

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПОДДЕРЖАНИЯ СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА В НАКОПИТЕЛЕ Н-100 М - ИСТОЧНИКЕ КОМПТОНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР

А.Н. Гордиенко, В.Г. Гревцев, О.Д. Звонарева, А.Ю. Зелинский, И.И. Карнаухов, В.П. Козин, Н.И. Мочешников, А.О. Мыцыков, Ф.А. Пеев, В.Л. Скирда

Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», Харьков, Украина

Разработана высоковакуумная установка для исследования откачных характеристик стандартных насосов различного типа, которые будут использоваться для получения динамического давления $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Торр в вакуумной камере накопителя Н-100М. Также исследованы различные физико-химические способы получения чистых вакуумных поверхностей с удельным газовыделением менее 10^{-11} (Торр·л)/(см²·с).

PACS: 29.20Dh, 29.27Bd

В накопителе электронов НЕСТОР (Н-100М), который создается в ННЦ ХФТИ для генерации интенсивного пучка гамма-квантов при обратном комптоновском рассеянии [1], время жизни циркулирующего пучка электронов при энергии 60 МэВ должно быть не менее 0,5 ч, а при более высокой энергии 250 МэВ – не менее 2 ч. Для этого среднее динамическое давление в присутствии пучков электронов и синхротронного излучения должно быть не выше $5 \cdot 10^{-9}$ Торр [2], в то время как в ускорителе-инжекторе оно будет не ниже 10^{-7} Торр.

В работе приводятся данные о безмасляных средствах сверхвысоковакуумной откачки, методах получения вакуумно-чистых поверхностей.

ВЫБОР И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОСТОВ ОТКАЧКИ НАКОПИТЕЛЯ И ИНЖЕКЦИОННОГО ТРАКТА КОМПЛЕКСА НЕСТОР

В самом общем случае давление P в вакуумных системах определяется суммарной скоростью откачки S и потоками газовыделения Q :

$$P = Q / S.$$

Для протяженных малоапертурных вакуумных систем, какими являются камеры накопителей, в том числе и Н-100М, суммарная эффективная скорость откачки определяется количеством мест откачки по периметру накопителя и скоростью откачки в каждом из этих мест [3].

На рис.1 приведена магнитная структура накопителя Н-100М и канала инжекции пучка от линейного ускорителя к накопителю и показаны места расположения постов откачки.

В состав магнитной системы входят: дипольные магниты, квадрупольные, секступольные и многополюсные линзы. Из-за плотной установки магнитных элементов крайне ограничены места для установки вакуумных насосов. Кроме того, из-за апертурных ограничений магнитных элементов вакуумная камера имеет эллиптическое

сечение с полуосями 79×27 мм, что ограничивает ее проводимость и делает нецелесообразным применение насосов с высоким быстродействием. Длина вакуумной системы накопителя $\sim 15,3$ м, инжекционного канала $\sim 5,6$ м.

Посты откачки накопителя:

I – турбомолекулярный насос (ТМН) фирмы VARIAN, магниторазрядный триодный насос фирмы VARIAN со встроенной криопанелью и распыляемым геттером, магниторазрядный диодный насос;

II, VII – комбинированный магниторазрядный диодный насос с встроенным распыляемым геттером;

III, VI – магниторазрядный диодный насос;

I, IV, V, VIII – магниторазрядный диодный насос и насос на основе нераспыляемого геттера;

I, V – магниторазрядный триодный насос фирмы VARIAN с встроенной криопанелью и распыляемым геттером.

Посты откачки на инжекционном тракте 1-4:

1, 2, 3 – магниторазрядные диодные насосы;

4 – средства откачки поста I накопителя.

Основные характеристики откачных устройств приведены в таблице. (1)

Все приведенные средства откачки – безмасляные. Предельное давление каждого из используемых насосов, как видно из табл. 1, не выше 10^{-9} Торр, поэтому очень важным фактором обеспечения сверхвысокого вакуума в Н-100М является получение вакуумно-чистых внутренних поверхностей всех элементов тракта пучков, уменьшение тепловой и стимулированной десорбции, натекания вследствие негерметичности.

Как показывают расчеты при наличии вышеперечисленных средств откачки, коэффициент

удельного газовыделения $q = \frac{Q}{A}$ газовых потоков

не должен превышать $5 \cdot 10^{-12}$ (Торр·л)/(см²·с) для получения в Н-100М давления $\leq 10^{-9}$ Торр [2, 3], где A – площадь элементов вакуумного тракта.

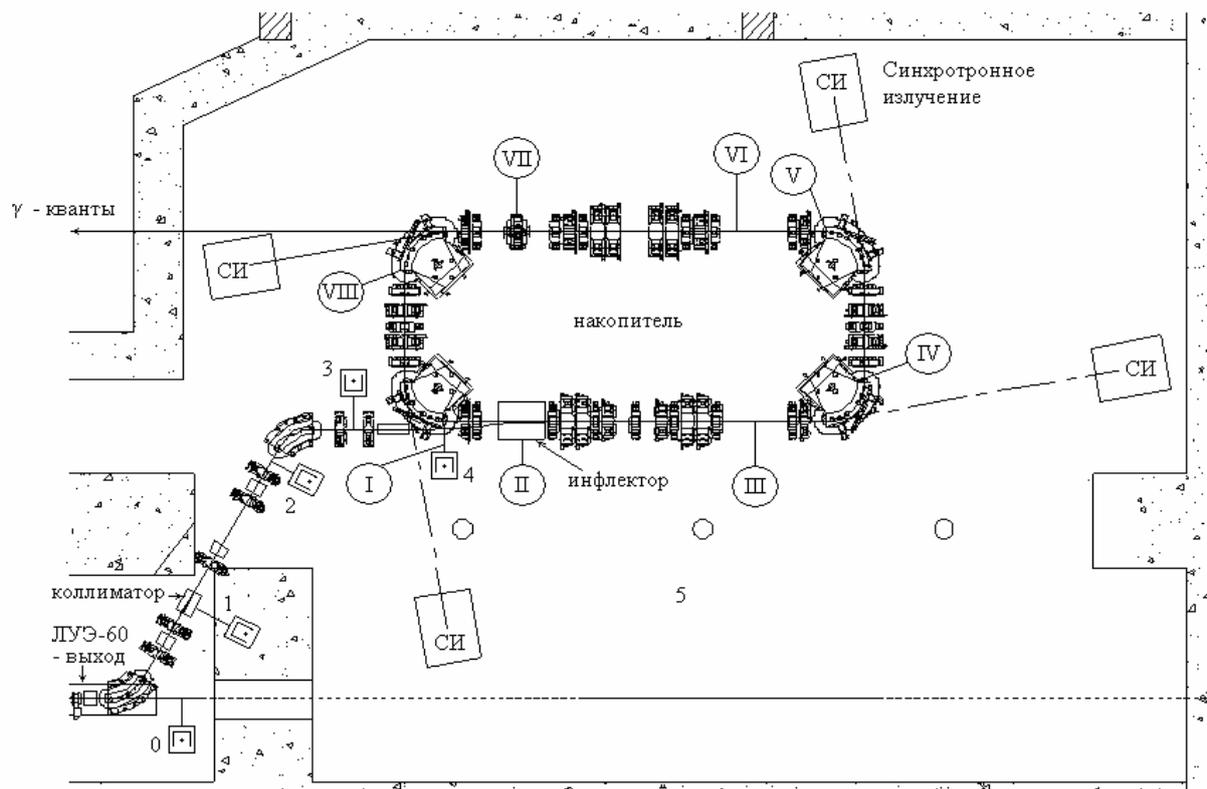


Рис. 1. Магнитная структура накопителя и схема постов откачки

Средства откачки накопителя НЕСТОР

Номер стока	Средства откачки	Кол-во	Изготовитель	Скорость откачки, л/с	Предельное давление, Торр
I	Турбомолекулярный насос TPS - bench	1	VARIAN	250	$<10^{-9}$
I, V	Магнитоэридный триодный насос Vaclon Plus150 (MPN Vaclon)	2	VARIAN	150	$<10^{-9}$
I, V	Встроенная в MPN Vaclon крио-панель с распыляемым геттером	2	VARIAN	515 - по азоту, 1200 - по водороду, 525 - по воде	$<10^{-9}$
II, VII	Комбинированный MPN диодного типа с встроенным распыляемым геттером ПВИГ-100	2	СССР	100 - магнито-разрядная часть, 300 - геттерная часть	$<10^{-9}$
III, IV, VI, VIII	MPN диодного типа НМД-0,16	4	СССР	150	$<10^{-9}$
I, IV, V, VIII	Насос на основе нераспыляемого геттера	4	SAES ННЦ ХФТИ [8]	300	$<10^{-9}$
1, 3, 4	MPN диодного типа НМД-0,1 - 1	3	СССР	100	$<10^{-9}$
2	MPN диодного типа НМД-0,25-1	1	СССР	250	$<10^{-9}$
Всего средств откачки:		19			

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВАКУУМНО-ЧИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для снижения уровня газовых потоков используются разнообразные технологические приемы и их комбинации, в том числе и выбор материала. Для НЕСТОРА в качестве основных конструкционных материалов используются: нержавеющие стали (НС) с малым содержанием углерода ($<0,08\%$ для Х18Н10Т и $<0,03\%$ для НС вакуумного переплава 316L), бескислородная медь в резонаторе. Широко известны различные тепловые, физико-химические способы очистки вакуумных поверхностей, применяемые в технологии электронного приборостроения и ускорительно-накопительной техники [4, 9]. По ряду причин мы не можем использовать такие эффективные методы обработки готовых сложных габаритных узлов и деталей вакуумных камер, как высокотемпературный ($800...1100\text{ }^{\circ}\text{C}$) отжиг их в высоковакуумных ($\sim 10^{-8}\text{ Торр}$) печах, обработка в обезжиривающих парах или растворах при высоких температурах ($180\text{ }^{\circ}\text{C}$), химическая полировка и электрополировка и т.п.; не подходит и метод обезжиривания с помощью углеводородов (бензина, ацетона, спирта и т.п.), особенно с применением протирки хлопчатобумажной тканью. На рис. 2 приведен эскиз камеры дипольных магнитов НЕСТОРА [6].

В состав камеры входят:

- каналы: циркулирующего и инжектирующего пучков электронов 1; вывода пучка синхротронного излучения (СИ) 2; вывода пучка комптоновского излучения 3;

- патрубки: для установки насоса на основе нераспыляемого гетера 4; для установки магнитоэлектрических насосов, манометрических преобразователей ионизационного типа МИ-27, инверсно-магнетронного типа - ПММ-46, анализатора масс-спектрометра;

- система прогрева.

Камера изготовлена из двух „корытообразных” половинок, сваренных по периметру аргонодуговой сваркой. Внутри камеры имеются многочисленные ребра жесткости.

Учитывая сложность внутренней конфигурации многих узлов вакуумной системы Н-100М, общая схема очистки внутренних поверхностей включает в себя следующие этапы: грубая очистка от стружек, опилок; обезжиривание; соблюдение вакуумной гигиены при хранении и монтаже; прогрев *in situ* всего тракта до температуры $150...180\text{ }^{\circ}\text{C}$; чистка тлеющим разрядом в среде гелия или аргона с примесью кислорода одновременно с прогревом; чистка пучками СИ в процессе работы накопителя.

На отдельных подготовительных операциях для этих целей будут выполняться:

- продувка деталей сжатым воздухом от безмасляного компрессора;

- мойка горячей водопроводной водой из бойлера с помощью аппарата высокого давления (грубая очистка от масел, эмульсий, металлических частиц и т.п.);

- мойка в щелочных растворах с добавлением

поверхностно-активных веществ с наложением ультразвука;

- полоскание в горячей дистиллированной (деионизированной) воде;

- чистка малогабаритных деталей (типа сильфонов и т.п.) с помощью парогенератора ($t_{\text{пара}} 120\text{ }^{\circ}\text{C}$) с последующей мойкой в дистиллированной воде с наложением ультразвука;

- сушка горячими проточными газами (азот, воздух) или другим сушильным оборудованием (лампы, фен и т.п.);

- упаковка, герметизация деталей.

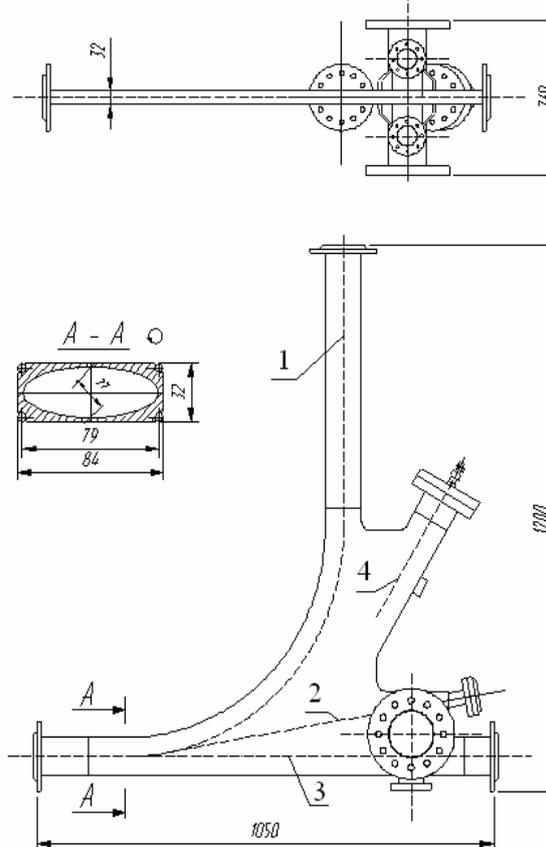


Рис. 2. Эскиз камеры дипольного магнита

Для осуществления вышеприведенных операций используется: щелочь – кальцинированная сода Na_2CO_3 , едкий натр NaOH ; поверхностно-активные вещества – ОП-10; ультразвуковой генератор РЕ-ТОНА; бойлер ($70\text{ }^{\circ}\text{C}$); дистиллятор; безмасляный компрессор; мойка высокого давления; промышленный фен ($600\text{ }^{\circ}\text{C}$); ТЭН-ы для прогрева вакуумной системы в сборе; источники питания (до 500 В) для поддержания тлеющего разряда; натекатели; необходимые чистые газы (аргон гелий, азот, кислород).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отработка приведенных методик чистки вакуумных поверхностей проводилась на экспериментальном стенде [7] с объемом 73 л . С помощью двух МРН (диодного и триодного типов) и ТМН („масляного” с азотной ловушкой) получено давление $4 \times 10^{-10}\text{ Торр}$, при этом коэффициент удельного газоразделения составил $\sim 1,5 \cdot 10^{-12}\text{ (Торр}\cdot\text{л)} / (\text{см}^2 \cdot \text{с})$.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Androsov, A. Agafonov, I. Botman, et al. X-ray generator-based-on-Compton scattering // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. 2005, v. A 543, p. 58-64.
2. П.И. Гладких, В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелинский и др. Зависимость времени жизни пучка электронов в накопителе НЕСТОР от давления остаточного газа // *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна № 777. Серія фізична «Ядра, частинки, поля»*. 2007, в. 2 (34), с.79-83.
3. V.G. Grevtsev, A.Yu. Zelinsky, I.I. Karnaukhov, N.I. Mocheshnikov. The analysis and choice of the system for attaining vacuum in a 300 MeV electron storage ring // *Problems of atomic science and technology. Series «Nuclear Physics Investigations»*. 2003, № 2, p. 126.
4. Б.Д. Луфт, А.Л. Шустина, *Очистка деталей электронных приборов*. М.: „Энергия”, 1968, с. 320.
5. Jon Pump Technical Notes, ”VARIAN” // *Inc. Vacuum technologies. Product Catalog*. 2006, p. 140-151.
6. В.Г. Гревцев, И.И. Карнаухов, В.П. Козин и др. Вакуумная камера дипольного магнита накопителя электронов Н-100М для генератора комптоновских гамма-квантов // *Вакуумная техника и технология*. 2006, т. 16, № 1, с. 29-31.
7. В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелинский, И.И. Карнаухов и др. Разработка и исследование элементов вакуумной системы источника комптоновских гамма-квантов // *Труды XVI Международной конференции по радиационным явлениям и радиационному материаловедению, 6-11 сентября 2004, Алушта*. 2004, с. 138- 139.
8. V.G. Grevtsev, I.M. Karnaukhov, V.P. Kozin, et al. Installation for research of properties of non-evaporated getters // *Problems of atomic science and technology. Series «Nuclear Physics Investigations»* 2003, № 5, p. 53.
9. *CERN Accelerator School Vacuum Technology* / Editors: S. Turner. Geneva, 1999, p. 426.

Статья поступила в редакцию 06.08.2009 г.

ПРОБЛЕМИ ОТРИМАННЯ І ПІДТРИМКИ НАДВИСОКОГО ВАКУУМУ В НАКОПИЧУВАЧІ Н-100 М - ДЖЕРЕЛІ КОМПТОНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НЕСТОР

*А.Н. Гордієнко, В.Г. Гревцев, О.Д. Звонарєва, А.Ю. Зелінський, І.І. Карнаухов,
В.П. Козін, Н.І. Мочешніков, А.О. Мициків, Ф.А. Пєєв, В.Л. Скірда*

Розроблена високовакуумна установка для дослідження відкачних характеристик стандартних насосів різного типу, що будуть використовуватися для одержання динамічного тиску $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Торр у вакуумній камері накопичувача Н-100 М. Будуть також досліджені різні фізико-хімічні способи одержання чистих вакуумних поверхонь з питомим газовиділенням менше 10^{-11} (Торр·л)/см²·с.

PROBLEMS OF OBTAINING AND MAINTAINING THE ULTRAHIGH VACUUM IN THE ACCUMULATOR N -100 M – THE SOURCE OF THE COMPTON EMISSION NESTOR

*A.N. Gordienko, V.G. Grevtsev, O.D. Zvonareva, A.Yu. Zelinskiy, I.I. Karnaukhov, V.P. Kozin,
N.I. Mocheshnikov, A.O. Mitsikov, F.A. Peev, V.L. Skyrda*

The installation for research exhausting of the characteristics developed for standard pumps of a various type, which will be used for reception of dynamic pressure $\sim 5 \cdot 10^{-9}$ Torr in the vacuum chamber of the store Н-100 М. Various physical-chemical ways of obtaining of pure vacuum surfaces with specific gaseous removal less than 10^{-11} (Torr·l)/(cm²·s) also will be investigated.