

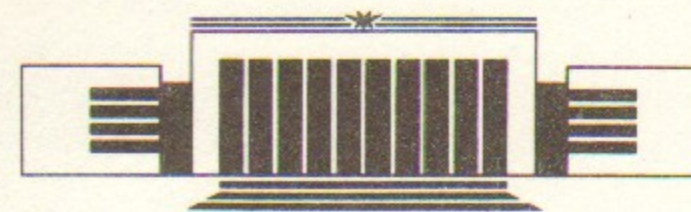


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

А.М. Власов, А.Н. Дубровин, А.А. Жоленц

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОРАБОТКА
ФИНАЛЬНОГО ФОКУСА
АСИММЕТРИЧНОЙ В-ФАБРИКИ**

ПРЕПРИНТ 90-142



НОВОСИБИРСК

Техническая проработка финального фокуса
асимметричной *B*-фабрики

А.М. Власов, А.Н. Дубровин, А.А. Жолениц

Институт ядерной физики
630090, Новосибирск 90, СССР

АННОТАЦИЯ

Описывается система финальной фокусировки пучка в асимметричной 6.5×4.3 ГэВ *B*-фабрике. Основное внимание уделяется технической стороне решения задачи. Рассматриваются конструкции вакуумной камеры с системой откачки поворотного магнита, квадрупольной линзы и экранирующего соленоида. Все магнитные элементы имеют токовые обмотки, выполненные из сверхпроводящего провода. Рассматривается подвод в систему воды, азота, гелия. Анализируются способы крепления и выставки системы внутри соленоидального детектора. Подробно описан порядок сборки всех основных узлов.

Technical Solution of the Asymmetric
B-Factory Final Focus

A.M. Vlasov, A.N. Dubrovin, A.A. Zholents

ABSTRACT

The paper describes the final beam focusing system of asymmetric 6.5×4.3 GeV *B*-factory. The main attention is given to the technical problems. The designs of vacuum pipe with pumps, bending magnet, quadrupole lens, and shielding solenoid are described. All the magnet elements have superconductive coils. Supply of water, nitrogen, helium is considered. Fastening and alignment of the system inside the solenoid detector are analysed. Principal unit assembling order is given in details.

Содержание

1. Введение	5
2. Общая схема магнитной системы	5
3. Конструкция вакуумной камеры	6
4. Конструкция обмотки магнита	8
5. Конструкция обмотки линзы	8
6. Конструкция компенсирующей обмотки	9
7. Конструкция магнитопроводов	9
8. Силовая схема. Сочленения магнита и линзы. Выставка	10
9. Подвод и сброс криогенных жидкостей	12
10. Теплопритоки	13
11. Порядок сборки	13
12. Литература	15

1. ВВЕДЕНИЕ

Основные физические требования, предъявляемые к конструкции магнитной системы финального фокуса асимметричной *B*-фабрики сводились к двум пунктам: обеспечение минимального телесного угла, который занимает магнитная система внутри детектора, и минимизация фона засветки вершинного детектора вторичными фотонами от приемников синхротронного излучения (СИ) и других элементов вакуумной камеры.

При этом, естественно, нужно было решить «стандартные» ускорительные задачи: обеспечить прием СИ, вакуумную откачку, крепление и выставку всех элементов; предусмотреть технологию их изготовления и сборки.

Особые требования предъявляются к надежности всех элементов финального фокуса. Она должна быть существенно выше надежности других частей ускорителя, поскольку почти любая неисправность в системе финального фокуса для своего ремонта потребует разборки детектора.

2. ОБЩАЯ СХЕМА МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ

Общая схема магнитной системы финального фокуса была разработана в [1] и [2] в рамках концепции асимметричной *B*-фабрики с пучками 4×7 ГэВ. Условно ее можно разделить на две части. Первая часть располагается снаружи детектора. Вторая

часть — внутри. Здесь будет рассматриваться только вторая часть финального фокуса. Она состоит из дипольного магнита 1, квадрупольной линзы 2 и компенсирующего соленоида 3 (рис. 1). Все обмотки выполнены сверхпроводящими, так как это представляется единственной возможностью иметь малый требуемый угол 0.3 рад (половина плоского угла), внутри которого размещается система финального фокуса. Каждый элемент имеет собственный магнитопровод, что позволяет развязать магнитные поля элементов. Железо магнитопроводов не насыщено.

В результате поисков вариантов конструкции, максимально удовлетворяющей поставленным требованиям, была принята концепция «холодной» камеры и «холодного» железа, т. е. вакуумная камера и магнитопроводы имеют температуру жидкого гелия.

3. КОНСТРУКЦИЯ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ

Внутреннее сечение вакуумной камеры в магните и линзе определяется требованиями апертуры. Внутри вакуумной камеры 1 (см. рис. 2) вставлен азотный экран 2 из меди для защиты камеры от рассеянного теплового излучения. К азотному экрану припаяны каналы 3 с жидким азотом. Азотный экран фиксируется в вакуумной камере с помощью шариков из пирекса 4 диаметром 4 мм, тепловой поток через каждый из которых не превышает 10^{-4} Вт.

Для приема СИ используется водяной приемник излучения 5, выполненный из квадратной медной трубы и крепящийся к азотному экрану с помощью тепловых развязок 6 из нержавеющей стали толщиной 0.2 мм. Тепловые развязки крепятся к азотному экрану с помощью контактной сварки. При захолаживании системы происходит проскальзывание приемника излучения по развязкам, поэтому приемник излучения должен быть смазан дисульфидом молибдена, а развязки — электрохимполированы.

Расчеты и опыт эксплуатации сверхпроводящей змейки на ВЭПП-2М [3] показывают, что при тепловом сопротивлении перехода приемник излучения — развязка — азотный экран ~ 700 град/Вт система работает надежно.

К водяному приемнику излучения припаяна тонкостенная фальш-камера (7, рис. 2) которая, с одной стороны, скрывает неоднородности истинной вакуумной камеры, а с другой стороны, защищает азотный экран от перегрева токами Фуко.

Азотный экран и фальшкамера перфорированы для обеспечения вакуумной откачки криогенным насосом, которым является гелиевая поверхность истинной вакуумной камеры. Теоретическая скорость откачки насоса $20 \cdot 10^3$ л/с [4]. Однако, проводимость отверстий в азотном экране и фальшкамере уменьшит ее до уровня 1000 — 2000 л/с.

Левый край вакуумной камеры через гелиево-азотную сильфонную развязку 1 (см. рис. 3) затем азот-комнатную развязку 2 и затем, механическую сильфонную развязку 3 соединяется с коническим раструбом 4, служащим для ввода и вывода дистиллята (1, рис. 4) и жидкого азота (2, рис. 4). Переход от медных каналов для воды и азота на конструкции из нержавеющей стали сделан через вплавленную медь. Это наиболее надежное соединение для паяных швов вода — вакуум.

Ввод азота в систему сделан через тонкостенную тепловую развязку (3, рис. 4) и имеет два сильфона для компенсации 4-миллиметровой усадки камеры при захолаживании. В районе раструба, расположенного в 300 мм от места встречи, предусмотрено место для пикап-электродов системы сведения пучков и стабилизации орбиты (см. рис. 3). Раструб вакуумной камеры соединен с магниторазрядным насосом (5, рис. 3), использующим для работы магнитное поле детектора ~ 20 кГс. Производительность насоса при напряжении на катоде ~ 5 кВ составляет 150 л/с.

Водяной приемник излучения крепится к тепловому корпусу через подпайку к утолщенной части фальшкамеры (6, рис. 3), которая непосредственно крепится к тепловому корпусу. Это крепление необходимо, так как должен быть выдержан требуемый размер апертуры 6 мм между коленом приемника излучения и осью пучка. Этим местом ограничивается луч СИ, идущий справа от пучка с энергией 4 ГэВ. Далее крайний луч проходит под углом 17.7 мрад через промежуток встречи и падает на приемник излучения на расстоянии 810 мм от места встречи. Луч СИ, идущий с левой стороны от пучка 7 ГэВ, проходит над коленом приемника излучения под углом 14.1 мрад и принимается на расстоянии 1104 мм от места встречи.

Канал внутри утолщенной части фальшкамеры служит диафрагмой, уменьшающей фон отраженного СИ. Эта часть также охлаждается водой от параллельной ветви (7, рис. 3), подпаянной к основному вводу воды. Утолщенная часть фальшкамеры слева оканчивается цангой, в которую входит цанга внутренней бериллиевой трубки (8, рис. 3) толщиной 0.5 мм, покрытой слоем алюми-

ния толщиной 0.15 мм. Эта внутренняя бериллиевая трубка также является фальшкамерой и скрывает резонансную полость, образованную внешней бериллиевой трубкой (9, рис. 3) и фальшкамерой, защищающими вершинный детектор от фона СИ. С левой стороны конструкции внутренняя трубка спаяна с фальшкамерой для лучшего отвода тепла. При токах электронного и позитронного пучков 1 и 0.7 А выделение тепла на поверхности бериллия за счет конечной проводимости будет составлять 1.2 Вт на погонный см. В результате, перепад температуры по бериллию не должен превышать 60°C.

Правый дальний край камеры после окончания обмотки линзы выходит на силовой гелиевый фланец 1 (рис. 5) и затем, через гелиевую 2 и азотную 3 сильфонные развязки соединяется с теплым корпусом магнитной системы 4.

4. КОНСТРУКЦИЯ ОБМОТКИ МАГНИТА

Параметры магнита рассчитывались из условия создания магнитного поля $B=4.3$ кГс и наличия ненасыщенного магнитопровода. При этом погонный ток должен составлять 5.3 кА/см. В таком случае обмотка получается однослойной из провода СКНТ-0,85 (8, рис. 2) (наиболее перспективного на сегодняшний день) с рабочим током 530 А. В результате, обеспечивается большой запас по критическому току, который составляет 1.5 кА. Обмотка укладывается и замоноличивается в отдельном приспособлении, после чего прижимается к камере магнита. Продольные и поперечные накладки, толщиной 0.3—0.5 мм обеспечивают необходимые полости для протекания жидкого гелия под обмоткой. Полости над обмоткой выполняются в железе магнита. Приклеивать обмотку к камере представляется нецелесообразным, так как при охлаждении неизбежно «отщелкивание» обмотки, что чревато срывом сверхпроводимости. Левый край обмотки уложен на камеру (см. рис. 3). Это позволяет сохранить габариты в пределах требуемого телесного угла. Правый край обмотки отогнут под прямым углом в целях экономии продольного размера (см. рис. 6).

5. КОНСТРУКЦИЯ ОБМОТКИ ЛИНЗЫ

Линза выполнена по схеме Панофского с градиентом 2.8 кГс/см. Согласно первоначальной схеме магнитного разведения орбит пучков энергии 4 и 7 ГэВ, эта линза должна обеспечи-

вать магнитное поле ~ 3 кГс на орбите пучка низкой энергии. Для этого ось линзы смещена и развернута относительно оси детектора так, что центр ближнего к месту встречи торца отстоит от оси детектора на +4 мм, а дальнего — на —8 мм.

Обмотка линзы также выполнена из провода СКНТ-0,85, который укладывается на боковые стороны в два слоя, а на верхнюю и нижнюю стороны — в один слой (рис. 7). При полном токе одной четверти обмотки в 30 кА рабочий ток в проводе равен 530 А. Переходы обмоток с верхней и нижней сторон на боковые отогнуты под прямым углом в целях экономии продольного размера.

Технология изготовления обмотки линзы аналогична технологии изготовления обмотки магнита.

6. КОНСТРУКЦИЯ КОМПЕНСИРУЮЩЕЙ ОБМОТКИ

Для обеспечения работоспособности магнита и линзы, которые должны находиться в нулевом внешнем магнитном поле, в конструкцию вводится обмотка, компенсирующая продольное магнитное поле обмотки детектора, равное 20 кГс.

Исходя из погонного тока, равного 16 кА/см, обмотку можно было бы сделать двухслойной из провода СКНТ-0,85 с рабочим током 760 А, что составляет $\sim 65\%$ критического тока. Однако, в связи с тем, что наибольшая опасность при срыве сверхпроводимости связана с компенсирующей обмоткой, было принято решение увеличить число слоев до четырех с рабочим током в проводе 380 А (10, рис. 2). При этом в четыре раза уменьшается тепловыделение при срыве сверхпроводимости и в два раза уменьшаются потери гелия на токовводах.

Поскольку напряжение в сверхпроводящем проводе от ponderomotive сил составляет около 500 кгс/см², то требуется два слоя бандаж из нержавеющей проволоки диаметром 1 мм.

7. КОНСТРУКЦИИ МАГНИТОПРОВОДОВ

Внутренняя поверхность магнитопроводов магнита и линзы является опорой для вакуумной камеры и обмоток магнита и линзы (рис. 2, 6). Она имеет пазы для протока гелия так же, как и внешняя поверхность. По внешнему диаметру магнитопроводы

магнита и линзы должны быть довольно точно посажены в магнитопровод компенсирующей обмотки.

Для удобства изготовления и сборки магнитопроводы магнита и линзы имеют разъем в медианной плоскости. Половинки соединяются болтами и штифтами. Поскольку для обеспечения нужной траектории пучка, магнитное поле в магните должно иметь вертикальную и радиальную составляющие, в магнитопроводе магнита имеются немагнитные вставки (9, рис. 2).

Магнитопровод компенсирующей обмотки в районе магнита — цельный, и обмотка наматывается непосредственно на него. В районе линзы магнитопровод разъемный и обмотка наматывается на собственный каркас, крепящийся к магнитопроводу болтами.

8. СИЛОВАЯ СХЕМА.

СОЧЛЕНЕНИЕ МАГНИТА И ЛИНЗЫ. ВЫСТАВКА

Силовую часть конструкции можно интерпретировать как консоль с вылетом 1 м, покоящуюся на двух опорах с базой 600 мм. Конструкция испытывает поперечные нагрузки от собственного веса и осевые нагрузки от пондеромоторных сил взаимодействия обмоток магнитной системы финального фокуса с полем детектора. При этом с одной стороны финального фокуса осевые силы направлены от центра к торцу детектора, а с другой — от торца детектора к его центру. Величина осевой силы ~ 2.5 т.

Момент и поперечные силы воспринимаются радиальными опорами на переднем и заднем поясах крепления (см. рис. 1). Эти пояса насчитывают по 3 радиальные опоры, расположенные с шагом 120° . При этом осевые нагрузки на них составляют около 200 кгс. Осевые силы воспринимаются двумя задними осевыми опорами, несущими нагрузку по 1.25 т.

Из общих соображений понятно, что для обеспечения наибольшей жесткости крепления, необходимо непосредственно держать наиболее тяжелую часть конструкции — магнитопроводы. Здесь сложность состоит в том, что именно эта часть конструкции наименее доступна, поскольку находится под гелиевой температурой.

Для решения этой задачи разработана универсальная криогенная опора, работающая на растяжение и сжатие. Она представляет собой тонкостенную трубку из нержавеющей стали, заполненную смесью опилок стекла и фторопласта (1, рис. 6).

Силовые нагрузки воспринимаются трубкой, а наполнитель увеличивает устойчивость трубки на сжатие. Расчет показал, что увеличение теплопроводности опоры за счет наполнителя составляет не более нескольких процентов. Введение опилок фторопласта необходимо для уменьшения растягивающих напряжений в стенке трубки при охлаждении, так как разница коэффициентов теплового расширения стекла и нержавеющей стали довольно значительна.

Для оптимизации распределения нагрузок и теплопритоков в конструкции применены криогенные опоры разных типоразмеров. В переднем силовом поясе используются трубки диаметром 30 и толщиной стенки 0.25 мм ($\varnothing 30 \times 0.25$ мм), задние радиальные трубки $\varnothing 20 \times 0.25$ мм и задние осевые трубки $\varnothing 30 \times 1$ мм. В задних осевых трубках использование наполнителя необязательно.

Между магнитопроводами магнита и линзы есть разрыв, который выгодно использован в конструкции. Сочленение магнита и линзы осуществлено через силовой фланец (2, рис. 6), к которому крепятся магнитопроводы линзы и магнита. К этому же фланцу крепятся и криогенные опоры. Поскольку фланец является двойным, то он вскрывает вакуумную полость, которую приходится заваривать по образующей фланца. Поэтому представляет некоторую сложность коммутация правой и левой половин гелиевого объема в отношении проводов питания и запуска гелия. Это приходится делать через трубки (3, рис. 6), пронизывающие фланец и провариваемые по торцам.

Правый торец магнитопроводов крепится к силовому фланцу (1, рис. 5), который является торцом гелиевого объема. На этот фланец крепятся криогенные опоры, другим концом ввариваемые в «теплый» силовой фланец (7, рис. 5), являющийся торцевой стенкой вакуумного объема магнитной системы (речь идет об охранном вакууме).

«Теплый» силовой фланец крепится к силовой трубе (11, рис. 1), имеющей длину 1100 мм, внутренний и наружный диаметры 414 и 445 мм. Внутренняя часть этой трубы является опорой для задних радиальных криогенных опор. На три регулируемые площадки (4, рис. 6; 13, рис. 1) в средней части трубы опираются передние радиальные опоры. Эти площадки используются для поперечной выставки оси магнитной системы. На левом краю трубы располагаются три регулируемые опоры (17, рис. 1). Необходимость регулировки диктуется требованием выставки левой части вакуумного корпуса, к которой крепятся пикап-электроды и приемники СИ.

Сама силовая труба крепится с помощью регулируемых опор к толстостенному силовому кольцу (12, рис. 1). Это кольцо монтируется на колонне, входящей в магнитопровод соленоида детектора и стоящей на жестком фундаменте.

Выставка системы может проводиться с точностью, равной разрешающей способности пикап-электродов. Для этого, после установки магнитной системы на колонны детектора через вакуумную камеру протягивается струна с током, и относительно нее, с помощью сигналов от пикапов, выставляется система.

9. ПОДВОД И СБРОС КРИОГЕННЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Подвод гелия осуществляется с торца магнитной системы с помощью азотоохлаждаемого гелиепровода (4, рис. 5). При непосредственном подходе к стенке гелиевого корпуса гелий входит во фторопластовую втулку (5, рис. 5), защищающую поток гелия при захолаживании от большого потока тепла, идущего от массы теплого железа. Далее по фторопластовой трубке он должен быть заведен в крайнюю левую точку гелиевого объема, чтобы максимально использовать холодосодержание газообразного гелия. Поскольку гелиевый объем разделен силовым фланцем (2, рис. 6) на две практически изолированные части, то сброс газообразного гелия должен производиться по двум трактам (5, рис. 6) из верхних точек каждой из частей. Так как питание обмоток должно заводиться через газовую фазу (в заливном варианте), то, естественно, по этим трактам должны быть проложены провода питания магнита, линзы и компенсирующей обмотки. Кроме того, должен быть проложен сигнальный провод от средней части компенсирующей обмотки (как самой опасной) для контроля нормальной фазы и организации внешней защиты при срыве сверхпроводимости.

Обмотки магнита и линзы могут быть защищены, очевидно, без сигнальных выводов, ввиду своей малой длины. Организация одновременной подачи и сброса гелия с прокладкой проводов вызывает в данной ситуации сомнение, во-первых, из-за довольно больших габаритов, во-вторых, из-за малого входного сечения, имеющегося на торце магнитопроводов (см. рис. 5).

Подача жидкого азота для охлаждения внешних азотных экранов осуществляется параллельно с подачей гелия. Подача жидкого азота на внутренний экран линзы и сброс его производится через

отдельные тракты, проходящие через торец системы. Подача жидкого азота на внутренний экран магнита осуществляется через раструб в районе места встречи (рис. 4).

10. ТЕПЛОПРИТОКИ

Теплопритоки на гелий распределяются следующим образом:

торцевые сильфоны	0.1 Вт,
излучение с азотных экранов	0.22 Вт,
через пирексовые шарики	0.01 Вт,
через передние радиальные опоры (при длине перехода азот-гелий 4 см)	0.6 Вт,
через задние радиальные опоры (при длине перехода азот-гелий 3 см)	0.56 Вт,
через задние осевые опоры (при длине перехода азот-гелий 4 см)	1.6 Вт.

Таким образом, полный теплоприток на гелий составляет 3 Вт, что соответствует расходу жидкого гелия на уровне 100 л/сутки. Теплопритоки на азот распределяются следующим образом:

торцевые сильфоны	1.8 Вт,
излучение	37 Вт,
опоры	21.4 Вт,
сумма	60.2 Вт,
расход азота	30 л/сутки.

Эти расчеты относятся к одной половине магнитной системы и не учитывают потери на токовводах. Теплопритоки на токовводах зависят от конкретной реализации токовводов, которая здесь не рассматривается.

11. ПОРЯДОК СБОРКИ

Сборка системы финального фокуса должна осуществляться в следующем порядке:

- 1) собираются азотные внутренние экраны для камер магнита и линзы с приемниками излучения, азотными каналами и фальшкамерой (рис. 1, 2, 6);

- 2) к вакуумным камерам магнита и линзы привариваются щечки крепления торцевых частей обмоток (6, рис. 6);
- 3) на камеры укладываются обмотки и бандажруются;
- 4) в половинку силового фланца, принадлежащего камере линзы ввариваются коммутационные трубки с проводами и трубки перепуска гелия; продергивается трубка запуска гелия в дальнюю точку (рис. 6);
- 5) на камере линзы собираются магнитопроводы линзы и компенсирующей обмотки с проложенной трубкой запуска гелия (рис. 1, 5, 6);
- 6) к магнитопроводу компенсирующей обмотки пристыковывается компенсирующая обмотка на собственном каркасе (3, рис. 1);
- 7) на камеру линзы надевается и приваривается половина силового фланца (рис. 6);
- 8) магнитопровод компенсирующей обмотки крепится к половине силового фланца (рис. 6);
- 9) пайка коммутирующих проводов с выводами правой части компенсирующей обмотки;
- 10) к камере магнита приваривается половина силового фланца (рис. 6);
- 11) на камере магнита собирается магнитопровод магнита, который приваривается к половине силового фланца, и прокладывается трубка запуска гелия (рис. 6);
- 12) внутрь камер вставляются азотные экраны с каналами (рис. 2, 7);
- 13) стыкуются магнит и линза; силовой фланец проваривается по образующей;
- 14) провариваются выходы коммутационных трубок на левой половине силового фланца (рис. 6);
- 15) на магнит надевается компенсирующая обмотка на собственном магнитопроводе, который крепится к торцу железа магнита (рис. 8);
- 16) пайка коммутирующих проводов с выводами левой части компенсирующей обмотки;
- 17) справа и слева надеваются гелиевые корпуса линзы и магнита и привариваются к силовому фланцу (рис. 6);
- 18) левый край гелиевого корпуса магнита сваривается с камерой (рис. 3);
- 19) на правый край магнитопровода линзы устанавливаются штуцер приема гелия (5, рис. 5) и силовые втулки (1, рис. 9);
- 20) справа устанавливается силовой гелиевый фланец (1, рис. 5),

- сваривается с камерой линзы, силовыми втулками и гелиевым корпусом линзы; на него устанавливаются осевые криогенные опоры (2 рис. 9);
- 21) справа и слева подвариваются гелий-азотные сильфонные развязки (2, рис. 5; 1, рис. 3);
- 22) слева надевается общий азотный экран, подваривается к левой сильфонной развязке; справа подваривается торцевой азотный экран (6, рис. 5);
- 23) к правой части азотного экрана линзы подваривается участок азотного перехода (3, рис. 9), через который выводятся вода и жидкий азот;
- 24) на правый торцевой азотный экран устанавливается азотная часть гелиеподвода и подпаивается азотная трубка внешнего экрана (рис. 5);
- 25) справа и слева привариваются азот-комнатные сильфонные развязки (3, рис. 5; 2, рис. 3), надевается и сваривается с левой развязкой общий вакуумный корпус (10, рис. 1);
- 26) справа пристыковывается силовой вакуумный фланец (7, рис. 5), привариваются выводы азота, гелия и воды; устанавливаются радиальные криогенные опоры (8, рис. 5; 1, рис. 6);
- 27) слева привариваются раструб, выводы воды и азота, магнито-разрядный насос и центральная трубка (рис. 3);
- 28) крепятся сбросы гелия и подводы питания (рис. 6);
- 29) правый силовой вакуумный фланец крепится к силовой трубе (рис. 1).

Начиная со сборки магнитопроводов, далее сборку разумно ориентировать в вертикальном положении, чтобы не нагружать весом железа нежесткие элементы системы (камеру, экраны и прочее).

ЛИТЕРАТУРА

1. Dubrovin A.N., Vlasov A.M., Zholents A.A. Interaction Region of 4×7 GeV Asymmetric B-Factory. — Preprint INP 89-97. Novosibirsk, 1989.
2. Zholents A.A. Novosibirsk B-Factory. — Preprint INP 90-56. Novosibirsk, 1990.
3. Anashin V.V., Vasserman I.B., Vlasov A.M. et al. The 75 kG Superconducting Wiggler Magnet for the Electron-Positron Storage Ring VEPP-2M. — Preprint INP 84-123. Novosibirsk, 1984.
4. Минайчев В.Е. Вакуумные крионасосы. — М. 1976.

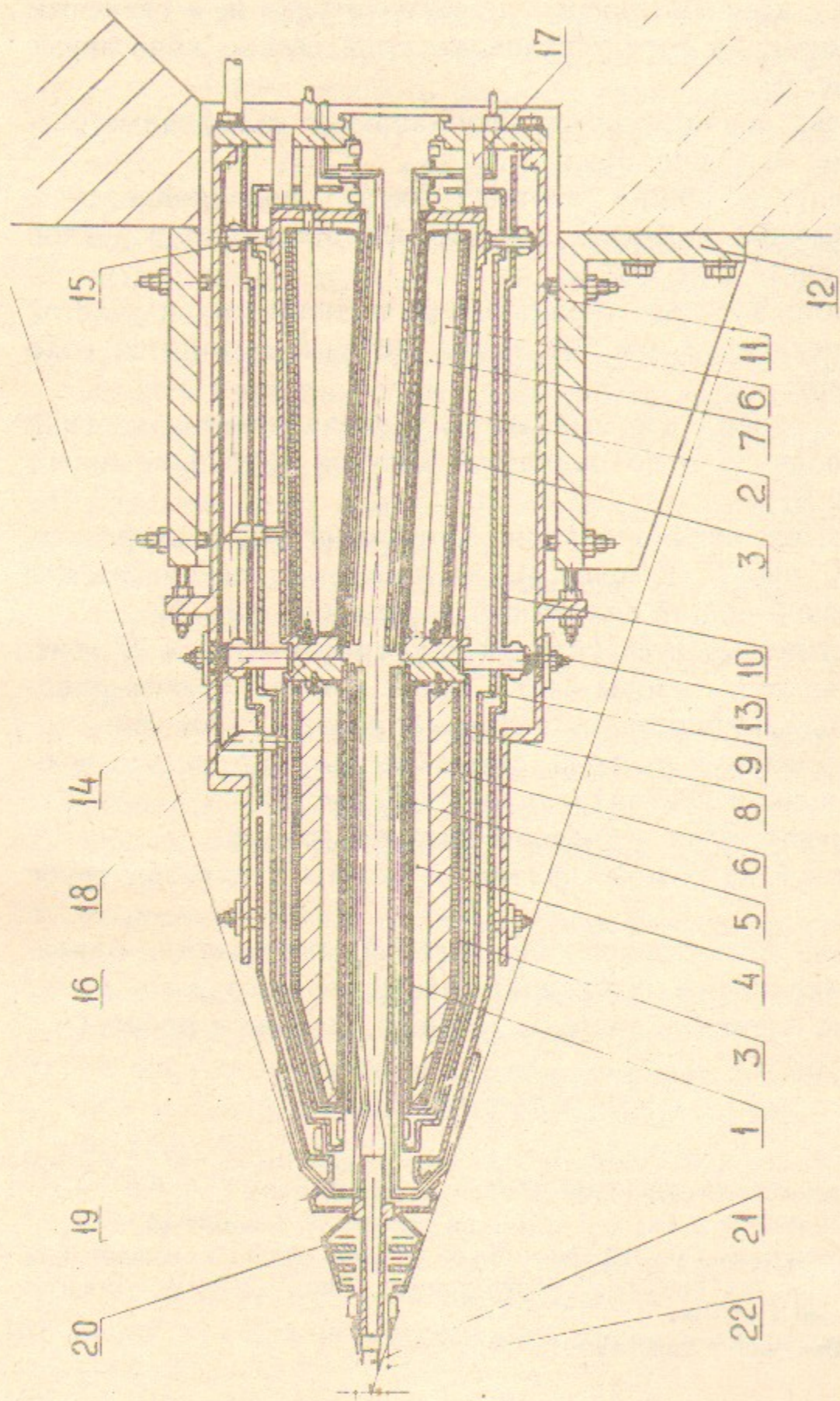


Рис. 1. 1 — обмотка магнита; 2 — обмотка линзы; 3 — обмотка компенсирующая; 4 — магнитопровод магнита; 5 — вакуумная камера; 6 — магнитопроводы компенсирующей обмотки; 7 — магнитопровод линзы; 8 — гелиевый корпус; 9 — азотный экран; 10 — вакуумный корпус; 11 — труба силовая; 12 — кольцо силовое; 13 — площадка регулируемая; 14 — опора радиальная передняя; 15 — опора радиальная задняя; 16 — опора регулируемая; 17 — опора осевая задняя; 18 — фланец силовой стыковочный; 19 — раструб; 20 — магниторазрядный насос; 21, 22 — внутренняя и наружная бериллиевые трубки.

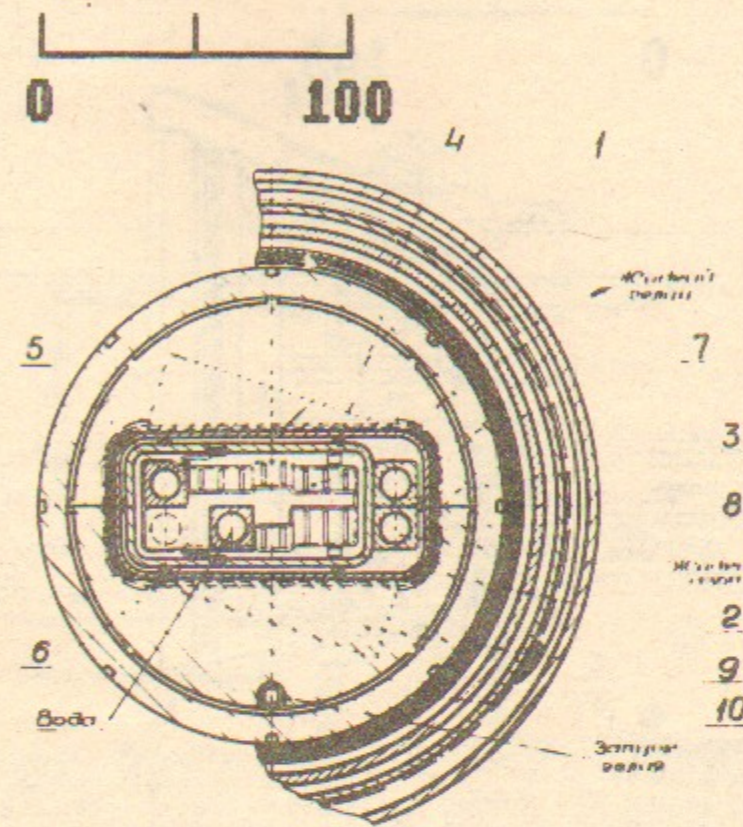


Рис. 2. 1 — вакуумная камера; 2 — внутренний азотный экран; 3 — каналы с жидким азотом; 4 — пирексовый шарик; 5 — водяной приемник излучения; 6 — тепловая развязка; 7 — фальшкамера; 8 — обмотка магнита; 9 — немагнитная вставка; 10 — компенсирующая обмотка.

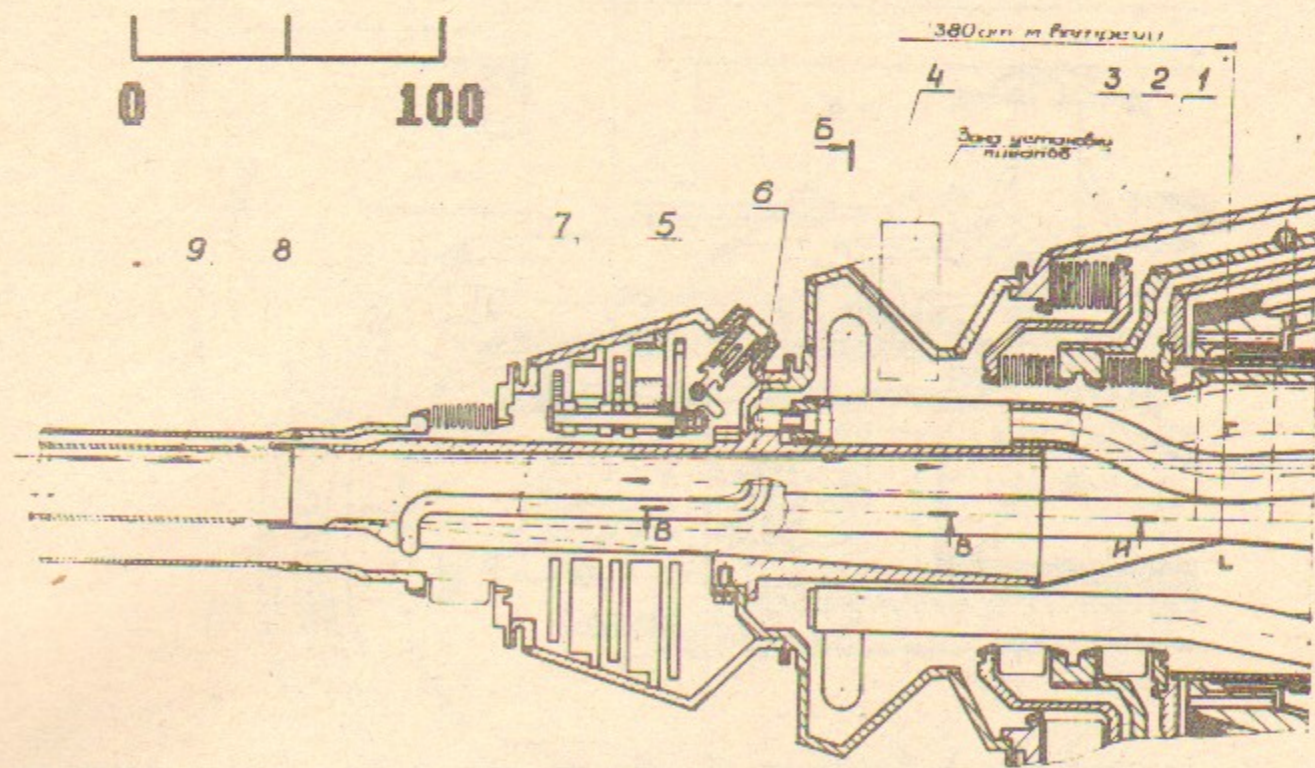


Рис. 3. 1 — гелиево-азотная сифонная развязка; 2 — азот-комнатная развязка; 3 — механическая сифонная развязка; 4 — раструб; 5 — магнито-разрядный насос; 6 — утолщенная часть фальшкамеры; 7 — трубка охлаждения фальшкамеры; 8 — внутренняя бериллиевая трубка; 9 — внешняя бериллиевая трубка.

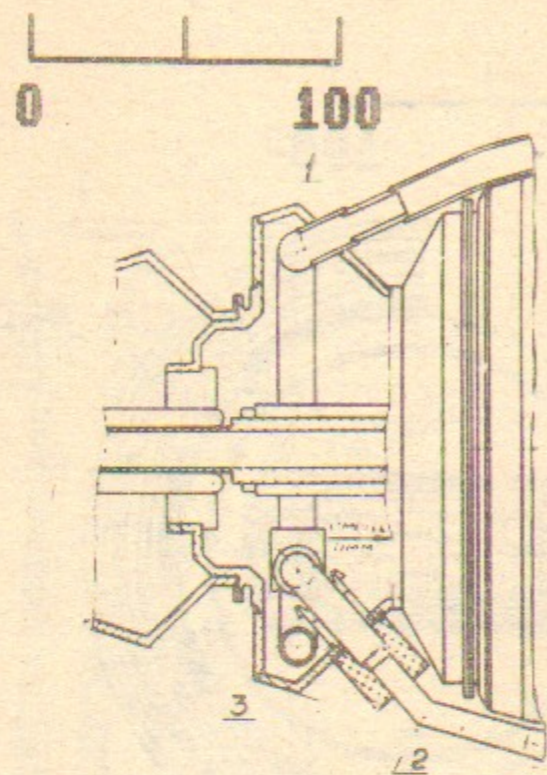


Рис. 4. 1—подвод воды; 2—подвод жидкого азота; 3—тепловая развязка.

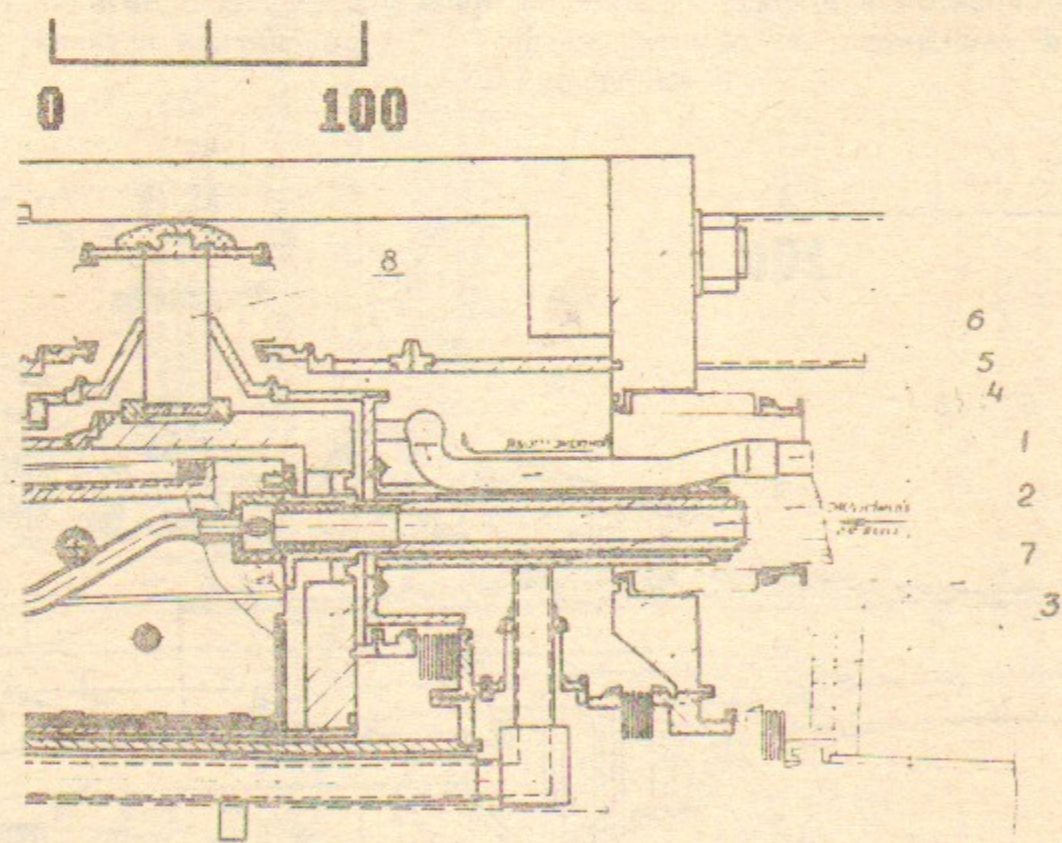


Рис. 5. 1—силовой гелиевый фланец; 2—гелиево-азотная сифонная развязка; 3—азот-комнатная сифонная развязка; 4—подвод жидкого гелия; 5—фторопластовая втулка; 6—торцевой азотный экран.

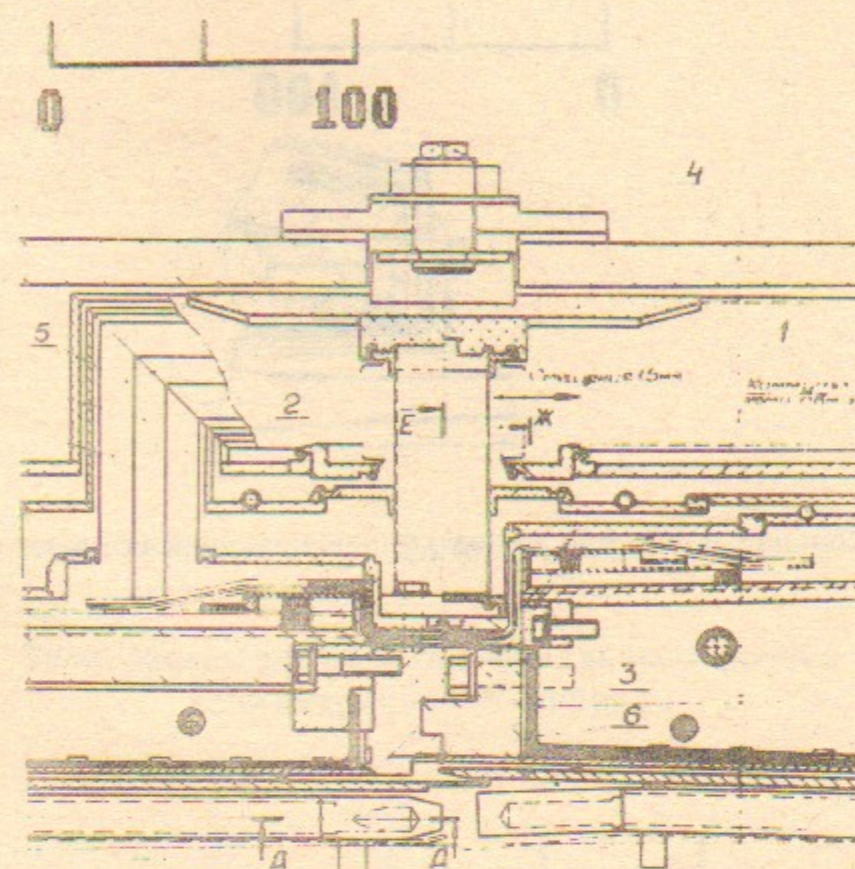


Рис. 6. 1—криогенная опора; 2—силовой фланец; 3—коммутационная трубка; 4—регулируемая площадка; 5—тракт сброса гелия и подвода тока; 6—щетка крепления торца обмотки.

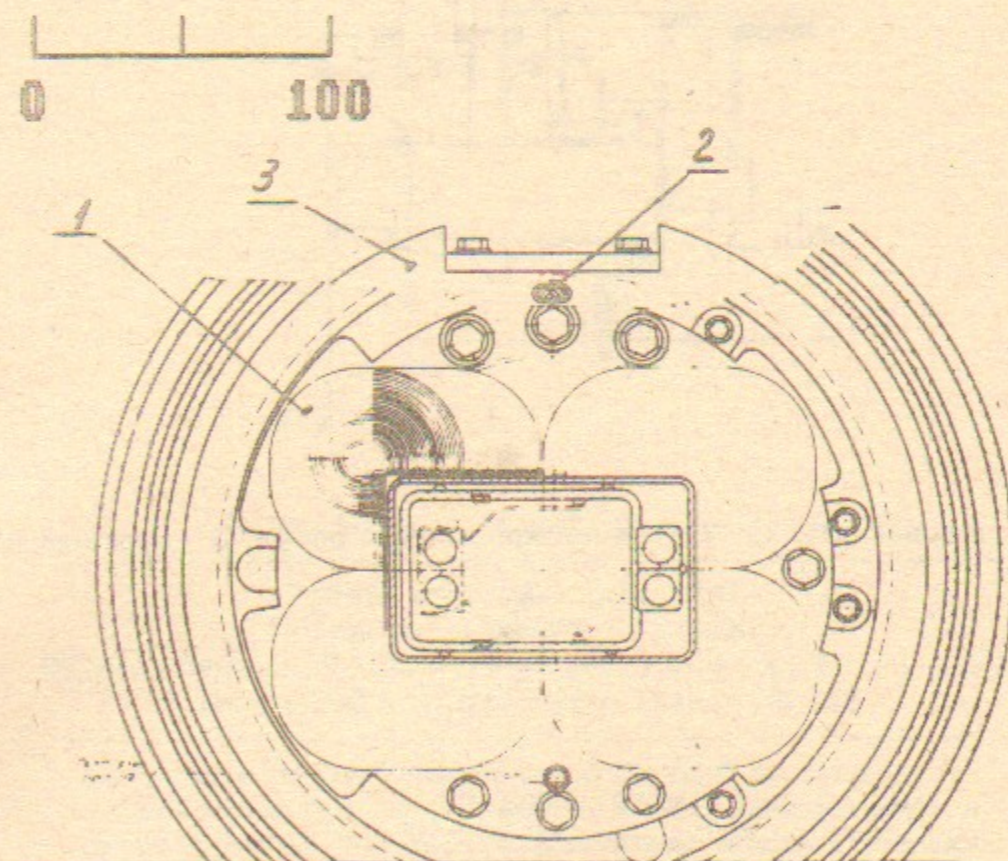


Рис. 7. 1—торцевая часть обмотки линзы; 2—коммутационная втулка; 3—силовой фланец.

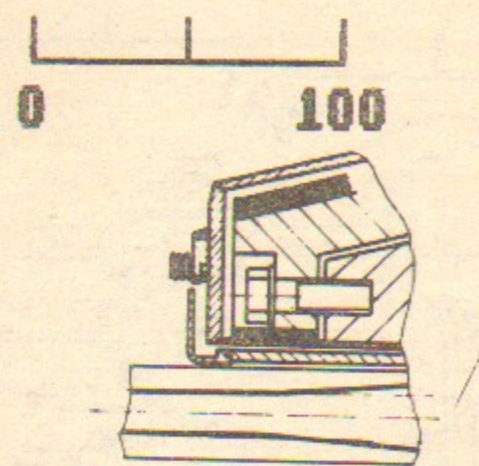


Рис. 8. Крепление магнитопроводов компенсирующей обмотки и магнита.

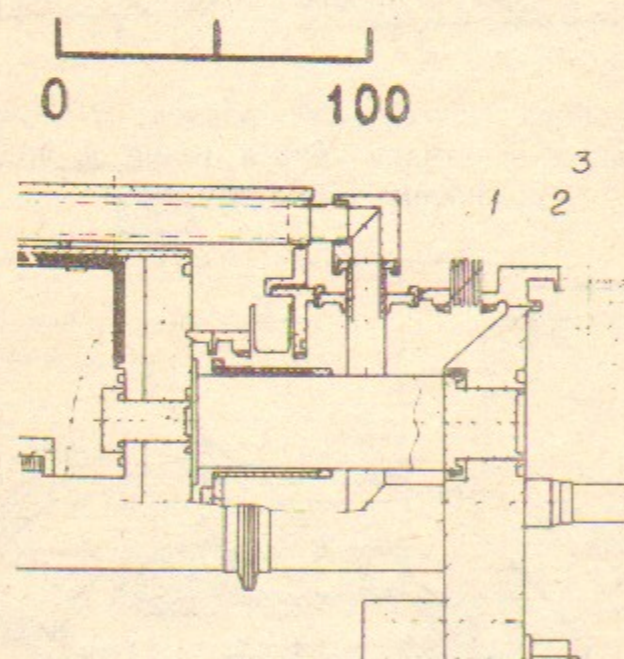


Рис. 9. 1 — силовая втулка; 2 — осевая криогенная опора; 3 — азотный переход.

А.М. Власов, А.Н. Дубровин, А.А. Жоленц

Техническая проработка финального фокуса
асимметричной В-фабрики

Ответственный за выпуск С.Г. Попов

Работа поступила 5.12 1990 г.

Подписано в печать 5.12 1990 г.

Формат бумаги 60×90 1/16 Объем 1,4 печ.л., 1,1 уч.-изд.л.
Тираж 250 экз. Бесплатно. Заказ № 142.

Набрано в автоматизированной системе на базе фото-
наборного автомата ФА1000 и ЭВМ «Электроника» и
отпечатано на ротапинтере Института ядерной физики
СО АН СССР,
Новосибирск, 630090, пр. академика Лаврентьева, 11.