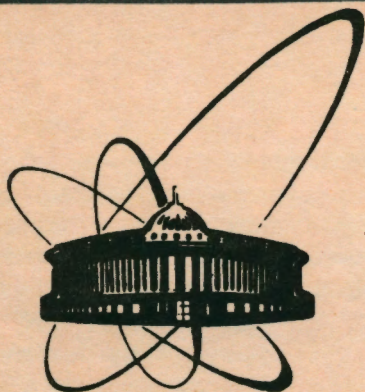


92-347



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

P13-92-347

**В.Д.Аксиненко, Н.С.Глаголева, О.Ю.Мандрик,  
А.Т.Матюшин, В.Т.Матюшин, Я.Мирковски\***

**ДИАГНОСТИКА ГАЗОВОГО НАПОЛНЕНИЯ  
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРЫ СПЕКТРОМЕТРА ГИБС**

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

---

\*Институт радиозлектроники Варшавского политехнического  
института

**1992**

В стримерных камерах обычно используется рабочий газ, содержащий определенные добавки для сокращения времени памяти и улучшения локализации следов. Замена воздушного наполнения и поддержание рабочего режима в камерах, функционирующих в составе установок на ускорителях заряженных частиц, осуществляется методом продува.

Необходимость максимального сокращения количества вещества на пути частиц при изучении их взаимодействий с помощью стримерной камеры, а также достаточно большие размеры самих камер вынуждают использовать для герметизации ее объема такие материалы, как пенопласт, пенополиуретан, лавсановая пленка и т.п. При этом в объеме камеры появляются источники длительного гажения, значительно возрастает уровень натекания газа (обычно воздуха), окружающего корпус камеры.

Если примесь воздуха использовать в качестве добавки к основному газу, то процессы ввода камеры в рабочий режим и его поддержания существенно упрощаются, так как концентрация воздуха в камере с натеканием определяется величиной протока чистого газа через нее. Такой метод применен в установке СКМ-200 [1] с двухметровой стримерной камерой.

Прогнозирование процесса продува требует оперативного контроля за концентрацией воздуха, поскольку от этого зависят время ввода камеры в режим, стабильность последнего, а также общие затраты.

Для стримерной камеры [2] спектрометра ГИБС были разработаны специальные газоразрядные датчики [3], с помощью которых в процессе сеансов облучения камеры на синхрофазотроне ОИЯИ измерялась концентрация воздуха непосредственно внутри ее объема во всем требуемом диапазоне.

Ранее в работе [4] нами был проведен анализ динамики продува газом стримерной камеры с некоторыми упрощениями, позволяющими описать его дифференциальным уравнением первого порядка, аналогично хорошо известному и наглядному представлению переходных процессов в электрической схеме заряда конденсатора через сопротивление ( $RC$ -цепь). Относительная величина напряжения заряда конденсатора — это уровень концентрации основного газа в камере.

Такая схема-аналог применима, когда имеется лишь натекание в камеру, которая не содержит материалов, обладающих явно выраженными адсорбционными свойствами. И если камера была предварительно продута сухим азотом для удаления влаги из объема, то время ввода ее в рабочий режим зависит только от величины протока газа, ограниченной, в свою оче-

редь, допускаемым перепадом давлений между объемом камеры и атмосферой. Расход газа  $V$  (л) на замену воздушного наполнения в камере объемом  $V_c$  (л) до требуемой концентрации воздуха  $y$  при натекании  $q$  (л/ч) может быть вычислен по формуле

$$V = V_c \frac{Q}{Q + q} \cdot \ln \frac{q}{y(Q + q) - q}.$$

При наличии газящих материалов, тонкого контейнера с мишенью, слабого перемешивания газа внутри объема камеры одноконтурная  $RC$ -цепь перестает быть аналогом камеры, возникают расхождения между прогнозируемой и измеряемой концентрациями воздуха в ней. Однако, располагая текущими данными о концентрации воздуха в камере и используя аналогию с многоконтурными  $RC$ -цепями, можно составить эквивалентную электрическую схему и в дальнейшем использовать ее для расчета и оптимизации требуемого режима.

На рис.1 приведены результаты измерений (крестики) концентрации ( $y$ ) воздуха в объеме камеры в одном из сеансов (мишень — перед камерой).  $y, \%$

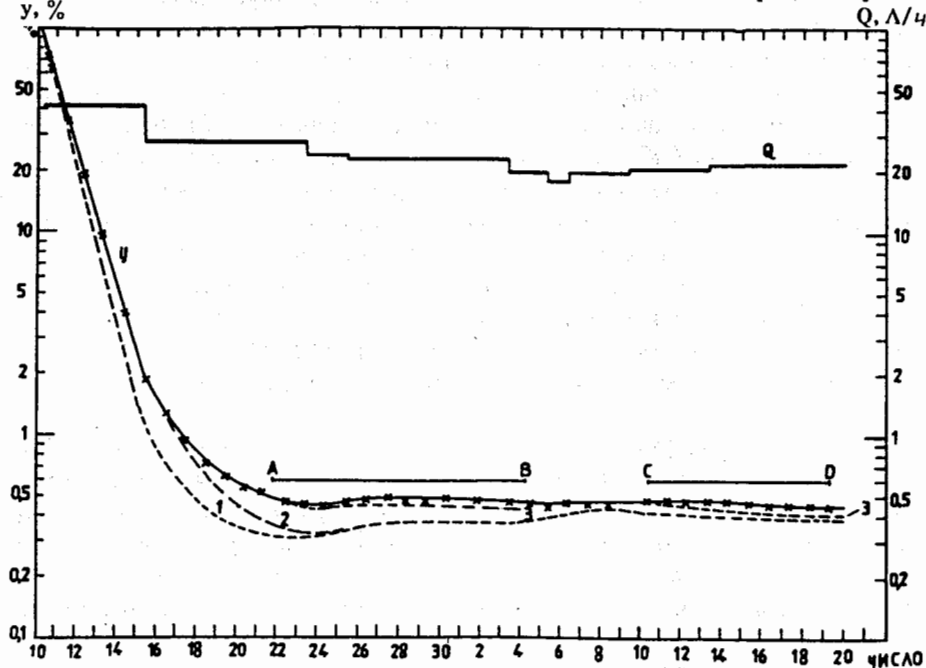


Рис.1. Проток —  $Q$  газа через камеру и концентрация —  $y$  воздуха в ней в ноябрь-декабрьском (1989 г.) сеансе. А—В и С—D — интервалы времени работы камеры. Пунктирные линии — расчетные значения концентрации воздуха в «идеальной» камере — 1, с учетом запаздывания перемешивания газа в ее объеме — 2 и гажения стенок — 3

Вначале в камере был воздух ( $y = 100\%$ ), который затем вытеснялся чистым неоном промышленного производства путем создания протока газа —  $Q$  через нее. Выходящий из камеры газ собирался в уравновешенном газгольдере системы ее газообеспечения. Поддержание заданной концентрации ( $y = 0,45-0,5\%$ ) воздуха в рабочем режиме (А—В и С—D) осуществлялось с помощью регулировки величины протока. Перерыв в облучении камеры (В—С) был связан с расписанием работы ускорителя, обеспечивающего пучками частиц несколько экспериментальных установок. Сплошная линия — это расчетная кривая, полученная с помощью ЭВМ и электрической схемы, приведенной на рис.2. Емкость  $C_0$  — эквивалент емкости камеры,  $R_n, R_0$  — величины, обратные значениям протока и натекания воздуха в камеру соответственно,  $R_1 C_1; R_2 C_2; R_n$  — корректирующие элементы.

Подача напряжения на схему (рис.2) эквивалентна началу продува камеры неоном, а относительная величина недозаряда емкости  $C_0$  равна остаточной концентрации воздуха в камере.

Как показал анализ работы камеры в ряде сеансов, корректирующая цепь  $R_1 C_1$  связана с недостаточно интенсивным перемешиванием газа внутри объема (от входа до выхода — два метра),  $R_2 C_2$  — с постепенным обезгаживанием стенок камеры,  $R_n$  — с искрением внутри объема при работе камеры (стримерные и искровые следы, разряды по стенкам окон), началу образования разрядов соответствует замыкание ключа «К». Результаты отключения корректирующих цепей наглядно представлены на рис.1 в виде пунктирных линий.

Для моделирования переходных процессов в схеме масштаб времени выбран в расчете  $1 \text{нс} = 1 \text{ч}$  реального времени. При этом в схеме 1 пФ соответствует 1л, 1кОм — 1/(л/ч). Если необходима схема-аналог для реального масштаба времени, все постоянные времени  $RC$ -цепей должны быть соответственно (в  $3,6 \times 10^{12}$  раз) увеличены. Как можно видеть, реальные значения постоянных времени будут измеряться месяцами и полугодиями, однако изменение концентрации на малых уровнях происходит за времена, измеряемые часами.

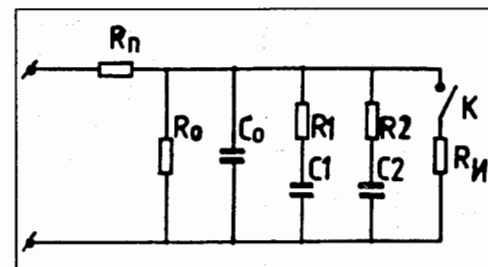


Рис.2. Электрическая схема-аналог продуваемой газом камеры, синтезированная на основе экспериментальных данных, представленных на рис.1.  $R_n$  [кОм] ( $1/Q$  л/ч),  $R_0 = 11,6$  кОм,  $C_0 = 1100$  пФ,  $R_1 = 25$  Ом,  $C_1 = 155$  пФ,  $R_2 = 12,5$  кОм,  $C_2 = 21,5$  пФ,  $R_n = 100$  кОм. К — ключ включения камеры в работу

Схема, приведенная на рис.2, отражала динамику процессов в объеме газа камеры со стенками из листового пенопласта и позволяла рассчитывать график оптимального (по времени и затратам неона) ввода ее в рабочий режим, а также его поддержания с помощью коррекции протока газа. Значения соответствующих величин, найденных при расчете, следующие: натекание — 0,086 л/ч, емкость камеры — 1100 л, коррекция перемешивания — 4 л/ч, 155 л, гажения — 0,08 л/ч, 21 л, искрения — 10 мл/ч. Емкость камеры, вычисленная по ее геометрическим размерам, с учетом прогиба лавсановой пленки под действием внутреннего давления при продуве камеры совпадает с найденной величиной.

Таблица

Проток $Q$ л/ч	Ввод в режим		Поддержание режима ( $\gamma=0.47\%$ )		Общий расход	
	л	ч	л	ч	л	ч
1000	11000	11	18881	672	29881	683
300	8100	27	17088	672	25188	699
200	7600	38	17075	672	24675	710
200 до 3% 21 л	4800 11088	24 528	13892	672	28779	1224
200 до 2% 28 л	5400 5712	27 204	15300	672	26412	903
100	7700	77	16234	672	23994	749
100 до 3% 50 до 1% 25 до 0.5%	4600 1750 5700	46 35 228	14525	672	26575	981
50	8000	160	15514	672	23514	832
43.5 28	5481 4368	126 158	14920	672	24769	954
35	8680	248	15072	672	23752	920
21	13104	624	13891	672	29779	1296

В качестве примера в таблице приведены различные варианты ввода камеры в рабочий режим и его поддержания, рассчитанные с помощью приведенной эквивалентной схемы. Видно, что реализованный в сеансе вариант близок к оптимальному. Следует отметить также, что при интенсивном продуве трудно обеспечить стабильный режим к началу работы камеры.

На рис.3 представлены результаты измерений концентрации воздуха в объеме новой камеры, содержащей внутреннюю мишень (магний) в одном из сеансов облучения спектрометра ГИБС. Поскольку новый корпус камеры выполнен из пенополиуретана с интегральной структурой (мелкопористая сердцевина и уплотненная стенка), то его гажение в объем камеры сведено к минимуму. Изменена также схема продува камеры: вход неона осуществлялся через две противоположные стенки, наиболее удаленные друг от друга (вход и выход пучка частиц), а выход — через боковые стенки вблизи середины камеры, что значительно сократило время выравнивания концентрации и ускорило время ввода камеры в рабочий режим.

Соответствующая электрическая схема новой камеры приведена на рис.4. Видно, что на схеме отсутствуют цепи, связанные с гажением стенок камеры и перемешиванием газа; но наличие мишени внутри камеры приводит к дополнительным элементам коррекции. Емкость  $C_1$  характеризует объем воздуха (2,5 л), попадающий в камеру при юстировке положения мишени, а  $R_2$  — натекание воздуха через тонкие стенки контейнера с мишенью, продуваемого воздухом или азотом. Время юстировки мишени и начала продува ее контейнера на рис.3 отмечено стрелкой (М).

При этом замыкается ключ  $K_1$ . На рабочем участке дополнительно замыкается ключ  $K_2$ .

Значения величин, найденных при расчете, для этой камеры: натекание — 0,135 л/ч, емкость камеры — 955 л (совпадает

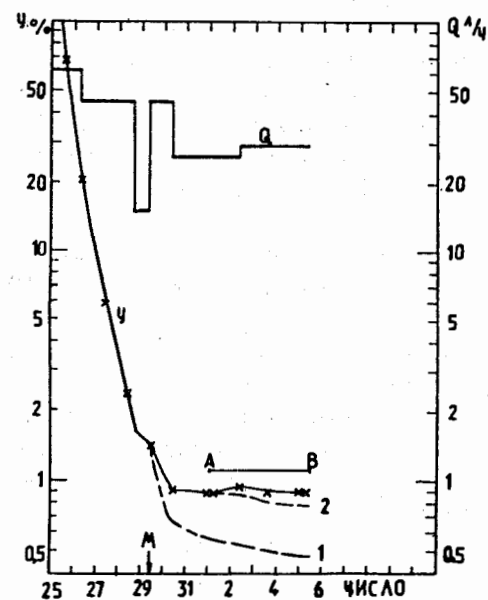


Рис. 3. Проток —  $Q$  газа через камеру и концентрация —  $y$  воздуха в ней в ноябрь-декабрьском (1990 г.) сеансе. А—В — интервал времени работы камеры. М — время юстировки мишени внутри ее объема и включения продува контейнера мишени. Пунктирные линии — расчетные значения концентрации воздуха в «идеальной» камере — 1, с учетом мишени — 2



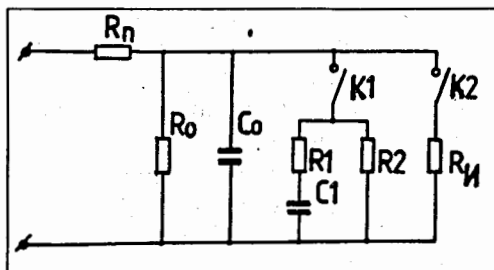


Рис.4. Электрическая схема-аналог продуваемой газом камеры, синтезированная на основе экспериментальных данных, представленных на рис.3.  $R_n$  [кОм] ( $1/Q$  л/ч),  $R_0 = 7,4$  кОм,  $C_0 = 955$  пФ,  $R_1 = 2,8$  Ом,  $C_1 = 2,5$  пФ,  $R_2 = 11$  кОм,  $R_н = 30$  кОм.  $K_1$  — ключ включения в работу мишени,  $K_2$  — камеры

ет с геометрической емкостью), цепь коррекции юстировки мишени — 0,36 л/ч, 2,5 л, натекание из контейнера мишени — 0,091 л/ч, искрение — 33 мл/ч.

Обращает на себя внимание относительно высокий уровень концентрации ( $y = 0,9\%$ ) воздуха, установленный в этом сеансе для сокращения времени памяти.

Что касается влияния работы камеры на состав газа, имеющего место во всех сеансах облучения, то это связано с высоковольтными разрядами в неоне в присутствии примеси воздуха. При этом создаются условия для разложения молекул примеси и появления новых соединений, в первую очередь азота с кислородом, которые создают более благоприятные условия для образования стримерных следов, но значительно сокращают время памяти. Однако этот вопрос требует отдельного рассмотрения.

Анализируя весь экспериментальный материал по диагностике газового наполнения стримерной камеры, можно сделать следующие выводы:

1. Уровень концентрации воздуха в камере в процессе ввода ее в рабочий режим надежно контролируется простыми газоразрядными датчиками [3].

2. С помощью датчиков уточнены величины натекания воздуха в стримерную камеру объемом  $\sim 1000$  л и гажения ее стенок в реальных условиях работы на ускорителе.

3. Корпус камеры из листового пенопласта обладает хотя и малым, но длительным гажением. Постоянная времени «обезгаживания» — более 10 суток.

4. Ввод камеры в рабочий режим с помощью ее продува чистым газом, а также поддержание заданной концентрации воздуха в камере хорошо описывается переходными процессами в соответствующих электрических схемах с  $RC$ -цепями. Для каждой камеры, в том числе содержащей внутреннюю мишень в контейнере, продуваемого газом, может быть составлена своя эквивалентная электрическая схема.

5. При использовании эквивалентной схемы процесс ввода камеры в рабочий режим может быть рассчитан и оптимизирован заранее с помощью персонального компьютера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахимов А.У., Аникина М.Х., Балдин А.М. и др. — ПТЭ, 1978, 5, с.53.
2. Аксиненко В.Д., Варденга Г.Л., Глаголева Н.С. и др. — Препринт ОИЯИ, Р13-92-91, Дубна, 1992.
3. Аксиненко В.Д., Волков Ю.Н., Матюшин А.Т., Матюшин В.Т. и др. — Препринт ОИЯИ, Р13-92-93, Дубна, 1992.
4. Матюшин А.Т. и др. — ПТЭ, 1977, 1, с.35.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 августа 1992 года.

Аксиненко В.Д. и др.  
Диагностика газового наполнения  
стримерной камеры спектрометра ГИБС

P13-92-347

Проведен анализ данных по диагностике газового наполнения стримерной камеры объемом  $\sim 1 \text{ м}^3$  в условиях ее работы на синхрофазотроне ОИЯИ. Предложена методика оптимизации (по времени и затратам) процесса ввода камеры в рабочий режим, а также поддержание последнего с помощью ЭВМ и многоконтурных электрических схем с RC-цепями.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Aksinenko V.D. et al.  
Diagnostics of a Streamer Chamber Gas Filling  
of the Gibs Spectrometer

P13-92-347

The analysis of the diagnostics data of a streamer chamber gas filling, with a volume about  $1 \text{ m}^3$ , has been provided under its working conditions at the JINR Synchrophasotron. An optimization methodics (of time and expenditure) of a process of putting the chamber to a working regime and carrying out this regime using a computer and multicontour electric schemes with RC-chains are suggested in the investigation as well.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992