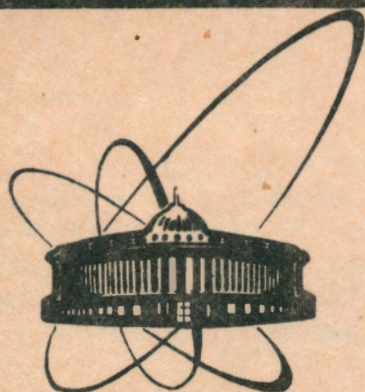


91-355



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P9-91-355

**Б.В.Василишин, И.И.Куликов, А.Н.Паженцев,
А.И.Пикин**

**КРИОГЕННЫЙ ВАКУУМНЫЙ НАСОС
ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ**

1991

1. Введение

Цель работы - обеспечение безмасляной откачки линейного ускорителя ЛУ-20. Решение этой задачи позволяет повысить электрическую прочность зазоров между дрейфовыми трубками ускорителя и тем самым дает возможность увеличить ускоряющее напряжение. Учитывая, что ЛУ-20 - инжектор синхрофазотрона, который в настоящее время является релятивистским ускорителем ядер, становится понятным, что решение задачи безмасляной откачки будет способствовать продвижению по массе ускоряемых ядер и увеличению интенсивности пучков.

2. Физические основы работы крионасоса

До последнего времени линейный ускоритель ЛУ-20 откачивался двенадцатью паромасляными агрегатами ВА-5 с номинальной скоростью откачки каждого агрегата $5 \cdot 10^3$ л/с до предельного давления $5 \cdot 10^{-7}$ Тор.

Очевидно, задачу обеспечения безмасляной откачки можно решить с помощью заливного гелиевого крионасоса^{1/}. Однако в реальных условиях ЛУ-20 при давлении $5 \cdot 10^{-7}$ Тор уже через 1000 часов криопанель покроеется криоосадком азота толщиной около 0.1 мм, который обеспечит степень черноты $\epsilon = 0.25^{2/}$, в десятки раз превышающую степень черноты чистой полированной поверхности. Увеличение "черноты" криоповерхности ведет к увеличению расхода жидкого гелия и тем самым ухудшает эксплуатационные характеристики крионасоса.

В таблице 1 приведен состав остаточного газа в вакуумном объеме ЛУ-20.

Таблица 1

компонента остаточного газа	H ₂ O	N ₂	O ₂	CO ₂	A	H ₂	C _n H _m
относительное содержание	44	18.3	5	3.1	1.2	0.4	26

Анализ этой таблицы показывает, что для конденсации всех компонентов остаточного газа, кроме водорода, достаточно иметь температуру криопанели около 20-25 К, поскольку этой температуре соответствует давление насыщающих паров указанных компонентов не выше $1 \cdot 10^{-10}$ Тор, что значительно ниже требуемого для ЛУ-20. Очевидно, что энергетически выгоднее использовать криопанель с температурой 20-25 К, чем с температурой 4.2К. При наличии охладителя гелия температуру 20-25 К можно получить, используя холодный газообразный гелий, образующийся в результате испарения жидкого гелия. Такие насосы называются насосами испарительного типа, и их теория достаточно хорошо разработана Г. Клипингом^{3/}. Поскольку энтальпия газообразного гелия в температурном интервале 4.2-25 К в 5.7 раза больше, чем температура испарения жидкого гелия, насос испарительного типа должен потреблять в 5.7 раза меньше жидкого гелия, чем заливной криогенный насос той же производительности с криопанелью, охлаждаемой жидким гелием.

3. Схема и конструкция крионасоса

Схема крионасоса представлена на рисунке. Криопанель (1) представляет собой трубку из нержавеющей стали диаметром 12 мм, толщиной 1 мм и длиной 30 м. Эта трубка согнута, как показано на рисунке, так, что площадь ее фронтальной проекции составляет 50% площади описанного прямоугольника. Криопанель окружена радиационным экраном (2), охлаждаемым проточным двухфазным азотом. С одной стороны экран имеет шевронную структуру с проводимостью $2 \cdot 10^4$ л/с.

Холодный газообразный гелий поступает в криопанель из емкости (3) объемом 250 л. Эта емкость находится в том же вакуумном объеме, что и криопанель. Она установлена на месте одного из вакуумных агрегатов и периодически, по мере опорожнения, заполняется жидким гелием из транспортного сосуда Дьюара.

С выхода криопанели гелий поступает в трубку охлаждения внутреннего радиационного экрана (4) с температурой 50К. Внешний радиационный экран (5) емкости охлаждается жидким азотом, который поступает из танка, поэтому имеет температуру 80К. Расход жидкого азота регулируется величиной давления в танке.

Очевидно, что массовый расход гелия через криопанель

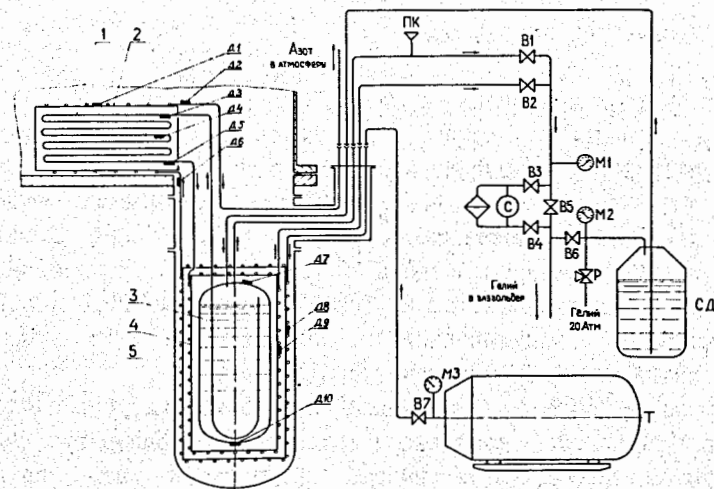


Схема криогенного вакуумного насоса с криопанелью, охлаждаемой газообразным гелием.

1 - криопанель, 2 - тепловой экран, 3 - емкость для жидкого гелия, 4 - внутренний экран, охлаждаемый газообразным гелием, 5 - внешний экран, охлаждаемый жидким азотом, Д1-Д10 - температурные датчики, СД - сосуд Дьюара, Т - танк для жидкого азота, В1-В7 - вентили, М1-М3 - манометры, ПК - предохранительный клапан, Р - редуктор, С - счетчик.

определяется величиной теплопритока к емкости с жидким гелием. Для получения скорости откачки крионасоса, равной проводимости шевронного экрана, необходимо, чтобы температура гелия на выходе криопанели не превышала 25К. Если расход гелия будет меньше, чем необходимо для обеспечения этого условия, скорость откачки крионасоса будет меньше номинальной, но крионасос не перестанет работать. В этом случае возможно поднять скорость откачки, применяя искусственный подогрев емкости. Скорость откачки является примерно пропорциональной функцией величины теплопритока к жидкому гелию.

4. Контроль параметров крионасоса

Система контроля выполнена на базе ЭВМ МЕРА-60 и электронной аппаратуры в стандарте КАМАК, подключенной к ЭВМ через крейт-контроллер 106В. В круг решаемых с помощью системы задач входит измерение температуры в диапазоне 4.2-300 К в десяти точках по методу ^{4/}, аналогично тому, как делалось на системе криогенной откачки синхрофазотрона ^{5/}. Кроме того, измеряется давление в танке с жидким азотом и расход гелия через криопанель с помощью дифманометра, подключенного к диафрагме, или с помощью модифицированного нами газового счетчика ГСБ-400.

Программное обеспечение, созданное на языке макроассемблер, включает подпрограмму измерения, расчета температур по аппроксимирующим полиномам и вывод результатов на цветной телемонитор или печатающее устройство.

5. Характеристики крионасоса

Номинальная скорость откачки крионасоса (расчетная) - $2 \cdot 10^4$ л/с. Объем емкости с жидким гелием - 250 л. Теплоприток к емкости с жидким гелием (измеренный) - 0.15 Вт. Расход жидкого гелия (измеренный) - 0.2 л/час. Теплоприток к емкости с жидким гелием, необходимый для обеспечения номинальной скорости откачки $2 \cdot 10^4$ л/с (расчетный), - 0.4 Вт. Расход жидкого азота (измеренный) - 13 л/час. В ходе испытаний при охлаждении насоса вакуум в камере ЛУ-20 улучшился с $2.5 \cdot 10^{-6}$ Торр до $6 \cdot 10^{-7}$ Торр. Время, необходимое для охлаждения и заполнения емкости жидким гелием, составило 2 часа. В настоящее время насос постоянно эксплуатируется на ЛУ-20.

Литература

1. Ларин М. П., Гаевский В. В. Вопросы атомной науки и техники. Сер. : Физика и техника высокого вакуума. Вып. 2(8), стр. 47-52, 1977.
2. Р.Хэфер. Криовакуумная техника. Москва. Энергоатомиздат, 1983.
3. Klipping G. Cryogenics, 13, p. 197, 1973.
4. Дацков В. И. и др. ОИЯИ, 10-81-200, Дубна, 1981.
5. Василишин Б. В. и др. ОИЯИ, 9-84-281, Дубна, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 июля 1991 года.

Василишин Б.В. и др.
Криогенный вакуумный насос
для линейного ускорителя

P9-91-355

В работе описано обеспечение безмасляной откачки линейного ускорителя ЛУ-20 - инжектора синхрофазотрона. Откачка осуществляется крионасосом, состоящим из криопанели, окруженной радиационным экраном. Криопанель охлаждается газообразным гелием с температурой около 25 К, а радиационный экран - проточным двухфазным азотом. Скорость откачки составляет $2 \cdot 10^4$ л/с, расход жидкого гелия - 0,2 л/ч, расход жидкого азота - 13 л/ч. Система контроля параметров крионасоса выполнена на базе ЭВМ МЕРА-60 и электроники в стандарте КАМАК. Крионасос позволил улучшить вакуум с $2,5 \cdot 10^{-6}$ Торр до $6 \cdot 10^{-7}$ Торр.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1991

Перевод авторов

Vasilishin B.V. et al.
A Cryogenic Vacuum Pump for the
Linear Accelerator

P9-91-355

The oilless pumping of Linac LU-20 (Synchrophasotron injector) is described. The vacuum pumping is provided with the cryopump that includes a cryopanel inside the radiation shield. The cryopanel is cooled with gaseous Helium with temperature about 25 K, the radiation shield is cooled with two-phase Nitrogen mixture. The pumping speed is $2 \cdot 10^4$ l/sec, liquid Helium consumption is 0.2 l/hour, liquid Nitrogen consumption is 13 l/hour. Data acquisition and processing system is based on the МЕРА-60 computer and the electronics of CAMAC standard. The cryopump improved vacuum in Linac to $6 \cdot 10^{-7}$ Torr (the initial vacuum was $2.5 \cdot 10^{-6}$ Torr).

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.
Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1991