

P13-2007-129

И. В. Богуславский, Г. Д. Кекелидзе, В. М. Лысан,
В. Д. Пешехонов, А. А. Савенков

ИЗМЕРЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ СОСТАВНОГО АНОДА
СЕГМЕНТНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ДРЕЙФОВЫХ
ТРУБОК (СТРОУ)

Богуславский И. В. и др.

P13-2007-129

Измерение натяжения составного анода сегментных тонкостенных дрейфовых трубок (строу)

Показана возможность измерения акустическим методом натяжения анодов сегментных строу. Определены поправочные коэффициенты, обеспечивающие вычисление натяжения по формуле, связывающей частоту колебания анода с его натяжением.

Работа выполнена в Лаборатории физики частиц ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2007

Boguslavsky I. V. et al.

P13-2007-129

Measurement of the Anode Tension for the Segmented Straws

The opportunity of measurement by an acoustic method of a tension of the anodes of segment straws is shown. The correction factors providing calculation of a tension by the formula connecting frequency of fluctuation of the anode with his tension are determined.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2007

ВВЕДЕНИЕ

Тонкостенные дрейфовые трубки (строу) широко используются в современных экспериментах, в основном как детектирующие элементы трековых детекторов с большим аксептансом [1–3]. Однако применение этих детекторов в условиях больших загрузок ограничивается низкой величиной их гранулированности, равной произведению длины строу на диаметр. Для устранения этого недостатка строу-детекторов была предложена концепция сегментных строу, анод которых состоит из набора независимых детектирующих сегментов [4, 5]. Это позволяет сохранить низкую величину «осцирапсу» детекторов в условиях высоких загрузок, обеспечивая тем самым хорошую трековую эффективность. Одной из основных качественных характеристик многоканальных детекторов является однородность их параметров. Наряду с многими различными конструкционными и эксплуатационными требованиями к проволочным газонаполненным детекторам важным требованием является обеспечение натяжения анодных проволок в нужном диапазоне. При создании многопроволочных детекторов одной из обязательных контрольных процедур является проверка натяжения каждой анодной проволоки. Все методы таких измерений базируются на связи между частотой резонансного колебания и силой натяжения проволоки, а различия заключаются в способах возбуждения резонанса и методах измерения его частоты [6, 7]. Одно из отличий сегментных строу от традиционных проволочных детекторов заключается в возможности использования сегментных анодов с различной их длиной вдоль строу, при этом плотность анодов по длине сегментов может быть различной. С целью изучения возможности контроля натяжения анода каждого сегмента для детекторов на основе сегментных строу выполнена данная работа.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ

Выбор метода измерений определяется возможностью возбуждения механических колебаний проволоки каждого анодного сегмента при наличии доступа к ним только с одного конца, а также минимизацией механических или электрических возбуждающих импульсов. Использовался акустический

метод возбуждения механических колебаний анодных сегментов, применявшийся ранее для измерения натяжения анодов в строу детектора переходного излучения — трекера (TRT) установки LHC ATLAS [8, 9]. Значение резонансной частоты ν (1/с) колебаний анодной проволоки длиной L (м), диаметром d (м) и плотностью ρ (кг/м³) при натяжении T (кг) определяется из выражения

$$gT = \pi\rho L^2\nu^2 d^2, \quad (1)$$

где g — ускорение свободного падения (м/с²).

На рис. 1 показана схема стенда для измерения натяжения анодов. На персональном компьютере ПК установлена программа генератора синусоидальных колебаний с плавным изменением частоты в требуемом диапазоне. Сигнал, приходящий со звуковой карты, усиливается усилителем мощности УЗЧ, к выходу которого подключен широкополосный громкоговоритель Д, возбуждающий механические колебания, поступающие на расположенную под ним анодную проволоку исследуемой строу (рис. 1, а) или анодную проволоку устройства, имитирующего строу (рис. 1, б). На анод подается постоянное на-

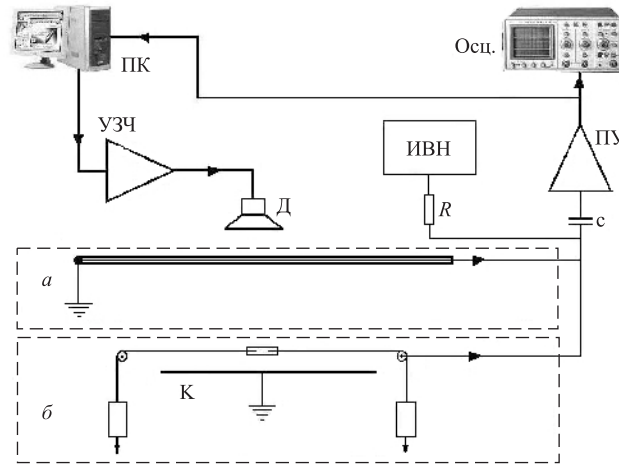


Рис. 1. Схема стенда: а) для измерения натяжения проволоки в строу, б) для измерения натяжения в устройстве, имитирующем строу. ПК — персональный компьютер, УЗЧ — усилитель звуковой частоты, Д — громкоговоритель, Осц. — осциллограф, ИВН — источник высокого напряжения, ПУ — предварительный усилитель, К — катод

пряжение 500 В. При смещении анодной проволоки в результате изменения анод-катодной емкости возникают сигналы с максимальной амплитудой в случае возникновения резонанса при совпадении частоты звуковых волн с собственной частотой механических колебаний анода (ν). Сигнал снимается с анода через разделительный конденсатор, усиливается предварительным усилителем (ПУ) и выводится на осциллограф (Осц.) или на вход звуковой карты компьютера для определения значения резонансной частоты. Для устранения искровых разрядов в случае обрыва анодной проволоки высокое напряжение подключено через ограничивающий резистор 1 ГОм.

Схема секционного анода представлена на рис. 2. Рис. 3 показывает электрическую схему сегментной строу диаметром 4 мм и длиной 1,6 м с десятью сегментами различной длины от 50 до 300 мм. Отдельные куски золоченой вольфрамовой проволоки диаметром 30 мкм с плотностью 19,3 г/см³ заправляются гальванически отдельно в стеклянные капиллярные трубки с внутренним и наружным диаметрами 0,10 мм и 0,25 мм соответственно. Длина трубок — 6 мм и вес — 0,564 мг. Часть капиллярных трубок — только разделительные, часть монтируется внутрь поликарбонатного спейсера, образуя так называемый «спейсерный узел». Контактные проволоки спейсерных узлов, выходящие наружу строу, служат для подачи напряжения на сегментные аноды и считывания с них сигналов. В процессе установки сегментных анодов внутрь строу возможно, в редких случаях, уменьшение натяжения отдельных двухсегментных проволок из-за трения между внешней поверхностью спей-

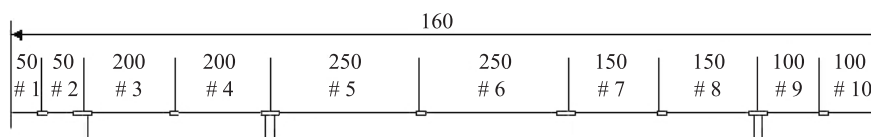


Рис. 2. Секционный анод с 10 сегментами различной длины

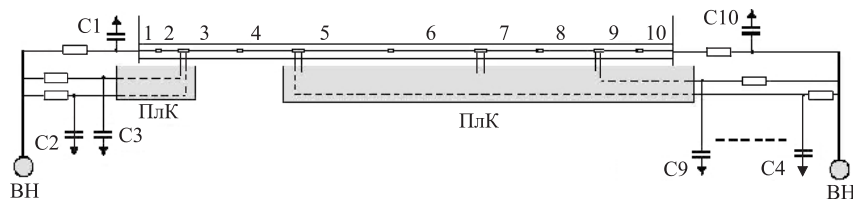


Рис. 3. Электрическая схема сегментной строу. ВН — высокое напряжение, ПлК — плоский кабель

сера и катодом строу, что указывает на необходимость проверки натяжения каждого участка сегментного анода между двумя соседними спейсерными узлами. При измерении натяжения спейсерные узлы с закрепленными в них концами сегментных анодных проволок можно считать неподвижными и не влияющими на результаты.

Для проверки соотношения между натяжением и резонансной частотой был изготовлен набор строу различной длины и диаметром 4 мм с простыми и двухсегментными анодами. Был также собран имитирующий строу стенд, содержащий анодную проволоку, длину и натяжение которой можно было изменять, и внешний катод. Проверка показала хорошее совпадение результатов для «имитируемых» и реальных строу. Так, величины натяжения для резонансных частот различались менее чем на 1 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерялись резонансные частоты двухсегментных анодов с длиной от 10 до 50 см при натяжении их в диапазоне 40–60 г, и проводилось сравнение их с резонансными частотами однопроволочных анодов такой же длины, вычисленными по формуле (1). Соединительные капиллярные трубки устанавливались во всех случаях в центре двухсегментных анодов. Заметим, что вес анодной проволоки длиной 10 см составляет 1,364 мг, тогда как вес расположенной в ее центре соединительной трубки 0,564 мг. Таким образом, возможно различие в величинах резонансных частот для этих анодов.

На рис. 4 приведены зависимости величины резонансной частоты для ординарного и двухсегментного анодов в зависимости от их длины для натяже-

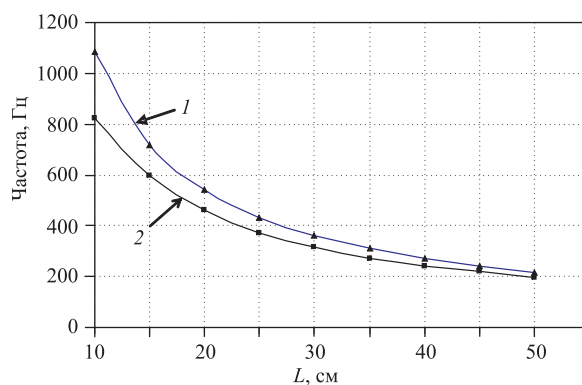


Рис. 4. Зависимость резонансной частоты от длины анодной проволоки при натяжении 65 г. Кривая 1 — значение, рассчитанное по формуле (1); кривая 2 — измеренные величины для проволоки с соединительной капиллярной трубкой в центре

ния 65 г. Видно, что при длине 10 см разница резонансных частот составляет 260 Гц, что соответствует разнице в расчетах натяжения по формуле (1) около 29 г. При длине 50 см разница составляет 22 Гц, т.е. $\sim 11,4$ г. В первом случае сила в 1 г соответствовало 9 Гц, во втором — около 1,8 Гц.

С учетом того, что значение резонансной частоты для двухсегментных анодов (ν_c) связано с резонансной частотой обычных анодов выражением

$$\nu_c = \alpha_i \nu, \quad (2)$$

где коэффициент пропорциональности α_i зависит от длины анода и, возможно, от натяжения, были определены значения коэффициентов α_i . Измерения были выполнены на имитирующем строу стенде. На рис. 5 приведена зависимость среднего значения коэффициента α_i от длины анодов для натяжений в диапазоне 40–65 г. Использование этих коэффициентов обеспечивает определение натяжений с точностью в несколько граммов, что намного меньше допустимого диапазона натяжения анодов.

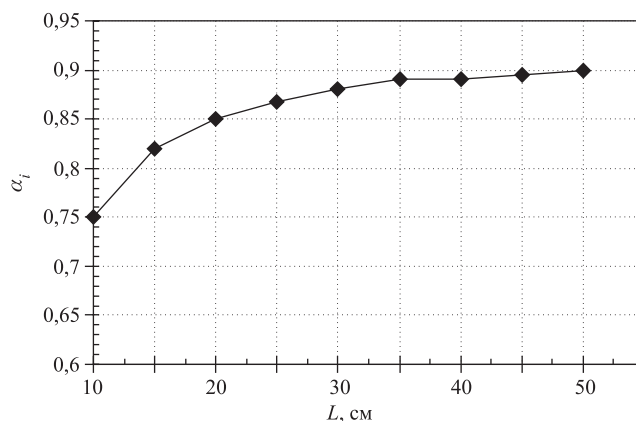


Рис. 5. Зависимость коэффициента пропорциональности α_i от длины анода L

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показали возможность применения акустического метода для контроля величины натяжения анодов детекторов на основе сегментных строу, что является необходимым требованием при их создании. Определены коэффициенты, использование которых обеспечивает необходимые точности. Показана возможность использования стенда, имитирующего строу, для проведения подобных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Inner Detector Technical Design Report ATLAS TDR 5, CERN/LHCC/97-17, 1997.
2. *Богуславский И. В. и др.* // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, №3 (132), С. 103–110.
3. *Bytchkov V. N. et al.* // Part. Nucl. Lett. 2002. 2 [111]. P. 64.
4. *Viriasov K. S. et al.* JINR, E13-2005-127. Dubna, 2005.
5. *Davkov V. et al.* e-Print Archive: physics/0701133, 2007
6. *Brinkly et al.* // Nucl. Instr. Meth., 1996. V. A377, No. 1. P. 23.
7. *Shenhav N. J.* // Nucl. Instr. Meth. 1993. V. A324, No. 3. P. 551.
8. *McFarlane K.* Wire Tension Measurement, ATLAS TRT Meeting, 3/3/97.
9. *Семенов Б. Ю., Мишин С. В.* ОИЯИ, P13-98-264. Дубна, 1998.

Получено 5 сентября 2007 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 30.11.2007.

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

Усл. печ. л. 0,56. Уч.-изд. л. 0,67. Тираж 305 экз. Заказ № 55986.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/