлена WEB-камера с дополнительной оптической системой, обеспечивающей глубину резкости не менее ± 5 см относительно центра строу. WEB-камера фиксирует и передает в ПК световое изображение в виде набора концентричных колец, степень искажения которых характеризует меру кривизны строу. Полученные от всех строу изображения просматриваются в дальнейшем оператором. Каждое из них сравнивается с

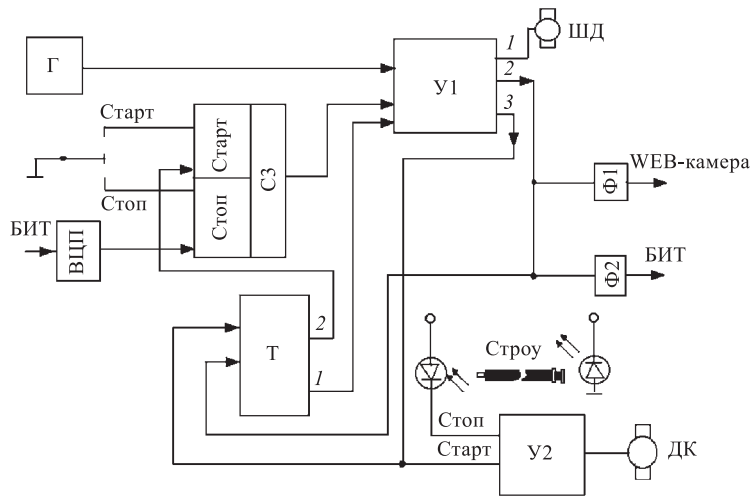


Рис. 2. Структурная схема блока управления: Г — тактовый генератор; У1 — устройство управления шагового двигателя; Т — таймер; У2 — устройство управления двигателем каретки; Ф1, Ф2 — формирователи импульсов; ВЦП — время-цифровой преобразователь; БИТ — блок измерения тока с высоковольтным источником; ШД — шаговый двигатель; ДК — двигатель каретки; С3 — схема запуска

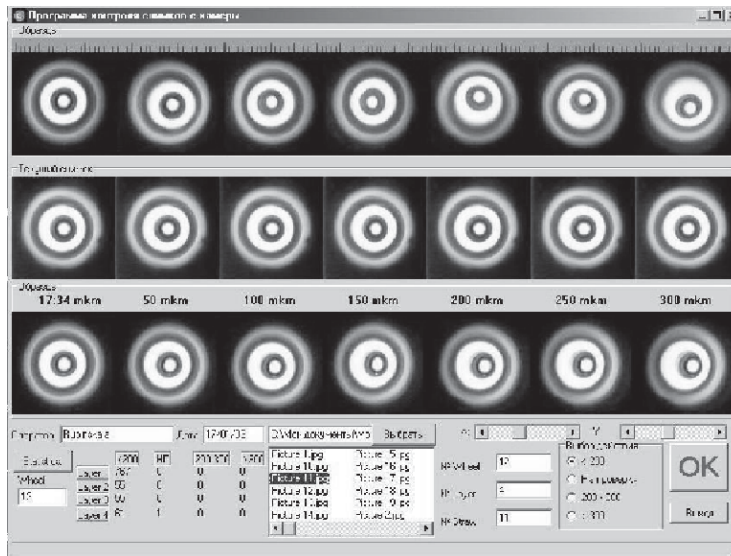


Рис. 3. Выводимая на экран монитора информация, позволяющая оператору классифицировать проверенные строу по их прямолинейности и создавать архивные папки

референсными изображениями от строу, имеющих различную кривизну с шагом в 5 мкм в диапазоне от 0 до 300 мкм (рис. 3). Используются два набора референсных изображений: верхний ряд изображений получен от строу с измеренной величиной их кривизны после прохождения ими второго этапа сборки, нижний ряд — от принудительно изогнутой идеальной строу в ее центре на заданную величину. Расположенный между ними ряд содержит копированное изображение проверяемой строу.

Оператор определяет для каждой строу ее категорию, как А, В, С или Д, где А соответствует строу с кривизной менее 200 мкм, В — менее или более 200 мкм, С — более 200, но менее 300 мкм, Д — более 300 мкм, соответственно. Повторным просмотром строу категории В их перераспределяют в категорию А или С. Строу категории Д подлежат безусловной замене. Таким образом, созданное программное обеспечение позволяет оператору последовательно выводить на экран монитора записанные световые изображения от всех строу слоя, классифицировать их по установленным категориям и представлять статистическую информацию. Для каждой проверенной структуры создается папка с файлами изображений.

1.3. Проверка строу на электрическую изолированность. Приклеиваемые для механического усиления строу на первом этапе их изготовления продольные карбоновые нити состоят из множества волокон диаметром 8 мкм. В случае повреждения отдельных волокон возможно соединение их как с углепластиковым кольцом, так и с поверхностью соседней строу. Для устранения подобных ситуаций создано измерительное устройство (БИТ), позволяющее измерять токи в наноамперном диапазоне.

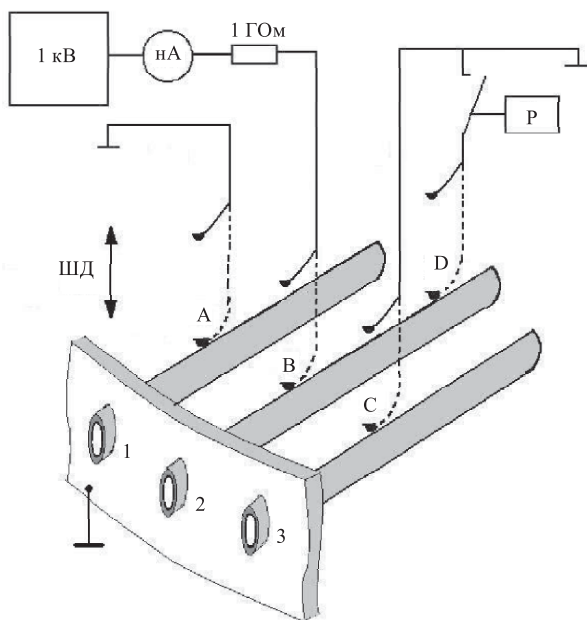


Рис. 4. Схема подключения измерительных контактов к строу для измерения тока между ним: 1, 2, 3 — строу; А, В, С, D — пружинные контакты; Р — реле

Одновременно с записью в ПК изображения от проверяемой на прямолинейность строу проводится проверка расположенной на некотором расстоянии сзади строу на изолированность ее от соседних элементов. С помощью шагового двигателя обеспечивается подключение пружинных контактов к трем соседним строу, вклеенным в собираемую структуру слоя (рис. 4). При этом через ограничивающий резистор (1 ГОм) на поверхность центральной строу подается напряжение величиной 1 кВ. Поверхности соседних двух строу находятся при этом под потенциалом земли. Кратковременное срабатывание реле (Р) вызывает регистрацию тока величиной около 1 мкА, что указывает на наличие хорошего соединения пружинного контакта В с поверхностью центральной строу. При отсутствии тока с величиной более заданного порога происходит отключение контактов А, В, С, D от строу и каретка перемещается к следующей строу. При наличии тока выше порогового значения (200 нА) вырабатывается сигнал «Стоп». Разрешение на дальнейшее перемещение задается оператором после устранения им резистивного соединения. Причиной плохого соединения контактов с резистивной поверхностью строу может являться наличие на поверхности изоляционного слоя, образованного при выполнении первого этапа. Проверкой качества соединений со строу пружинных контактов А и С служат измерения, выполняемые с предыдущей и последующей строу, соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная аппаратура позволяет в едином цикле измерений получать информацию о прямолинейности тонкостенных дрейфовых трубок длиной около 50 см и проверять их электрическую изолированность друг от друга. Необходимость этих измерений подтверждается наличием небольшого количества проблемных строу в каждом слое. Контактные пружины воздействуют на строу с силой 3,5 г, что обеспечивает сохранность поверхности строу при многократных измерениях. Общее измерительное время составляет 9 с на строу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ATLAS Collaboration*. ATLAS Inner Detector Technical Design Report. V.2. CERN/LHCC/97-17. 1997.
2. *Астабатьян Р. А.* Препринт ОИЯИ Р13-98-270. Дубна, 1998.
3. *Bernsten B., Price M. J.* // Nucl. Instr. Meth. A. 1995. V. 364. P. 103.

Получено 31 марта 2003 г.