

УДК 533.599

ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ИНЖЕКЦИОННОГО КАНАЛА ДЛЯ НАКОПИТЕЛЯ НЕСТОР

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

Национальный Научный Центр „Харьковский физико-технический институт”

Ул. Академическая 1, Харьков, 61108, Украина

E-mail: grevtsev@kipt.kharkov.ua

Поступила в редакцию 7 августа 2009 г.

Рассчитана схема дифференциальной откачки для понижения давления в инжекционном канале накопителя от 10^{-7} Торр в линейном ускорителе-инжекторе до 10^{-9} Торр в накопителе электронов НЕСТОР. Такая величина динамического давления остаточного газа в присутствии пучков электронов и синхротронного излучения обеспечивает время жизни пучка ~ 2 часа при энергии 250 МэВ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сверхвысокий вакуум, время жизни пучка, накопитель электронов, безмасляные вакуумные насосы, дифференциальная откачка.

ВАКУУМНА СИСТЕМА ІНЖЕКЦІЙНОГО КАНАЛУ ЕЛЕКТРОНІВ НАГРОМАДЖУВАЧА НЕСТОР

О.М. Гордієнко, В.Г. Гревцев, О.Д. Звонарьова, А.Ю. Зелинський, І.І. Карнаухов, В.П. Козін, М.І. Мочешніков, Ф.А. Пеев

Національний Науковий Центр „Харківський фізико-технічний інститут”

Вул. Академічна 1, Харків, 61108, Україна

Розрахована схема диференційного відкачування для зниження тиску в інжекційному каналі нагромаджувача від 10^{-7} Торр в лінійному прискорювачі-інжекторі до 10^{-9} Торр в нагромаджувачі електронів НЕСТОР. Така величина динамічного тиску залишкового газу у присутності пучків електронів та синхротронного випромінювання забезпечує час життя пучка ~ 2 години з енергією 250 МеВ.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: надвисокий вакуум, час життя пучка, нагромаджувач електронів, безмасляні вакуумні насоси, диференційне відкачування.

VACUUM SYSTEM OF INJECTION CHANNEL FOR STORAGE RING NESTOR

A.N. Gordienko, V.G. Grevtsev, O.D. Zvonaryova, A.Yu. Zelinsky, I.I. Karnaukhov, V.P. Kozin, N.I. Mocheshnikov, F.A. Peev

National Science Center “Kharkov Institute of Physics and Technology”

1 Akademicheskaya St., Kharkov, UA-61108, Ukraine

The scheme of differential pumping was calculated to provide residual gas pressure decreasing from a linear accelerator 10^{-7} Torr to 10^{-9} Torr in a storage ring of X-ray source NESTOR. Such value of dynamic pressure of the residual gas in presence of electron beam and its synchrotron radiation provides value of beam lifetime of about 2 hours at the electron beam energy 250 MeV.

KEY WORDS: ultrahigh vacuum, life time of electron beam, electrons storage ring, without oil vacuum pumps, differential pumping.

В ННЦ ХФТИ розробтан и осуществляется проект генератора рентгеновского излучения на основе обратного комптоновского рассеяния лазерных фотонов на релятивистском электронном пучке с энергией электронов до 225 МэВ. При этом энергия комптоновских фотонов варьируется от 5 кэВ до 900 кэВ. Реализация данного проекта проходит при поддержке гранта НАТО “Наука за мир”.

Вакуумная система – одна из основных систем комплекса НЕСТОР. В настоящее время производится монтаж и наладка отдельных узлов и системы в целом.

Целью работы является определение количества откачных постов, скорости откачки каждого из них и выбор мест их установки на инжекционном канале.

ВЫБОР СХЕМЫ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

На рис. 1 приведена магнитная структура накопителя Н100-М 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 осями 79×27 мм², что ограничивает ее проводимость и делает нецелесообразным применение насосов с высоким быстродействием. Длина вакуумной системы накопителя $\sim 15,4$ м, инжекционного канала $\sim 5,6$ м. Откачка накопителя осуществляется 8 постами откачки I ÷ VIII, содержащими, в различных

комбинациях, триодные и диодные магниторазрядные насосы (МРН), насосы с распыляемым и нераспыляемым геттером, сублимационные насосы, турбомолекулярный насос.

Все средства откачки безмасляные.

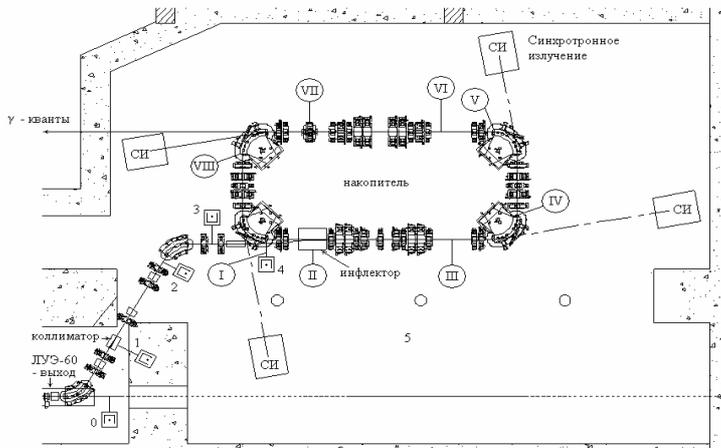


Рис.1. Магнитная структура накопителя и схема постов откачки

Состав каждого из 8 постов приведен в табл. 1.

Табл. 1. Средства откачки накопителя НЕСТОР

№ № постов	Средства откачки	Количество	Изготовитель	Скорость откачки, л/с	Предельное давление, Торр
I	Турбомолекулярный насос TPS - bench	1	VARIAN	250	$<10^{-9}$
I, V	Магниторазрядный триодный насос Vaclon Plus150 (МРН Vaclon)	2	VARIAN	150	$<10^{-9}$
I, V	Встроенная в МРН Vaclon криопанель с распыляемым геттером	2	VARIAN	515-по азоту, 1200-по водороду, 525-по воде	$<10^{-9}$
II, VII	Комбинированный МРН диодного типа с встроенным распыляемым геттером ПВИГ - 100	2	СССР	100-магниторазрядная часть, 300-геттерная часть	$<10^{-9}$
III, IV, VI, VIII	МРН диодного типа НМД - 0,16	4	СССР	150	$<10^{-9}$
I, IV, V, VIII	Насос на основе нераспыляемого геттера	4	SAES НИЦ ХФТИ [8]	300	$<10^{-9}$
1, 3, 4	МРН диодного типа НМД - 0,1 - 1	3	СССР	100	$<10^{-9}$
2	МРН диодного типа НМД - 0,25 - 1	1	СССР	250	$<10^{-9}$
	Всего насосов	19			

В районе откачных постов инжекционного канала и накопителя расположены средства измерения давления, анализа парциального состава остаточного газа, течеискания.

Для обеспечения перепада давления от ЛУЭ инжектора (10^{-7} Торр до накопителя 10^{-9} Торр) на инжекционном канале предусматривается установка трех постов откачки, четвертый работает одновременно в инжекционном канале и в накопителе. Все четыре поста откачки – магниторазрядные насосы. Для расчета степени понижения давления выбрана схема, приведенная на рис. 2.

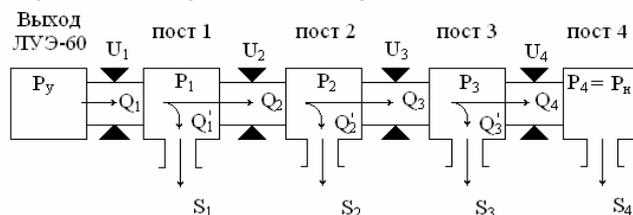


Рис. 2.Схема дифференциальной откачки канала инжекции.

$U_1 \div U_4$ – величины проводимости участков инжекционного канала; $P_1 \div P_4$ – величины давления; $Q_1 \div Q_4$, $Q'_1 \div Q'_3$ - газové потоки; $S_1 \div S_4$ - скорости откачки насосов.

Используя обозначения рис. 2, из уравнения потоков Q_i можно найти что:

$$P_1 = \frac{P_y \cdot U_1 + P_2 \cdot U_2}{S_1 + U_1 + U_2}, \quad (1)$$

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot U_2 + P_3 \cdot U_3}{S_2 + U_2 + U_3}, \quad (2)$$

$$P_3 = \frac{P_2 \cdot U_3 + P_n \cdot U_4}{S_1 + U_3 + U_4}, \quad (3)$$

$$P_4 = \frac{P_3 \cdot U_4}{S_4 + U_4}. \quad (4)$$

В табл. 2 приведены расчетные данные коэффициента понижения давления P_y / P_i в местах установки МРН 1 - 4 в двух режимах их работы: ненасыщенном (скорость откачки соответствует номинальной) и насыщенном (скорость откачки уменьшается при этом в 2 раза) [4].

Табл. 2. Коэффициент понижения давления P_y / P_i , начало отсчета - выход ЛУЭ инжектора

	$l_1=195$ см, пост 1	$l_2- l_1= 200$ см, пост 2	$l_3- l_2= 132$ см, пост 3	$l_4- l_3= 112$ см, пост 4
S_i , л/с	100	250	100	150
$1/2S_i$, л/с	50	125	50	75
U_i , л/с	4,37	5,29	7,85	9,15
$(P_y/P_i)_{S_i}$	25	1240	18500	318000
$(P_y/P_i)_{1/2S_i}$	13	353	2960	27300

Из табл. 2 видно, что в обоих случаях $P_y / P_i > 10^3$ и абсолютное значение давлений будет зависеть от степени «чистоты» вакуумных поверхностей и соединений.

При $U_i < S_i$ из (1)÷(4) можно приближенно получить:

$$\frac{P_y}{P_n} \approx \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4}{U_1 \cdot U_2 \cdot U_3 \cdot U_4} \quad (5)$$

или подставляя данные табл. 2,

$$\frac{P_y}{P_i} \Big|_{S_i} = 2,3 \times 10^5 \text{ (вместо } 3,1 \times 10^5), \quad \frac{P_y}{P_n} \Big|_{1/2 S_i} = 1,1 \times 10^5 \text{ (вместо } 2,7 \times 10^4).$$

В табл. 3. приведены данные исследования фирмы VARIAN [4] о сокращении в 2 раза через определенный промежуток времени скорости откачки МРН в зависимости от рабочего давления.

Табл. 3. Данные исследования фирмы VARIAN

P	мбар	$2,5 \times 10^{-6}$	5×10^{-8}	$1,5 \times 10^{-9}$	$1,1 \times 10^{-10}$	$1,1 \times 10^{-11}$
t $S_{i/2}$	сутки	0,04	1	30	364	3640

Видно, что при длительной непрерывной работе накопителя при давлении $\geq 10^{-9}$ Торр наиболее вероятно сокращение скорости откачки МРН в два раза по всему вакуумному тракту комплекса НЕСТОР.

ВЫВОДЫ

- Для обеспечения перепада давления остаточного газа не менее чем в 10^3 раз на инжекционном канале устанавливается три поста откачки с помощью магниторазрядных насосов;
- Показано, что в этом случае в любых режимах работы магниторазрядных насосов обеспечивается понижение давления остаточного газа в инжекционном канале не менее чем в 10^4 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Androsov V., Agafonov A., Botman I.I., et al. X-ray generator- based-on-Compton scattering // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 2005 – Vol.A 543 – P. 58-64.
- П.И. Гладких, В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелинский, И.М. Карнаухов, Н.И. Мочешников, А.О. Мьщыков. Зависимость времени жизни пучка электронов в накопителе НЕСТОР от давления остаточного газа // Вісник Харківського Національного Університету ім. В.Н. Каразіна, серія фізична: Ядра, частинки, поля. – 2007. - № 777, випуск 2 /34/. - С.79-83.
- 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 (41). - 2003, № (2). - P.126-130.
- Ion Pump Technical Notes. Varian, Inc. Vacuum Technologies. Product Catalog 2006. - P.140-151.