

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

98-264

P13-98-264

Б.Ю.Семенов, С.В.Мишин

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ  
АНОДНЫХ ПРОВОЛОК В ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ  
ДЕТЕКТОРАХ АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

1998

## 1. Введение

Известно много методов измерения натяжения проволоки в детекторах ионизирующих излучений, таких как струи, многопроволочные и дрейфовые камеры [1-6]. Все эти методы базируются на фундаментальной связи между частотой механического резонанса и натяжением проволоки:

$$T = \pi \rho L^2 F^2 D^2, \quad (1)$$

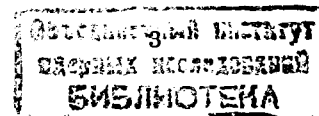
где  $\rho$  - плотность материала проволоки ( $\text{кг/м}^3$ ),  $D$  - диаметр проволоки (м),  $L$  - длина проволоки (м),  $T$  - сила натяжения (Н),  $F$  - резонансная частота (Гц).

Различия между методами заключаются только в способах возбуждения этих колебаний и методах поиска частоты резонанса. В электростатическом или магнитном поле при возбуждении в проволочке механических колебаний возникает сигнал с амплитудой, зависящей от амплитуды этих колебаний и имеющей максимум при механическом резонансе. В одном из методов возбуждение колебаний осуществляется путем подачи на проволоку синусоидального напряжения [1]. Вследствие смещения проволоки изменяется емкость струи и на проволоке

появляется дополнительный сигнал. Амплитуда этого сигнала имеет максимум при совпадении частоты возбуждающего сигнала с резонансной частотой механических колебаний проволоки. Для устранения сигнала при отсутствии резонанса параллельно проволоке подключают компенсирующую цепь из переменного конденсатора и резистора с параметрами, обеспечивающими компенсацию возбуждающего сигнала.

В другом методе [2] возбуждение колебаний проволоки, помещенной в электрическое поле, производится путем подачи на нее короткого импульса напряжения, после чего измеряется частота свободных колебаний проволоки и по формуле (1) вычисляется сила натяжения.

В данной работе предлагается акустический метод определения натяжения анодной проволоки в струе. Суть метода [6] заключается в использовании звуковых колебаний для возбуждения механических колебаний анодной проволоки. Под их воздействием анодная проволока колеблется внутри трубки, вследствие чего меняется емкость струи. Ожидается, что для 4 мм струи с диаметром проволоки 30 мкм при смещении последней от центра на 100 мкм емкость изменится примерно на



0,0055 пФ/м, что составляет 0,05 % от емкости строу. Если при этом на строу подано напряжение  $\sim 600$  В, то на анодной проволоке появляется сигнал. Величина сигнала имеет максимум при совпадении частоты звуковых волн с резонансной частотой механических колебаний анодной проволоки, так как в этом случае амплитуда колебаний последней будет максимальной.

## 2. Схемы установки

На рис.1 изображена блок-схема установки. На анодную проволоку строу подается напряжение  $\sim 600$  В. Громкоговоритель получает от управляемого генератора через усилитель мощности синусоидальный сигнал, частота которого может меняться. Программа, компьютер, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) [7] обеспечивают сканирование по частоте в необходимых пределах. Сигнал с анодной проволочки через полосовой усилитель подается на дискриминатор. При срабатывании дискриминатора, которое происходит вблизи резонансной частоты проволочки, выставляется сигнал LAM, включается программа определения резонансной частоты и вычисления натяжения проволочки.

Схема частотомера представлена на рис.2. В нее входят: эталонный генератор, два счетчика, один из которых имеет выход на магистраль КАМАК, ряд элементов схемы управления.

При подготовке измерений частоты сигналами NA(0)F(0) и NA(1)F(9) счетчики и триггер LAM обнуляются. В начале измерения программа инициирует сигнал NA(0)F(9), при этом открываются схемы пропускания и начинается заполнение счетчиков: первого - от эталонного генератора, а второго - от управляемого, частота которого в этот момент соответствует резонансной частоте проволочки. Время заполнения первого счетчика  $T = t_{et} * N_{cnt1}$ , где  $t_{et}$  - период частоты эталонного генератора, а  $N_{cnt1}$  - емкость первого счетчика. Когда первый счетчик оказывается полностью заполненным, выдается сигнал STOP. Схемы пропускания закрываются, определяется резонансная частота  $f_{rez} = 1/(T/N_{cnt2})$ , где  $N_{cnt2}$  - число импульсов, зарегистрированных вторым счетчиком.

Для съема сигнала с проволочки используется полосовой усилитель (рис.3), на входе которого установлен повторитель (D1), а на выходе - дискриминатор (D5). Резистор и два транзистора в диодном режиме защищают

усилитель от скачков напряжения на входе. Коэффициент усиления 200, полоса 90-230 Гц на уровне 6 дБ. Порог дискриминатора устанавливается в пределах 0,25-1,0 В.

Генератор синусоидального сигнала (рис.4), частота которого управляется напряжением, построен на базе микросхемы ICL8038 (HARRIS Semiconductor). Выходной каскад служит для усиления сигнала и уменьшения выходного сопротивления. Входной усилитель обеспечивает необходимый диапазон напряжения на входе ICL8038 и его начальный уровень при соответствующих сигналах ЦАП. Таблица 1 дает исчерпывающее представление о работе этого каскада. Оба усилителя используют микросхему К140УД8.

Таблица 1

Vo, мВ	Kvo	Vdac мВ(bit)	Kdac	Kvo*Vo, мВ	Kdac*Vdac, мВ	Vout, мВ	Fsine(ttl), Гц
-4140	-2.45	0	-1	+10200	0	+10200	90
		4000			-4000	+6200	254

Для управления установкой и обработки результатов измерений на языке Паскаль написан пакет программ WTM (Wire Tension Meter) размером 120 Кбайт, с головной программой WTM.PAS.

После запуска программы на экране появляется меню, в котором необходимо задать характеристики строу: номер строу, плотность материала, длину и диаметр анодной проволоки. В дополнение к этому следует ввести номера станций ЦАП и частотомера и задать требуемый диапазон измерения натяжения, т.е. диапазон частоты озвучивания. Введенные параметры можно сохранить, выбрав в меню пункт СОХРАНИТЬ ПАРАМЕТРЫ.

По команде ПУСК начинается сканирование по частоте в заданном диапазоне. Вблизи резонансной частоты, когда амплитуда сигнала на выходе полосового усилителя достигнет порога дискриминатора снизу, он срабатывает и инициирует сигнал LAM. Частота, соответствующая этому событию, запоминается ( $F_{min}$ ). Сканирование по частоте продолжается до момента достижения порога дискриминатора сверху. Частота этого события также запоминается ( $F_{max}$ ). Резонансная частота вследствие высокой линейности управляемого генератора (см. рис.5) будет равна

$$F_{rez} = (F_{max} - F_{min})/2 \quad (2)$$

Эта частота и служит для вычисления натяжения. Результаты вычисления выводятся на экран монитора.

### 3. Результаты измерений

Для проверки данного метода проведена серия измерений натяжения анодных проволок в собранных и жестко закрепленных в ложементе каптоновых строу. Измерения проводились при следующих параметрах установки:

диаметр трубок	- 4 мм,
длина анодных проволок	- 393 мм,
диаметр анодных проволок	- 30 мкм,
плотность анодной проволоки	- 19,3 г/см <sup>3</sup> ,
материал анодной проволоки	-позолоченный вольфрам,
напряжение на проволоках	- 600 В,

В качестве излучателя звуковых волн использовался низкочастотный громкоговоритель с диаметром диффузора 30 см и сопротивлением 4 Ом. Результаты измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2

№ проволочки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Установленное натяжение, г	50											
Резонансная частота, Гц	238	239	236	243	245	242	238	235	237	241	240	240
Измеренное натяжение, г	47	48	47	49	50	49	47	46	47	49	48	48

Резонансная частота определялась по максимальной амплитуде сигнала и регистрировалась с погрешностью менее  $|\pm 1|$  Гц, что соответствует ожидаемой погрешности измерения натяжения, не более  $|\pm 0,5|$  г (см. рис.6). Но, как это видно из таблицы, отклонение измеренного натяжения от установленного достигает 3 г. Нам кажется, что это обусловлено неточностью первоначальной установки натяжения и, возможно, флуктуациями диаметра проволоки (см. рис. 7).

Авторы признательны В.Д.Пешехонову за проявленный интерес к работе и поддержку, а также за ряд редакторских замечаний по тексту статьи.

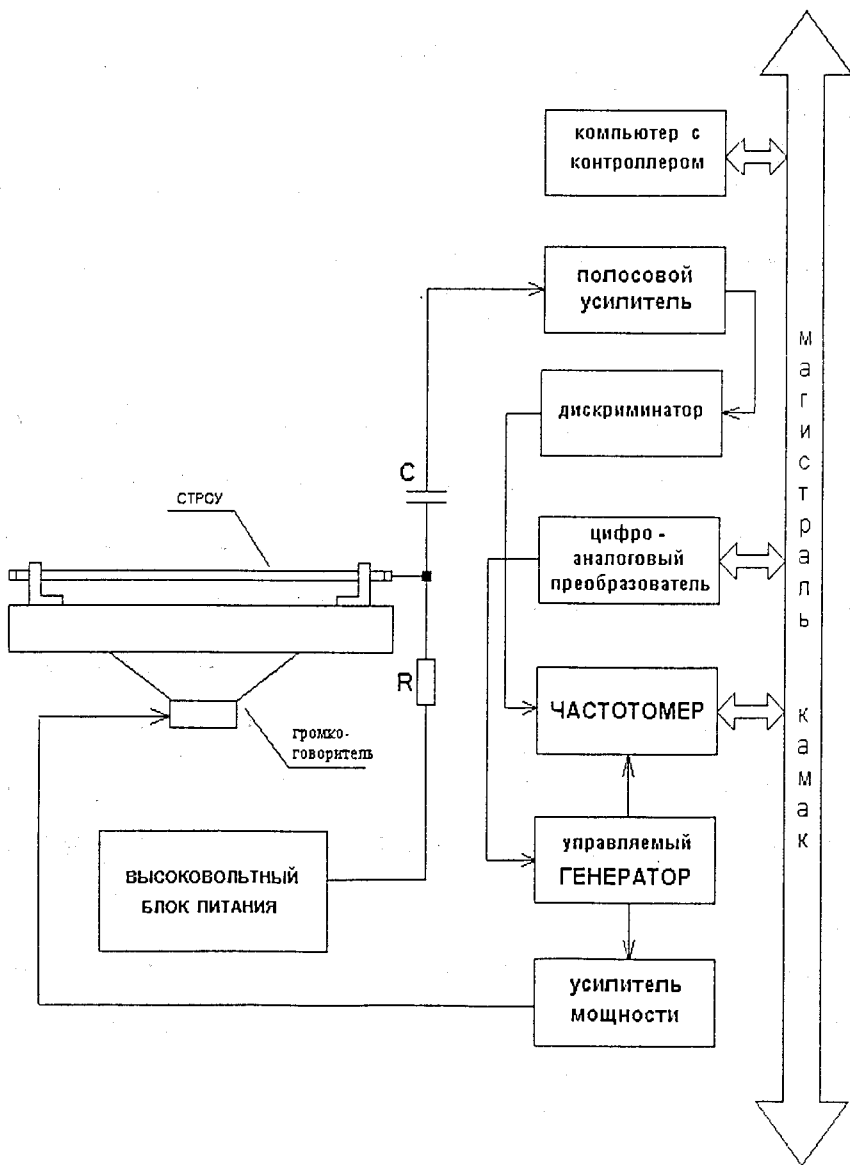


Рис.1. Блок-схема установки

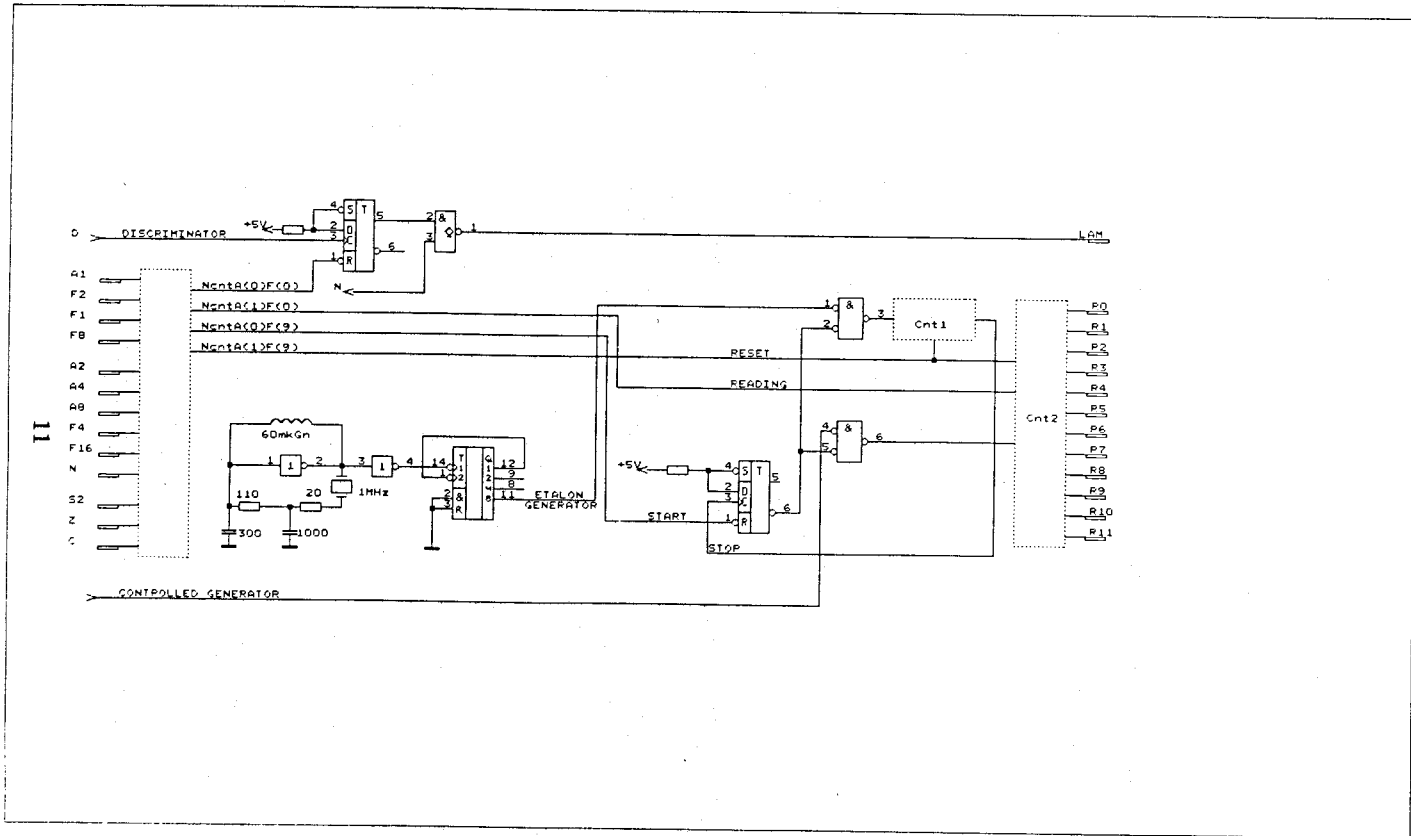
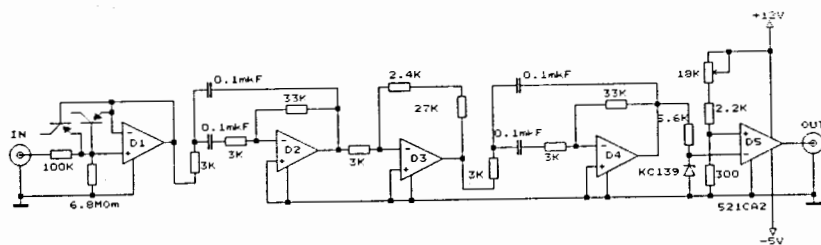


Рис.2. Упрощенная схема частотомера



D1...D4 - 140YU9 D5 - 521CA2

Рис.3. Принципиальная электрическая схема полосового усилителя и дискриминатора

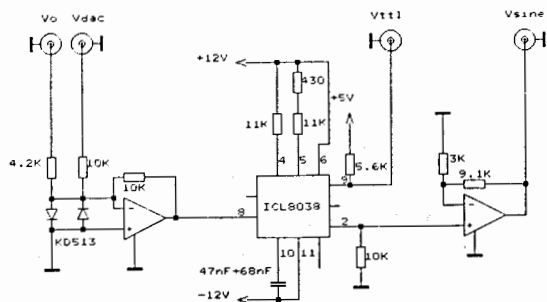


Рис.4. Принципиальная схема управляемого генератора

$$F = f(\text{bit})$$

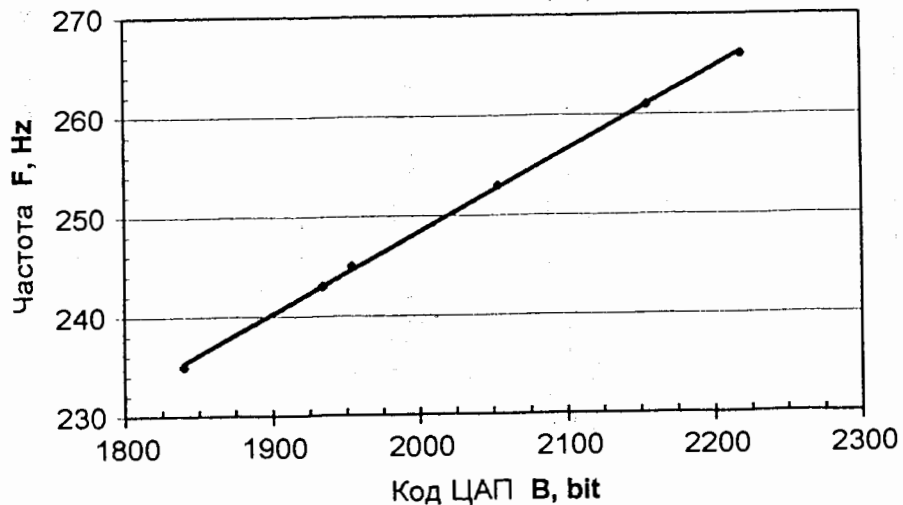


Рис.5. Зависимость частоты управляемого генератора от кода ЦАП

$$T = f(F), \text{ при } L = 393 \text{ мм и } D = 30 \text{ мкм}$$

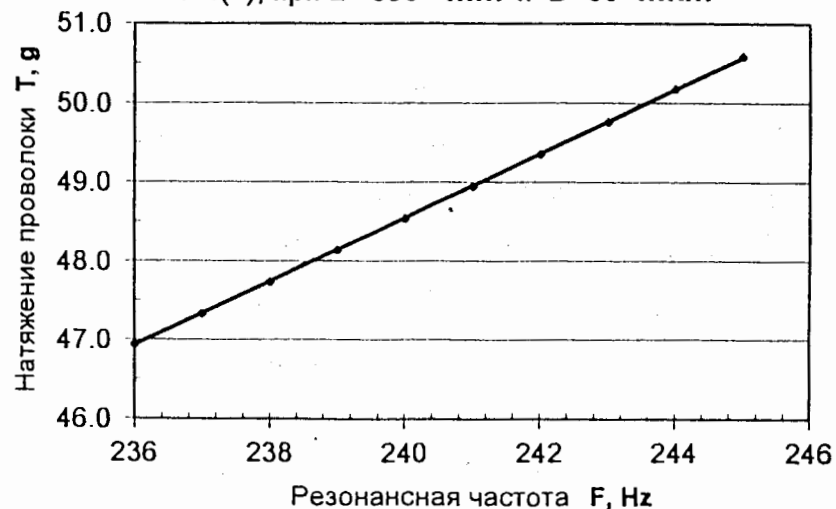


Рис.6. Зависимость натяжения анодной проволоки от резонансной частоты при длине  $L=393$  мм и диаметре  $D=30$  мкм

$$F = f(D), \text{ при } L = 393 \text{ мм и } T = 50 \text{ г}$$

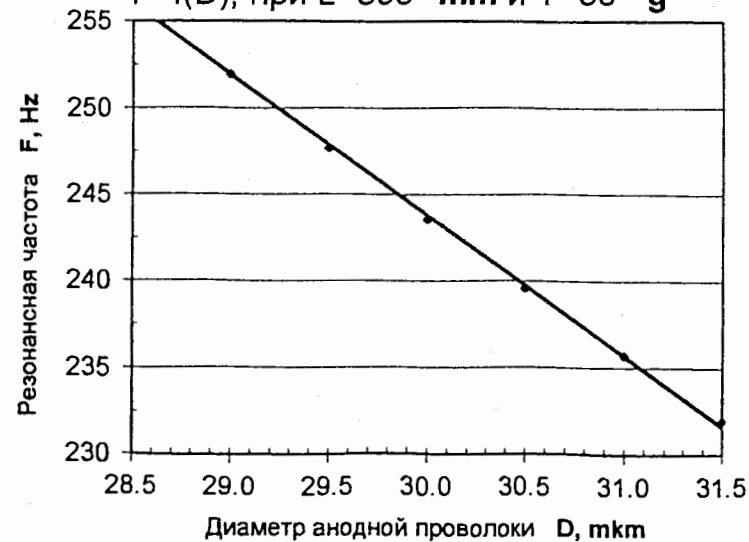


Рис.7. Зависимость резонансной частоты от диаметра анодной проволоки при длине  $L=393$  мм и натяжении  $T=50$  г



## ЛИТЕРАТУРА

1. N.J. Shenhav - Nucl.Instr. and Meth., 1993, v. A324, No.3, p.551.
2. B. Brinkly e.a.- Nucl.Instr. and Meth., 1996, v. A373, No.1, p.23.
3. S. Bhadra e.a.- Nucl.Instr. and Meth., 1988, v. A269, No.1, p.33.
4. W.M. Dougherty e.a.Nucl.Instr. and Meth.,1995, v. A352, No.3,p.569.
5. S. Sudou e. a - Nucl. Ins. and Meth., 1996, v. A383, No.2,3, p. 391
6. Ken Mc Farlane, Wire Tension Measuriment, Atlas TRT Meeting, 3/3/97
7. Рашевский А.В.,Семенов Б.Ю. ОИЯИ, P10-92-220, Дубна, 1992.

Семенов Б.Ю., Мишин С.В.

P13-98-264

Установка для измерения натяжения анодных проволок  
в газонаполненных детекторах акустическим методом

Описана установка для измерения натяжения анодных проволок многопроволочных детекторов ядерных частиц. В основе действия установки лежит фундаментальная зависимость резонансной частоты проволоки от ее натяжения. Подробно описаны схемы установки и принцип действия управляющей программы. Приводятся и обсуждаются результаты измерения и источники погрешности.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1998

Перевод авторов

Semenov B.Yu., Mishin S.V.

P13-98-264

Installation for Measurement of Anode Wires Tension  
in Detectors by an Acoustic Method

The installation for measurement of anode wires tension in detectors of nuclear particles is described. The action of the installation is based on the fundamental dependence of the resonant frequency upon the wire tension. The circuits are very carefully described. The principle of the action of the managing program is discussed, as well as the results of the measurement and sources of errors.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1998