

P13-2025-11

И. В. Богуславский, Г. Д. Кекелидзе,
В. А. Крамаренко, В. М. Лысан

УНИВЕРСАЛЬНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ
ДЛЯ ПРОВЕРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ
СТРОУ-ТРУБОК

Богуславский И. В. и др.

P13-2025-11

Универсальное приспособление
для проверки герметичности строу-трубок

Рассматриваются конструкция и результаты использования универсального приспособления для контроля герметичности строу-трубок любой длины и разного диаметра.

Результаты работы показывают, что за приемлемое время этим приспособлением можно проверить большое количество строу-трубок.

Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2025

Boguslavskiy I. V. et al.

P13-2025-11

Universal Straw Tube Leak Tester

The design and results of using a universal device for testing the tightness of straw tubes of any length and different diameters are considered.

The results of the work show that a large number of straw tubes can be tested with this device in a reasonable amount of time.

The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2025

Дрейфовые камеры на основе тонкостенных (~ 70 мкм) трубок из каптона (строу-трубок) широко применяются в качестве трековых детекторов в экспериментах по физике высоких энергий [1].

Перед установкой в детектор все строу тестируются по разным параметрам. Один из основных тестов — проверка на герметичность. Например, при изготовлении в ЛФВЭ ОИЯИ кольцевых детекторов переходного излучения — трекеров для установки ATLAS LHC — было проверено на герметичность более 120 тыс. реинфорсированных строу диаметром 4 мм строго определенного размера с клееными концевыми элементами, из которых изготавливались трекары. Для измерения величины газовой течи 8 строу помещались внутрь герметичного бокса и заполнялись аргоном при избыточном давлении относительно давления в боксе [2]. Величина течи определялась по изменению давления в боксе. Результаты выводились на дисплей РС. При этом если в одной из строу имелась течь, то заменялись 4 строу, и измерение повторялось. Так, методом исключения находилась бракованная строу. Изготовление и применение такого технологически сложного устройства оправданно при большой серийности изготовления однотипных детекторов.

При проведении тестовых работ и изготовлении небольшого количества трековых детекторов используются строу разного диаметра и длины. Необходимо было разработать простое и универсальное приспособление для тестирования на течь исходных строу-трубок с разными параметрами перед изготовлением из них трековых детекторов.

Для проверки строу на герметичность применялась такая схема: в один конец строу вставлялась на половину длины плотно входящая короткая (30 мм длиной) металлическая трубка. К другому концу этой металлической трубки присоединялся шланг для подачи сжатого газа с манометром для контроля давления в строу. С другого конца в строу вставлялся сплошной металлический стержень такого же диаметра для заглушки. Для герметизации обоих концов строу с металлическими вставками применялись «фиксаторы строу» одинаковой конструкции, не связанные друг с другом (рис. 1), что позволяло проводить проверку герметичности строу-трубок любой длины.

На рис. 1 к строу присоединен шланг для подачи сжатого газа. На «фиксаторе строу» установлены два прижима — неподвижный нижний и подвижный верхний, имеющие в середине цилиндрическую выемку, соответствующую диаметру тестируемой строу. Эти выемки покрыты уплотняющим резиновым или силиконовым материалом. Для строу разного диаметра используется своя пара прижимов, которые можно быстро заменить. Этим достигается универсальность приспособления — его можно применять для

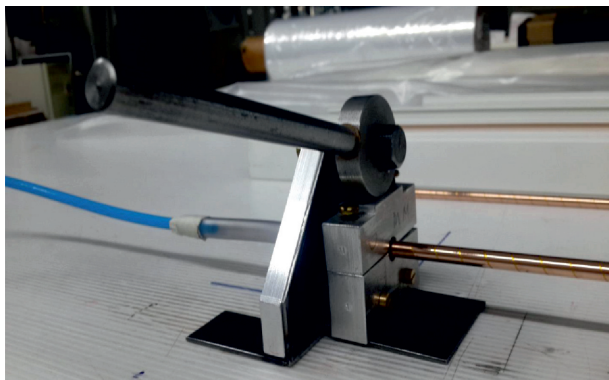


Рис. 1

тестирования строу разного диаметра и любой длины. В частности, были успешно протестированы строу длиной до 3,5 м.

На рис.2 приведен общий вид сборки для проверки на герметичность строу диаметром 6 мм и длиной 2,5 м, изготовленных в ЛФВЭ ОИЯИ. Сначала подается сжатый газ под большим (для тонкостенных строу) избыточным давлением 2 атм на 10 с. Сборка (шланг с манометром и строу с зажимами) отключается вентилем от поступления сжатого газа, и по манометру контролируется давление в строу. Если в строу есть какой-то дефект герметичности, то избыточное давление быстро, максимум в течение 10 с, заметно падает, в основном практически до нуля. Такие строу бракуются. После окончания тестирования сбрасывается избыточное давление в сборке, и она разбирается. Небольшим недостатком такого метода проверки строу является сминание строу-трубки на концах крепления. Эта область сминания (около 15 мм с каждой стороны строу) потом обрезается, и исходная строу становится на 3 см короче.

Для выдержки строу под избыточным давлением 2 атм было выбрано время 30 с. Этого времени достаточно, чтобы проявила себя даже очень маленькая течь. Среднее суммарное время проверки одной строу-трубки



Рис. 2

5 мин, что позволяет за небольшое время провести проверку значительного количества строу.

Всего было проверено 900 строу диаметром 6 мм, обнаружено лишь 8 шт. с дефектом герметичности. Это говорит о высоком качестве изготовления строу. Ранее была проверена герметичность 400 шт. строу диаметром 2 мм и длиной 75 см. Отбраковано 3 шт.

Из этих строу (диаметром 2 и 6 мм) изготовлены трековые детекторы для эксперимента NA64 в ЦЕРН [3].

Если предполагается, что строу-детектор в эксперименте заведомо будет работать при повышенном давлении, то для изготовления таких детекторов требования к герметичности строу существенно повышаются. Для реального детектора с внутренним объемом строу 0,3 л при избыточном давлении 1 атм допустимы суммарные утечки $1 \text{ см}^3/\text{мин}$, что составляет 20% объема такого детектора в час. Практически если это дефект строу, то утечки с такой строу, как правило, существенно выше. Однако из экспериментального определения таких допустимых газовых утечек для одной строу минимальной считается газовая утечка $1 \text{ см}^3/\text{мин}$ при давлении в 2 избыточные атмосферы. Это заметно увеличивает время тестирования таких строу. Например, каждая строу диаметром 0,6 см и длиной 2,5 м измерялась минимум 7 мин при падении давления не более 0,1 атм от исходных 2 атм избыточных.

В итоге изготовлено и успешно применено универсальное быстродействующее приспособление для проверки на герметичность более 1300 шт. строу-трубок разного диаметра и любой длины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пешехонов В. Д. Координатные детекторы на основе тонкостенных дрейфовых трубок // ЭЧАЯ. 2015. Т. 46, вып. 1. С. 167–218.
2. ATLAS Project Document. No. ALT-IT-QP-0001.
3. Волков В. Ю. и др. Строу-камеры для эксперимента NA64 // Письма в ЭЧАЯ. 2019. Т. 16(225). С. 627–542.

Получено 5 марта 2025 г.

Редактор *Е. В. Сабаяева*

Подписано в печать 9.04.2025.

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

Усл. печ. л. 0,25. Уч.-изд. л. 0,31. Тираж 110 экз. Заказ № 61081.

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

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/