

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

A484

8-87-658

Ю.Г.Аленицкий, А.П.Буздавин, А.Т.Василенко,
Н.Л.Заплатин, С.В.Миронов, В.И.Пряничников,
Ю.А.Сорокина, В.И.Суханов

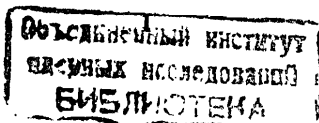
**СИСТЕМА КРИОГЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО МАГНИТА
ДЕЙТРОННОГО ЦИКЛОТРОНА ДЦ-1**

1987

Разработка и создание сверхпроводящего магнита (СПМ) дейтронного циклотрона ДЦ-1 является первым этапом реализации проекта дейтронного циклотронного комплекса на энергию до 2000 МэВ /1/.

Система криогенного обеспечения (СКО) предназначена для захлаживания, криостатирования и отогрева сверхпроводящей магнитной системы (СМС) СПМ. Ранее были опубликованы итоги анализа различных СКО для этих целей /2/. В настоящей работе изложены результаты разработки выбранной СКО, выполненной по двухконтурной схеме с использованием сателлитного рефрижератора, которая создается в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Применяемые в последние годы системы такого типа успешно зарекомендовали себя и проектируются новые /3-9/. Основным их преимуществом по сравнению с другими циркуляционными СКО является высокая надежность, что особенно важно при эксплуатации ускорителей. Кроме того, они просты в обслуживании, перспективны для автоматизации, позволяют легко переходить с одного режима на другой.

На рис.1 представлена принципиальная схема СКО. СКО состоит из следующих основных частей: серийно выпускаемого ожижителя-рефрижератора КГУ 150/4,5 с производительностью 40 л/час жидкого гелия или 150 Вт на температурном уровне 4,5 К - КГУ (1), сателлитного рефрижератора (4), криостата СПМ (5), двух 500-литровых емкостей ЦТГ 0,5/0,7 для жидкого гелия - ЦТГ (2,3), азотных танков ЦТК 0,5/0,25, ЦТК 5/0,25, ЦТК 8/0,25 емкостью 0,5 м³, 5 м³ и 8 м³ - ЦТК (соответственно 13,14,15), газохранилища вместимостью 1200 м³ гелия (при нормальных условиях) (20), системы контроля параметров СКО (21 на рис.2),



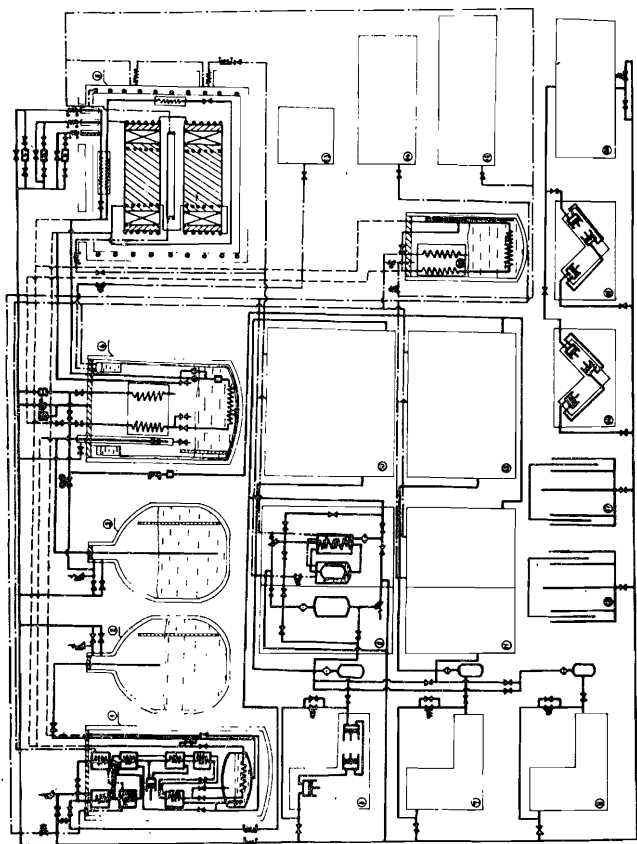


Рис. 1. Принципиальная схема системы криогенного обеспечения сверхпроводящего магнита детекторного спектрометра ДС-1.

блока предварительного захлаживания (22). КГУ модернизирована в соответствии с условиями ее эксплуатации в составе СКО: дополнена еще одной системой очистки гелия от примесей для обеспечения непрерывной работы в течение подготовки и проведения экспериментов с СПМ, обеспечена возможность слива и подачи жидкого гелия из сборника КГУ через один из рефрижераторных вводов в криостат холодного блока сателлита, что позволяет в режиме подпитки холодного блока сателлита жидким гелием непосредственно от КГУ вести, при необходимости, слив части производимого КГУ жидкого гелия в ЦТГ. В состав сателлитного рефрижератора входят компрессор, две системы очистки гелия, холодный блок и емкость для жидкого гелия. Компрессоры КГУ и сателлита, однотипные поршневые с давлением выхода 3 МПа и производительностью $360 \text{ м}^3/\text{час}$ (302 ГП 6/30), объединены в единую компрессорную станцию. Из-за относительно низких ресурса безостановочной работы и надежности компрессоров в состав компрессорной станции включен резервный компрессор. Система очистки гелия сателлита однотипна с системой очистки гелия КГУ. Однотипность компрессоров и систем очистки КГУ и сателлита обеспечивает удобство при их ремонте и эксплуатации.

В период криостатирования СКО работает следующим образом. Охлаждение плотной сверхпроводящей обмотки осуществляется косвенным образом с помощью двухфазного гелия, поступающего в криостат СПМ из холодного блока сателлита. В криостате СПМ поток двухфазного гелия разделяется на две части, одна из которых дросселируется и направляется в теплообменник переохлаждения, а затем на охлаждение тоководов. Другая часть потока гелия, пройдя теплообменник переохлаждения, вновь разделяется и

поступает в каналы охлаждения сверхпроводящей обмотки и комплекса токовых присоединений сверхпроводниковых кабелей (комплекса ТПСИ). Такая схема распределения гелия обеспечивает возможность автономного, в определенной степени, регулирования в широком диапазоне массовых расходов гелия в криостатируемых элементах СИМ с различной тепловой нагрузкой — сверхпроводящей обмотке, комплексе ТПСИ, токовводах. Другим ее преимуществом является обеспечение более низких массовых расходов гелия или более низкого массового паросодержания потока гелия на выходе из охлаждающих каналов благодаря переохлаждению гелия на входе в них. За счет этого уменьшаются гидравлические потери в каналах охлаждения сверхпроводящей обмотки и комплекса ТПСИ и обеспечивается большая гидродинамическая устойчивость двухфазного потока гелия, кроме того, исключается возможность неравномерного распределения паровой фазы по каналам при разделении потока гелия. На основании выполненных расчетов по выбору оптимальной геометрии охлаждающих каналов сверхпроводящей обмотки был выбран один протяженный канал, что позволяет избежать известных трудностей при распределении гелия по параллельным каналам и повысить теплогидравлическую устойчивость системы /II/, и в качестве канала — медная трубка с внутренним диаметром 10 мм, расположенная таким образом, что экранирует сверхпроводящую обмотку от внешних теплопритоков, обеспечивает равномерное захлаживание охлаждаемой до гелиевых температур массы и малые значения градиентов температур в секциях сверхпроводящей обмотки (см. рис. I). Общая протяженность охлаждающих каналов ~ 150 м.

Холодный блок сателлита представляет собой серийный криостат типа КГ 300/700 с внутренним диаметром 700 мм с размещенными в нем теплообменником, конденсатором-переохладителем, арматурой, средствами измерения параметров, запасом жидкого гелия (~ 200 л). Выбрана дроссельная схема сателлитного рефрижератора как наиболее надежная и простая, причем с одним дроссельным вентиляем. Введение промежуточного дросселирования должно давать определенное снижение затрат жидкого гелия и сжатого газа /15/, однако в настоящее время точность расчета теплообменников сателлита невысока /16/ и в результате промежуточный дроссельный вентиль оказывается включенным на нерасчетном температурном уровне, что уменьшает преимущества схемы с двумя дроссельными вентилями по сравнению с однодроссельной схемой и делает сравнимой их термодинамическую эффективность. Оптимальное давление перед дроссельным вентиляем выбрано с целью минимизации затрат жидкого гелия на подлив в криостат сателлита и согласно /10/ составляет 2 МПа. Давление в криостате холодного блока сателлита — 0,12 МПа, в линии газгольдеров — 0,103 МПа. На магистрали подачи жидкого гелия от сателлита к криостату СИМ предусмотрен фильтр для захвата твердых частиц и перепускной клапан на случай забивки фильтра во время эксперимента. В рабочем режиме сателлит должен снимать с криостатируемой СМС СИМ и криогенных гелиевых магистралей между криостатом СИМ и холодным блоком сателлита тепловую нагрузку 20–30 Вт, а в форсированном режиме обеспечивать холодопроизводительность ~ 100 Вт.

В таблице I приведены расчетные значения основных криогенных параметров и тепловых нагрузок на гелиевом ($T = 4,5$ К) тем-

Таблица 1. Основные криогенные параметры и тепловые нагрузки на гелиевом ($T = 4,5 \text{ K}$) температурном уровне для сверхпроводящей магнитной системы СММ

Рабочая температура сверхпроводящей обмотки СММ	К	4,5-4,8
Площадь поверхностей, имеющих гелиевую температуру	м^2	8
Масса, охлаждаемая до гелиевых температур	кг	$\sim 7 \times 10^3$
Стационарный теплоприток к СМС	Вт	13,4
в том числе: остаточными газами		1,6
излучением		5,6
по тепловым мостам		3,0
по тоководам		2,5
тепловыделения в спаях сверхпроводниковых кабелей		0,7

пературном уровне для СМС СММ. С учетом теплопритоков к криогенным гелиевым магистралям между холодным блоком сателлита и криостатом СММ ($\sim 5 \text{ Вт}$) и к криогенной управляющей арматуре, находящейся внутри криостата СММ ($\sim 2 \text{ Вт}$), внешняя тепловая нагрузка на сателлит составит немногим более 20 Вт . Однако, как показывает опыт, при длительной эксплуатации подобных систем /12,13/ теплопритоки к холодным поверхностям со временем значительно возрастают в связи с ростом степени черноты этих поверхностей из-за конденсации на них остаточных газов и постепенного ухудшения изоляционного вакуума. Поэтому внешняя тепловая нагрузка на сателлит в рабочем режиме может достигать

$\sim 30 \text{ Вт}$. В соответствии с /10/ и с учетом теплообмена в теплообменнике переохлаждения, а также гидравлического сопротивления охлаждающих каналов СМС были определены расходные характеристики гелия для различных режимов криостатирования СМС: без переохлаждения потока гелия на входе в каналы сверхпроводящей обмотки и комплекса ТПСИ и с переохлаждением потока гелия (для снижения расхода гелия или уменьшения паросодержания потока гелия на выходе из охлаждающих каналов) при различных тепловых нагрузках. Результаты расчетов для тепловых нагрузок 20 Вт и 30 Вт приведены в таблице 2.

Таблица 2. Расходные характеристики гелия для различных режимов криостатирования СМС СММ

Расход гелия, $\times 10^{-3}$ кг/с	Тепловая нагрузка на сателлит			
	$Q = 20 \text{ Вт}$		$Q = 30 \text{ Вт}$	
	без переохлаждения гелия на входе	с переохлаждением гелия на входе	без переохлаждения гелия на входе	с переохлаждением гелия на входе
высокого давления через теплообменники сателлита	2,1	2,1	3,1	3,1
на охлаждение тоководов	0,18	0,33	0,38	0,58
на подливку в криостат сателлита	0,31	0,46	0,58	0,78

Из таблицы видно, что при росте тепловой нагрузки существенно возрастает расход гелия, направляемого через теплообменник переохлаждения на тоководы и, соответственно, на подливку в

криостат спутника. КГУ имеет производительность 1,32 г/с жидкого гелия и с учетом испаряемости жидкого гелия в криостате холодного блока спутника (0,14 г/с) и в ЦТГ (0,007 г/с), а также потерь жидкого гелия при переливе в ЦТГ и из ЦТГ в криостат холодного блока спутника обеспечивает эти расходы с запасом.

Подпитка жидким гелием спутника осуществляется от ЦТГ или непосредственно от КГУ, работающей в ожигательном режиме, при этом предусмотрена система продувки переливного сифона в режиме периодических подпиток. В первом случае из КГУ слив жидкого гелия ведется в ЦТГ, которая после заполнения транспортируется к холодному блоку спутника и подключается к нему. Во втором случае слив жидкого гелия ведется из сборника КГУ непосредственно в криостат спутника, а обе ЦТГ могут быть заполнены от более мощного ожигателя, после чего КГУ можно вывести из режима ожигения на время, необходимое для проведения на ней профилактических работ. Запас жидкого гелия в одной ЦТГ и в криостате холодного блока спутника может обеспечить в случае выхода из строя КГУ автономную работу спутника в течение ≈ 20 часов. Возможен режим криостатирования СМС с помощью только КГУ, работающей в комбинированном, т.е. ожигательно-рефрижераторном, режиме. При этом гелий подается от холодного блока КГУ сразу в криостат СМС. Специальные газгольдеры для приема газообразного гелия при кванче не предусмотрены, так как количество жидкого гелия, содержащегося в охлаждающих каналах СМС в режиме криостатирования, невелико (~ 6 л) и весь испарившийся гелий будет принят в газгольдеры рефрижераторов, которые в рабочем режиме заполнены частично, и в криостат холодного блока спутника за счет повышения в нем давления.

Захлаживание СМС СПМ до рабочей температуры будет проводиться в три этапа. Вначале — до ~ 80 К с помощью блока предварительного захлаживания, представляющего собой криостат с размещенными в нем теплообменником предварительного охлаждения и змеевиком в ванне с жидким азотом, предназначенными для охлаждения гелия высокого давления, поступающего от системы очистки гелия спутника. Блок захлаживания позволяет инжектировать в каналы охлаждения СМС газообразный гелий с любой температурой в интервале от 300 К до 80 К благодаря смешению охлажденного и теплого потоков гелия, что позволит оптимизировать темп захлаживания с учетом возникающих при захлаживании термомеханических напряжений. Захлаживание азотных экранов СПМ производится одновременно с захлаживанием СМС с помощью азота, поступающего от ЦТК 8/0,25. Затем СМС захлаживается до ~ 10 К с помощью КГУ, работающей в режиме захлаживания, т.е. с отключенной дроссельной ступенью. При этом максимально форсируется работа детандера КГУ за счет переброса части сжатого гелия, производимого компрессором спутника, в холодный блок КГУ. И на последнем этапе происходит захлаживание СМС от спутника, работающего в форсированном режиме за счет заранее запасенного жидкого гелия или с непосредственной подпиткой жидким гелием от КГУ. Возможно также проведение захлаживания СМС от 80 К до рабочей температуры только с помощью КГУ. Масса конструкции, захлаживаемых до гелиевых температур, составляет около 7 тонн. Суммарное время захлаживания, рассчитанное в соответствии с методикой, изложенной в ^{14/}, и опытом захлаживания подобных сверхпроводящих устройств, составит ~ 7 суток (110 часов до 85 К). Отогрев СМС и СКО до комнатной темпера-

туры производится с помощью циркуляции гелия, подогретого специальными нагревателями, расположенными на трубопроводах высокого давления. Возможен поэлементный обогрев каждой из основных холодных частей, т.е. холодных блоков КГУ, сателлита и СМС СПМ. При обогреве СМС циркуляция азота по азотным экранам СПМ прекращается.

Азотная часть СКО построена по разомкнутой схеме, т.е. с выбросом газообразного азота в атмосферу. Условно ее можно разделить на три части, в каждой из которых имеется собственный источник жидкого азота - ЦТК 8/0,25, ЦТК 5/0,25, ЦТК 0,5/0,25. Сравнительно небольшая протяженность криогенных гелиевых магистралей позволяет их выполнить без азотного экранирования. Система раздачи жидкого азота с ЦТК 8/0,25 предназначена для подачи жидкого азота на экраны криостата СПМ, на горизонтальные подвески сверхпроводящей обмотки СПМ, а также в криостат блока захлаживания в процессе захлаживания СМС. Причем все четыре подвески подключены по потоку охлаждающего азота последовательно, а два экрана СПМ - параллельно, и все ветви имеют теплые регулирующие вентили и систему измерения расходов, предназначенную для автоматизации схемы. Блок захлаживания подпитывается жидким азотом автоматически через холодный электромагнитный вентиль. Расход жидкого азота для этой части СКО в рабочем режиме составит 8,4 г/с. Система раздачи с ЦТК 5/0,25 осуществляет подачу жидкого азота в блоки очистки гелия КГУ, сателлита и в холодный блок КГУ; она полностью автоматизирована. Расход жидкого азота в режиме криостатирования СМС 12,8 г/с. Система раздачи жидкого азота с ЦТК 0,5/0,25 служит для снабжения жидким азотом экрана холодного блока сателлита и ловушек вакуумных агрегатов. Требуемый расход 0,8 г/с жидкого азота.

Изоляционный вакуум в криостате СПМ обеспечивается с помощью стационарно подключенных высоковакуумных паромасляных агрегатов типа ВА 250/630 (один основной и один резервный) с быстротой действия 840 л/с каждый в диапазоне давлений от $1,3 \cdot 10^{-1}$ Па до $1,3 \cdot 10^{-3}$ Па и с предельным остаточным давлением $6,6 \cdot 10^{-5}$ Па. После проведения предварительной откачки при захлаживании СМС вакуумный агрегат отключается. Применение высоковакуумного насоса вызвано возможностью образования гелиевых течей в процессе работы СКО и стремлением максимально снизить загрязнение отражающих излучение холодных поверхностей вымерзающими на них остаточными газами. СКО и СМС оснащены датчиками давления, температуры, механических напряжений, уровня, расходов для контроля и управления работой СКО и СМС и проведения исследований.

Схема размещения оборудования, входящего в состав СКО, представлена на рис.2. В экспериментальном зале находятся: СПМ (5) и системы, обеспечивающие его работу и возможность проведения на нем исследований, не входящие в состав СКО (на рис.2 не показаны), холодные блоки и системы очистки гелия КГУ (1,9,10) и сателлита (4,11,12), емкости для жидкого гелия ЦТГ (2,3), емкость для жидкого азота ЦТК 0,5/0,25 (13), система измерений параметров СКО и СМС (21), блок предварительного захлаживания (22). В машинный зал помещены компрессоры сателлита и КГУ вместе с системами управления и очистки гелия от масла (7,6), два газгольдера емкостью по 6 м^3 (16,17) и компрессор для закачки гелия в газохранилище типа 1ВУВ-45/150 с производительностью $45 \text{ м}^3/\text{мин.}$ и давлением нагнетания 15 МПа (18).

В других помещениях расположены резервный компрессор (8) и дополнительный компрессор для закачки гелия типа ЛВУВ-45/150 (19). Газохранилище для гелия (20) и ЦТК емкости 5 м³ и 8 м³ (14,15) находятся на улице вблизи экспериментального зала.

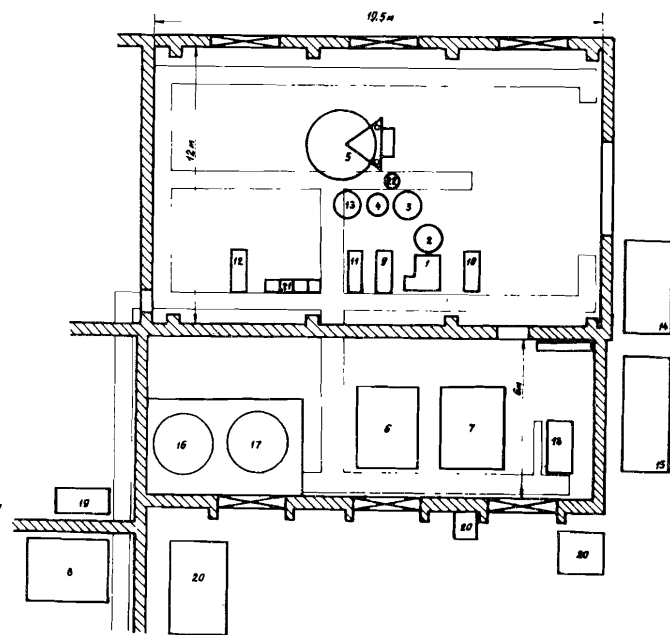


Рис.2. План размещения оборудования системы криогенного обеспечения сверхпроводящего магнита дейтронного циклотрона ДЦ-1.

Выводы

Разработана система криогенного обеспечения (СКО), построенная на основе криогенной гелиевой установки КГУ И50/4,5 и спутникового рефрижератора, обеспечивающая захлаживание, крио-

статирование и отогрев сверхпроводящей магнитной системы прототипа магнита дейтронного циклотрона ДЦ-1. Описана работа СКО в различных режимах, проанализированы ее возможности и приведены основные расчетные параметры. Представлен план размещения оборудования СКО.

Литература

1. Глазов А.А. и др. Дейтронный циклотронный комплекс на базе сверхпроводящих секторных магнитов. Труды Всесоюзного совещания по ускорителям ионов низких и средних энергий. Киев, "Наукова думка", 1981, с.182.
2. Аленицкий Ю.Г. и др. Разработка сверхпроводящего секторного магнита дейтронного циклотрона ДЦ-1. Труды Международного совещания по циклотронам и их применению. Бехине, ОИЯИ, Р9-85-707, 1985, с.113.
3. Rode C.H. Tevatron Cryogenic System. Proc. of XII Int.Conf. on High Energy Accelerators. Fermilab, Batavia, 1983, p.529.
4. Bondarenko V.I. et al. A cold box for the forced cooling system of superconducting magnets. Cryogenics, 1981, v.21, No.2, p.105.
5. D'yachkov E.I. et al. A Satellite Refrigerator for Testing Superconducting Magnets with a Forced Cooling System. Proc. of X Int.Cryogenic Eng.Conf., Helsinki, 1984, p.735.
6. Агеев А.И. и др. Исследование модели криогенного модуля. Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. ОИЯИ, Дубна, 1984, т.2, с.380.
7. Baldin A.M. et al. IEEE Transactions on Nuclear Science, 1983, v.NS-30, No.4, p.3247.
8. Wolff S. The superconducting magnet system for HERA. Proc. of IX Int.Conf. on Magnet Technology, Zürich, 1985, p.62.

ЕСТЬ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

9. Fast R.W. et al. Proc. of IX Int.Conf. on Magnet Technology, Zürich, 1985, p.156.
10. Donyagin A.M., Khodzhbagiyani N.C. Study of a Helium J-T Satellite Refrigerator. Proc. of XI Int.Cryogenic Eng. Conf., Westberlin, 1986.
11. Техническая сверхпроводимость в электроэнергетике и электротехнике. Сборник трудов, М., Издательство Секретариата СЭВ, 1986, с.271.
12. Бабаев И.В. и др. Устройство и результаты испытаний криогенной системы ТОКАМАК-7. Препринт ИАЭ-3415/8, 1981.
13. Rode C.H. et al. IEEE Trans. on Nucl.Sci., 1985, v.NS-32.
14. Агапов Н.Н. и др. ЭЧАЯ, 1982, т.13, вып.5, с.997.
15. Агапов Н.Н. Сообщение ОИЯИ, 8-84-165, Дубна, 1984.

Д7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р.55 к.
Д2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р.00 к.
Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р.50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р.30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р.50 к.
Д10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983.	3 р.50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р.75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р.80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р.75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р.50 к.
-	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/	13 р.50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/	7 р.35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. /2 тома/	13 р.45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986	7 р.10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа-86". Дубна, 1986	4 р.45 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
27 августа 1987 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного
института ядерных исследований.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Аленицкий Ю.Г. и др.
Система криогенного обеспечения сверхпроводящего магнита дейтронного циклотрона ДЦ-1

8-87-658

Описана система криогенного обеспечения /СКО/, предназначенная для захлаживания, криостатирования и отогрева сверхпроводящей магнитной системы прототипа магнита дейтронного циклотрона ДЦ-1, создаваемого в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. СКО построена по двухконтурной схеме с использованием сателлитного рефрижератора. Другие ее основные элементы - криогенная гелиевая установка КГУ 150/4,5; емкости для жидкого гелия типа ЦТГ 0,5/0,7 и жидкого азота типа ЦТК 0,5/0,25, ЦТК 5/0,25, ЦТК 8/0,25; блок захлаживания; система контроля параметров. Проанализированы возможности СКО и представлены основные расчетные параметры. Описана схема размещения оборудования СКО.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Alenitskij Yu.G. et al.
Cryogenic Provision System of Superconducting Magnet of DC-1 Deuteron Cyclotron

8-87-658

A cryogenic provision system (CPS) is described intended for cooling, cryostating and warming of superconducting magnetic system of the prototype of the magnet of DC-1 deuteron cyclotron being developed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR. The CPS has a two-loop pattern with the use of a satellite refrigerator. Its other components are the cryogenic helium unit KGU 150/4.5, vessels for liquid helium of TsTG 0.5/0.7 type and for liquid nitrogen of TsTK 0.5/0.25, TsTK 5/0.25, TsTK 8/0.25, a cooling unit, parameter monitoring system. The capabilities of the CPS are analysed, and the main calculated parameters are given. The arrangement of the CPS equipment is described.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987