

ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАТОРА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕСТОР

*А.Н. Гордиенко, В.Г. Гревцев, И.М. Карнаухов, И.И. Карнаухов,
В.П. Козин, Н.И. Мочешников*

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

Описана конструкция сверхвысоковакуумной системы генератора рентгеновского излучения НЕСТОР с обоснованием выбора средств откачки для получения необходимого рабочего давления, обеспечивающего расчётное время жизни пучка электронов в накопителе Н-100М, требуемое для проведения конкретного эксперимента; разработана технология обработки вакуумных поверхностей деталей и узлов.

ВВЕДЕНИЕ

В накопителе электронов Н-100М [1] генератора рентгеновского излучения НЕСТОР [2], который построен в ННЦ ХФТИ для генерации интенсивного пучка гамма-квантов при обратном комптоновском рассеянии, время жизни циркулирующего пучка электронов при энергии 60 МэВ должно быть не менее 0,5 ч, а при энергии 250 МэВ – не менее 2 ч [3]. Для этого среднее динамическое давление в присутствии пучков электронов и синхротронного излучения должно быть не выше $5 \cdot 10^{-9}$ Торр, при этом в линейном ускорителе электронов-инжекторе (ЛУЭ) динамическое давление $\sim 10^{-7}$ Торр [3].

Цель работы заключается в том, чтобы правильно подобрать необходимые насосы и технологию подготовки узлов перед сборкой для обеспечения расчётного рабочего давления с оптимальным составом остаточного газа (отсутствием тяжёлых углеводородов), что определяет время жизни пучка в накопителе.

КОНСТРУКЦИЯ

Вакуумная система генератора НЕСТОР состоит из двух подсистем: вакуумной системы канала транспортировки (длиной $\sim 5,6$ м) и вакуумной системы накопителя электронов Н-100М (длиной $\sim 15,3$ м). Вакуумная система канала транспортировки предназначена для проводки пучка без потерь с выхода ЛУЭ-инжектора через магнитные элементы канала транспортировки, коллиматор, рассеянное поле первого магнита накопителя до инфлекторного устройства, а также для согласования рабочих давлений ЛУЭ-инжектора и накопителя с помощью трёхступенчатой системы дифференциальной откачки на канале транспортировки. В её состав входят два магниторазрядных насоса (МРН) диодного типа с быстродействием (100 и 250 л/с) и один МРН триодного типа на 150 л/с, что позволило понизить давление более чем в 10^3 раз.

На рисунке приведена схема расположения вакуумных постов откачки и элементов магнитной структуры генератора НЕСТОР.

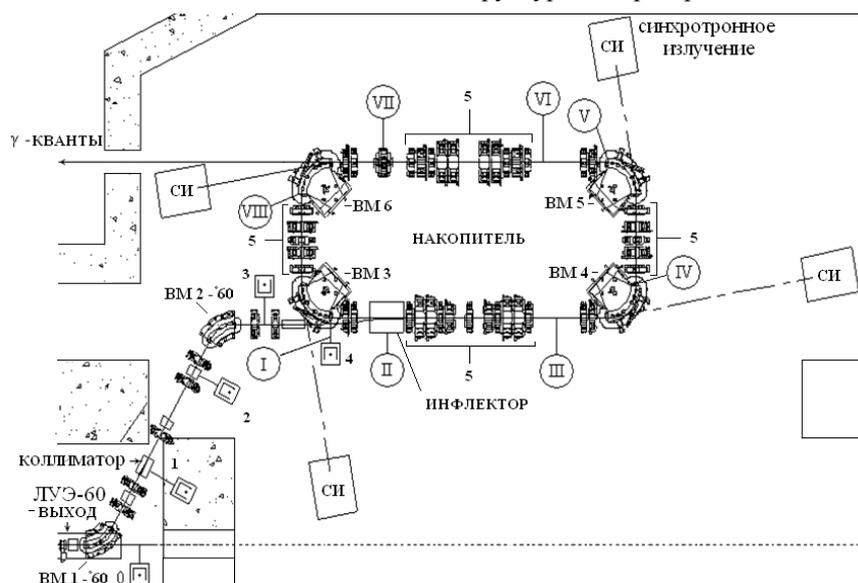


Схема расположения вакуумных постов откачки и элементов магнитной структуры генератора НЕСТОР:

1–4 – магниторазрядные насосы канала транспортировки; 5 – линзы: квадрупольные, секступольные, многополюсные; I–VIII – места установки постов откачки накопителя; ВМ 1, ВМ 2 – поворотные магниты канала транспортировки; ВМ 3–ВМ 6 – поворотные магниты накопителя

Из-за апертурных ограничений магнитных элементов вакуумная камера имеет эллиптическое сечение с осями 79×27 мм, что ограничивает ее проводимость и делает нецелесообразным применение насосов с высоким быстродействием. Откачка накопителя осуществляется восемью постами откачки (I–VIII), содержащими в различных комбинациях триодные и диодные МРН, насосы с распыляемым и нераспыляемым геттером, сублимационные и турбомолекулярный (ТМН) насосы. Все средства откачки безмасляные [4].

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

На выходе коллиматора установлен ручной сверхвысоковакуумный проходной клапан ДУ-40 фирмы VAC, который позволяет проводить пусконаладочные работы и автономную откачку вакуумной системы накопителя и ЛУЭ-инжектора независимо друг от друга.

Предельное давление каждого из используемых насосов $\sim 10^{-9}$ Торр, поэтому важными факторами обеспечения сверхвысокого вакуума в Н-100М являлось получение вакуумно-чистых внутренних поверхностей всех элементов и узлов вакуумной системы накопителя, уменьшение тепловой и стимулированной десорбции и натекания вследствие негерметичности соединений.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОГО ВАКУУМА

Обязательным условием получения вакуумно-чистых поверхностей является обработка вакуумных поверхностей деталей и узлов с соблюдением следующих технологических операций [5]:

- ультразвуковой мойки в щелочных растворах перед сборкой системы;
- прогрева вакуумных камер после сборки в течение ~ 48 ч до температуры $\sim 150 \dots 180$ °С с одновременной откачкой ТМН;
- очистки тлеющим разрядом в смеси аргона или гелия с добавкой кислорода [5].

Особенностью запуска МРН, находившихся длительное время в открытом состоянии (не под вакуумом), является их предварительный прогрев до температуры $150 \dots 180$ °С в течение $20 \dots 30$ ч с одновременной откачкой ТМН. Такая процедура гарантирует экономный запуск МРН с малыми разрядными токами, следовательно, с минимальным распылением титана. В процессе изготовления деталей вакуумной системы генератора НЕСТОР

отработана методика очистки и химического полирования медных вакуумных деталей инфлектора, изложенная в [6].

В результате выполнения указанных выше операций удалось понизить коэффициент удельного газовыделения до $\leq 2 \cdot 10^{-12}$ (Торр·л)/(с·см²).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первые эксперименты на пучке показали правильность расчёта и сборки вакуумной системы генератора рентгеновского излучения НЕСТОР. Пучок проведен через канал транспортировки, вакуумную камеру первого поворотного магнита накопителя, инфлектор и зарегистрирован на прямом выходе вакуумной камеры второго поворотного магнита. На следующем этапе предполагается замкнуть орбиту и начать режим накопления тока пучка. Для обеспечения безаварийной длительной (многосуточной) непрерывной работы генератора НЕСТОР разработана система автоматического отключения блоков питания насосов в случае разгерметизации вакуумной системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. V. Androsov, A. Agafonov, I.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. В.Г. Гревцев, А.Ю. Зелинский, И.И. Карнаухов и др. Разработка и исследование элементов вакуумной системы накопителя НЕСТОР // *ВАНТ. Серия «Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники»* (16). 2007, №4, с. 29-33.
3. 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.
4. А.Н. Гордиенко, В.Г. Гревцев, О.Д. Звонарева и др. Проблема получения и поддержания сверхвысокого вакуума в накопителе Н-100М – источнике комптоновского излучения НЕСТОР // *ВАНТ. Серия «Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники»*. 2009, №6, с. 56-59.
5. Б.Д. Ершов, Г.Л. Саксаганский, Л.В. Филиппова. *Вакуумные системы синхротронных ускорителей и ускорительно-накопительных комплексов*: Обзор ОА-49. Л.: НИИЭФА, 1982, 101 с.
6. Б.Д. Луфт, А.Л. Шустина. *Очистка деталей электронных приборов*. М.: «Энергия», 1968, с. 320.

Статья поступила в редакцию 18.12.2013 г.

ВАКУУМНА СИСТЕМА ГЕНЕРАТОРА РЕНТГЕНІВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ NESTOR

А.Н. Гордієнко, В.Г. Гревцев, І.М. Карнаухов, І.І. Карнаухов, В.П. Козін, М.І. Мочешніков

Описана конструкція надвисоковакуумної системи з обґрунтуванням вибору засобів відкачування для отримання необхідного робочого тиску, який забезпечує розрахунковий час життя пучка електронів у накопичувачі Н-100М, необхідний для проведення конкретного експерименту; розроблена технологія обробки вакуумних поверхонь деталей і вузлів.

VACUUM SYSTEM OF NESTOR X-RAY RADIATION GENERATOR

A.N. Gordienko, V.G. Grevtsev, I.M. Karnaukhov, I.I. Karnaukhov, V.P. Kozin, N.I. Mocheshnikov

The structure of NESTOR ultra-high vacuum system is described with a justification of choice of pumping techniques to obtain the required operating pressure, which provides the estimated lifetime of the electron beam in a storage ring N-100M required for the particular experiment. A technology for treatment of vacuum surfaces of parts and joints is developed.