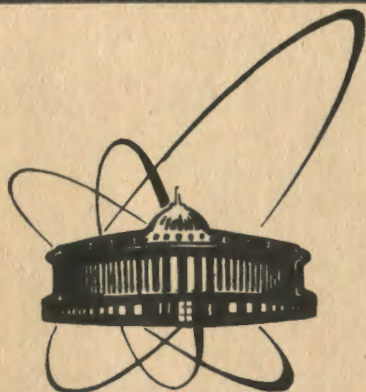


90-481



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P8-90-481

Н.Н.Агапов, В.И.Липченко, В.Л.Мазарский,  
Л.Г.Макаров, А.К.Суханова

СИСТЕМА КРИОГЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
НУКЛОТРОНА - СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО УСКОРИТЕЛЯ  
РЕЛЯТИВИСТСКИХ ЯДЕР

ОИЯИ  
БИБЛИОТЕКА

1990

В ЛВЭ ОИЯИ создается сверхпроводящий ускоритель релятивистских ядер — нуклотрон<sup>1,2</sup>. Один из его важнейших комплексов — система криогенного обеспечения, предназначенная для охлаждения сверхпроводящих магнитов кольца ускорителя до температуры жидкого гелия.

Принципиальная схема криогенной гелиевой системы нуклотрона показана на рис.1.

В основу криогенной системы положены три агрегата охлаждения КГУ-1600/4,5, каждый из которых состоит из трех газовых турбодетандеров Т1, Т2, Т3, ванны жидкого азота, двух- и трех-поточных теплообменников, парожидкостного турбодетандера ПЖ и сборника жидкого гелия емкостью около 1000 л<sup>3,4</sup>. При этом холодопроизводительность одной установки составляет 1700 Вт. Сжатый гелий после компрессоров, пройдя очистку от масла и влаги, на входе в агрегат охлаждения соответствующей установки КГУ-1600/4,5 разделяется на две части, одна из которых — турбодетандерный поток — проходит вентиль В7 и расширяется последовательно в трех турбодетандерах с 2,5 МПа до 0,13 МПа. Оптимальные температуры на входе сжатого гелия в турбодетандеры составляют 150 К, 50 К и 19 К. Основной поток подается вентилем В6. Он охлаждается за счет теплообмена с обратным потоком гелия до температуры 5,5÷7,5 К и расширяется в парожидкостном детандере с давления 2,5 МПа до 0,17 МПа. В дальнейшем одна часть основного потока отводится в сборник жидкого гелия вентилем В4, а другая часть вентилем В2 подается по теплоизолированному трубопроводу в промежуточный сепаратор 11, после охлаждения в котором направляется в коллектор прямого потока полукольца 12 криостатной системы нуклотрона.

Каждая из двух установок КГУ-1600/4,5 подключена к своему полукольцу. Третья установка — резервная. Она предназначена для работы в оживительном режиме с подачей жидкого гелия вентилем В3 по теплоизолированному трубопроводу в любую из установок, подключенных на полукольцо ускорителя. В настоящее время проведен монтаж и криогенные испытания двух установок, третья установка находится в стадии монтажа.

В криогенной системе нуклотрона задействованы компрессоры различных типов и модификаций. Основой системы компримирования

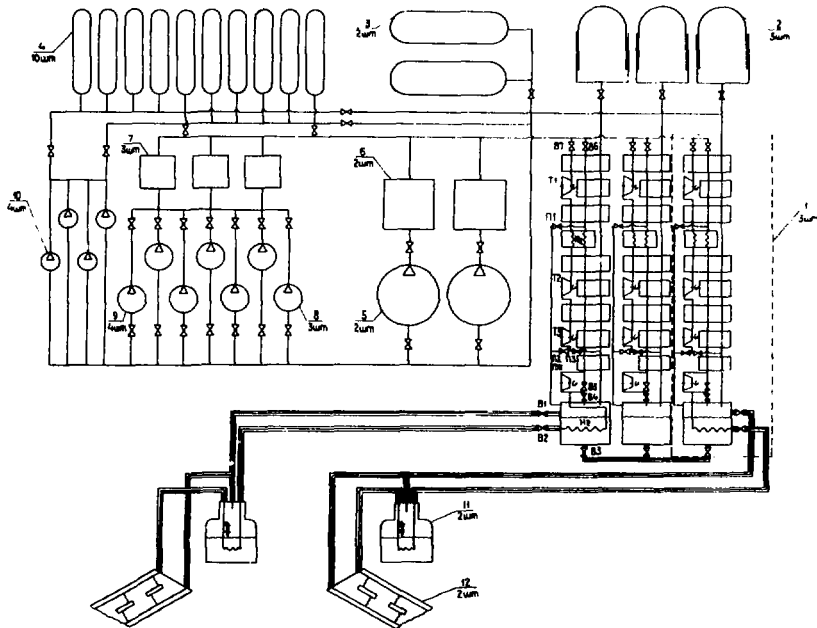


Рис.1. Принципиальная схема криогенной гелиевой системы нуклотрона.  
 1 — криогенные гелиевые установки КГУ-1600/4,5; 2 — газгольдеры емкостью 20 м<sup>3</sup>; 3 — ресиверы емкостью 100 м<sup>3</sup>; 4 — ресиверы емкостью 20 м<sup>3</sup>; 5 — винтовые компрессорные агрегаты "Каскад-80/25"; 6 — блоки маслоочистки МО-800; 7 — цеолитовые блоки осушки; 8 — поршневые компрессоры 305НП-20/30; 9 — поршневые компрессоры 2ГМ-20/31; 10 — поршневые компрессоры ИВУВ-45/150; 11 — сепараторы жидкого гелия; 12 — магнетокриостатные кольца нуклотрона.

является винтовой компрессорный агрегат (поз.5) "Каскад-80/25". Для ступенчатого регулирования количества сжатого гелия и резервирования используются поршневые компрессоры на сравнительно меньшую производительность: 305 НП-20/30 и 2ГМ4-12/31 (поз.8 и 9). Закачка гелия в ресиверы осуществляется поршневыми компрессорами ИВУВ-45/150 (поз.10), способными работать при более высоком давлении на нагнетании. Основные технические характеристики компрессоров даны в таблице.

Таблица. Основные технические характеристики компрессоров для сжатия гелия

1. Тип компрессора	Каскад-80/25	305НП-20/30	2ГМ4-12/31	ИВУВ-45/150
2. Количество	2*	3	4	4
3. Принцип действия	винтовой	поршневой	поршневой	поршневой
4. Производительность (при условиях всасывания), м <sup>3</sup> /ч	5040	1200	900	45
5. Давление на нагнетании, кг/см <sup>2</sup>	25	30	31	150
6. Установленная мощность электродвигателя, кВт	2Х630	200	160	22
7. Напряжение электродвигателя, В	6000	380	380	380
8. Число ступеней сжатия	2	3	3	3
9. Число оборотов компрессора, об/мин	2970	500	740	620
10. Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	60	15	7,2	1,5

\*Второй агрегат "Каскад-80/25" будет установлен после наладки его серийного производства.

К настоящему времени на криогенной системе нуклотрона установлен только один винтовой компрессорный агрегат "Каскад-80/25". Он является головным образцом такой машины. Закончены ее всесторонние испытания<sup>15</sup>, и планируется серийный выпуск, после чего предполагается смонтировать еще одну такую машину.

Суммарная производительность компрессоров, расположенных в машзале нуклотрона, расход электроэнергии и охлаждающей воды при использовании одного агрегата "Каскад-80/25" составляют соответственно 12240  $\text{м}^3/\text{ч}$ , 2600 кВт и 155  $\text{м}^3/\text{ч}$ . После того как будет задействован второй агрегат, показатели достигнут величин 17280  $\text{м}^3/\text{ч}$ , 3850 кВт и 215  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

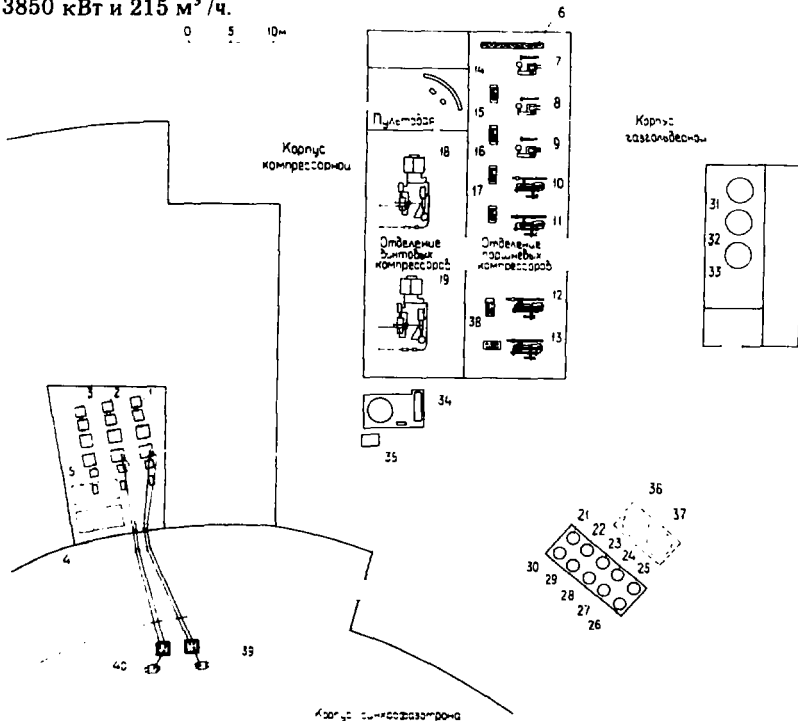


Рис.2. План размещения основного оборудования криогенной системы нуклотрона. 1,2,3 — криогенные гелиевые установки КГУ-1600/4,5; 4,5 — блоки маслоочистки МО-800; 6 — силовые электротехнические шкафы; 7,8,9 — поршневые компрессоры 30БНП-20/30; 10,11,12,13 — поршневые компрессоры (ГМ-12/31; 14,14,16,17 — закачные поршневые компрессоры ИВУВ-45/150; 18,19,20 — винтовые компрессорные агрегаты "Каскад-80/25"; 21-30 — ресиверы для хранения сжатого газа ( $10 \times 20 \text{ м}^3 \times 30 \text{ атм}$ ); 31,32,33 — газохранилища емкостью 20  $\text{м}^3$ ; 34 — резервуар для хранения жидкого азота (60  $\text{м}^3$ ); 35 — танк жидкого азота ТРЖК; 36,37 — ресиверы на обратном потоке ( $2 \times 100 \text{ м}^3$ ); 38 — насосы для подачи охлаждающей воды; 39,40 — сепараторы жидкого гелия.

Каждый из винтовых компрессорных агрегатов "Каскад-80/25" снабжен системой очистки от масла и влаги, основным элементом которой является блок МО-800 (поз.6). Окончательная очистка от паров масла осуществляется в этом блоке посредством двух угольных адсорберов, каждый из которых рассчитан на длительность работы 2500 часов. По истечении указанного времени адсорберы переключаются, и пришедший в негодность уголь заменяется новым. Очистка от влаги осуществляется в двух цеолитовых адсорберах блока МО-800. Каждый из них рассчитан на работу в течение 10 суток, а затем регенерируется.

Очистка от влаги сжатого гелия, получаемого от поршневых компрессоров, осуществляется в трех параллельно включенных блоках осушки 7, каждый производительностью 1200 нм<sup>3</sup>/ч.

Система хранения рассчитана на 6000 нм<sup>3</sup>. Она состоит из 10 ресиверов (поз.4) емкостью 20 куб.м и рабочим давлением 3,0 МПа. Кроме того, имеется три масляных газгольдера (поз.2) объемом по 20 куб.м. Они предназначены для поддержания минимального избыточного давления гелия в обратном потоке во время между сеансами работы системы, а также для проверки герметичности каждого из компрессоров в отдельности по окончании ремонтов.

Основная схема работы — безгазгольдерная. Для ее осуществления к обратному потоку подсоединены два ресивера (поз.3) емкостью по 100 куб.м.



Рис.3. Общий вид двух установок КГУ-1600/4,5 в корп.1Б синхрофазотрона.



Рис.4. Компрессорная нуклотрона. а) зал поршневых компрессоров; б) винтовой компрессорный агрегат "Каскад-80/25".

На рис.2 показан план размещения оборудования системы криогенного обеспечения нуклотрона. Машины и аппараты располагаются в трех корпусах: корпусе 1Б синхрофазотрона на имевшихся уже площадях и двух новых, специально отстроенных — корпусе компрессорной и корпусе газгольдерной. Новые корпуса имеют также бытовые помещения для обслуживающего персонала, складские помещения и мастерские. Часть оборудования расположена на прилегающей к корпусам территории. В частности, вблизи корпуса компрессорной располагается система хранения и раздачи жидкого азота (поз.34 и 35). Неподалеку установлены ресиверы (по.21÷30) для хранения газообразного гелия. Здесь же предполагается разместить ресиверы (поз36 и 37) на обратном потоке. На рис.3 и 4 показаны общие виды некоторых элементов системы криогенного обеспечения нуклотрона.

### Литература

1. Балдин А.М. и др. — В кн.: Труды IV Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. М.: Наука, 1975, т. II, с.4.
2. Baldin A.M. et al. — IEEE Trans. Nucl. Sci., 1983, Vol.NS-30, p.3247.
3. Пронько В.Г. и др. — ОИЯИ, P18-12147, Дубна, 1979, с.347
4. Давыдов А.Б. и др. — Хим. и нефт. маш., № 4, 1989, с.23. ОИЯИ, 8-86-711, Дубна, 1986.
5. Агапов Н.Н. и др. — ОИЯИ, 8-90-304, Дубна, 1990.

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 октября 1990 года.