

ИФТТ РАН
ISSP RAS

**Руководство к эксплуатации
Заливной криостат**

ИФТТ, М207

Содержание

1	Принцип действия заливного криостата	3
2	Переливалка	4
3	Сосуд Дьюара	5
3.1	Определение уровня гелия в сосуде Дьюара	5
4	Вставка	6
5	Держатели образцов	7
5.1	"Перпендикулярный" держатель	7
5.2	"Продольный" держатель	8
6	Коммутационная коробка и система фильтрации	9
7	Вакуумная система	10
8	Заливка гелия	11
9	Включение откачки паров гелия	13

1 Принцип действия заливного криостата

На рис. 1 изображена принципиальная схема заливки гелиевого криостата. На рисунке представлена система соединения транспортного сосуда Дьюара, криостата и гелиевой сети института, куда стравливается избыток паров гелия. На рисунке области 1 и 4 соответствуют гелию в жидкой фазе, а 2 и 3 соответствуют парам гелия. В роли насоса выступает мяч, с помощью которого можно нагнетать давление в область 3. Обратный клапан Т пропускает гелий только в сторону гелиевой сети, что предотвращает загрязнение системы.

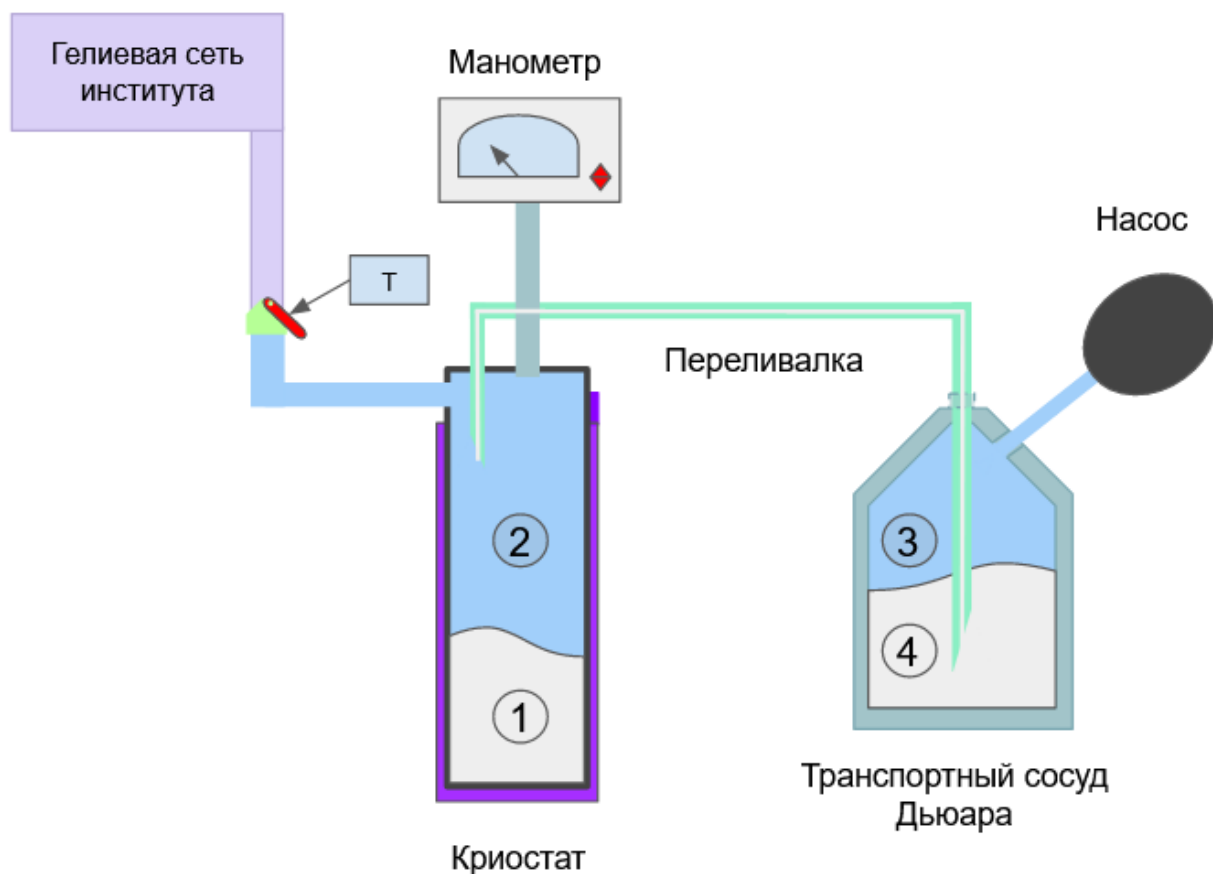


Рис. 1: Простейшая схема работы заливного криостата

1. С помощью насоса создается избыточное давление в области 3
2. Давление области 3 давит на область 4 с жидким гелием, вытесняя его по переливалке в криостат
3. Жидкий гелий перетекает в криостат и льется на дно в область 1
4. Жидкий гелий из области 1 испаряется в область 2 и затем избыток давления стравливается в гелиевую сеть. Гелиевая сеть института поддерживается при повышенном давлении в 1.2 атм, то есть обратный клапан Т будет пропускать пары гелия только после того, как их давление превысит 1.2 атм.

2 Переливалка

На рис. 2 изображена схема так называемой "переливалки используемой для перекачки гелия из транспортного Дьюара в криостат. Она представляет собой 2 колена, одно из которых (более длинное!) опускается в Дьюар, а второе (более короткое) в криостат. Внутренняя трубка, по которой течет гелий, отделена от атмосферы вакуумной прослойкой. Чем лучше эта прослойка, тем меньше тепла поглощает гелий и тем меньше времени требуется на заливку криостата. Стоит понимать, что вакуум может со временем ухудшиться, поэтому требуется время от времени откачивать изоляционный объем. О том, что вакуум упал будет свидетельствовать увеличение времени заливки и обмерзание переливалки. При хорошем вакууме она не обмерзает вообще и сохраняет комнатную температуру при прикосновении.

Опытный факт: Конкретно заливной криостат в 207 комнате можно залить за 20 минут хорошо откачанной переливалкой. Ниже будет описан оптимальный алгоритм заливки криостата.

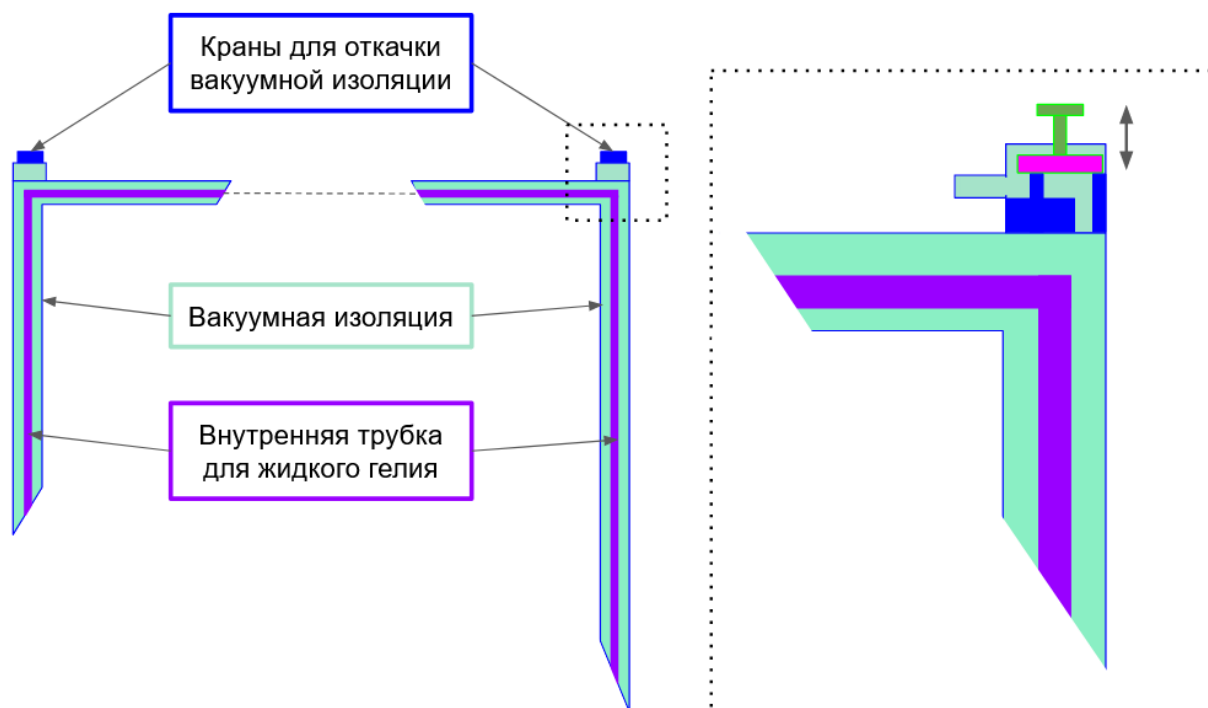


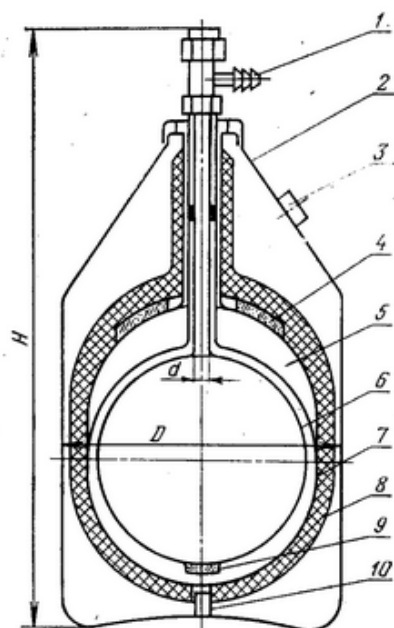
Рис. 2: Схема переливалки

На сноске изображена система откачки вакуумной изоляции. При откручивании зеленой ручки, приподнимается розовая резинка, расположенная внутри герметичной закрученного корпуса и соединяет выходное отверстие с внутренним объемом, что позволяет откачивать вакуумную изоляцию переливалки.

3 Сосуд Дьюара

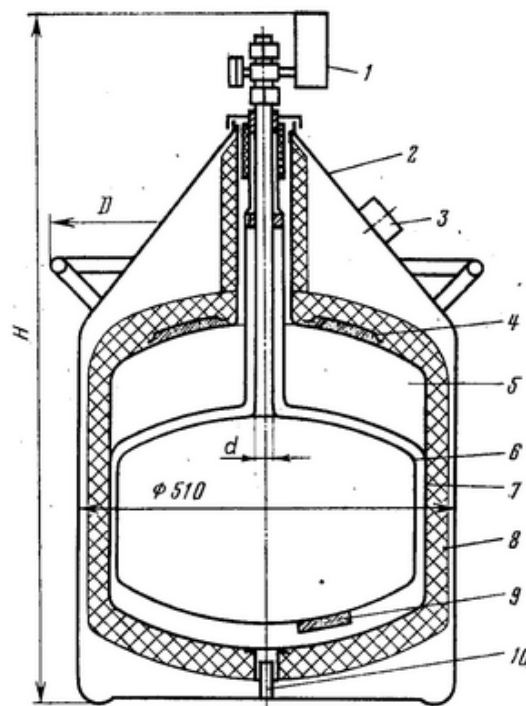
В обоих корпусах есть замкнутая гелиевая сеть. Она соединена со всеми заливными криостатами и обеспечивает сохранение и повторное сжижение использованного гелия. Для транспортировки гелия используются транспортные сосуды Дьюара объемом 10 или 40 литров гелия (рис. 3). Сосуд представляет из себя систему вложенных объемов, в центре которых находится жидкий гелий. Для сохранения его в жидком состоянии, так же как и в криостате, необходима прослойка из азота. В сосуде Дьюара на 10 литров азот заливают сотрудники гелиевой службы и его дозаливка не требуется при эксплуатации. В Дьюаре на 40 литров требуется производить дозаливку.

Предупреждение: Следует помнить, что в Дьюаре также происходит испарение гелия, хотя и не очень интенсивное, поэтому нужно быть уверенным, что сосуд всегда подключен к гелиевой сети или к иному объему, сохраняющему гелий.



Сосуд СТГ-10:

1 — переходник; 2 — кожух; 3 — клапан вакуумирования; 4 и 9 — адсорбент; 5 — азотная камера; 6 — внутренний сосуд; 7 — экран; 8 — изоляция; 10 — опора



Сосуд СТГ-40:

1 — арматурная головка; 2 — кожух; 3 — клапан вакуумирования; 4 и 9 — адсорбент; 5 — азотная камера; 6 — внутренний сосуд; 7 — экран; 8 — изоляция; 10 — опора

Рис. 3: Схема транспортных сосудов Дьюара

Опытный факт: При использовании сосуда на 40 литров после заливки под крышку в 6 вечера и утром следующего дня в 10 потребовалось залить условно 1.5 кружки.

3.1 Определение уровня гелия в сосуде Дьюара

В ходе эксперимента может потребоваться узнать, сколько гелия осталось после заливки криостата.

4 Вставка

Вставка состоит из коммутационной коробки, центральной полый трубки, в которой идут провода и через которую можно откачивать газ из-под колпака. Коммутационная коробка позволяет подключать образец к приборам по витым парам, не доставая вставку из гелия. Колпак крепится на конусообразную ответную часть на вставке и закрепляется винтами. Конусообразную часть необходимо обязательно смазывать вакуумной смазкой. Особенно это актуально при откачке паров гелия, поскольку в какой-то момент может быть пройдена точка сверхтекучести гелия и при недостаточной изоляции гелий может заполнить колпак изнутри. При дальнейшем отоплении системы жидкий гелий испарится и создаст избыточное давление внутри вставки. В случае подозрения на проникновение жидкого гелия в полость под колпаком (например, возможным знаком может быть невозможность нагреть встроенным нагревателем образец. Хотя в случае большого количества обменного газа нагрев также может быть невозможен, см раздел про измерения), необходимо при отоплении подключить вставку через шланг к гелиевой сети для стравливания излишков давления.

Внутренняя часть вставки изолирована от жидкого гелия, в который погружается, а так же от атмосферы. Имеется возможность откачать через клапан воздух из внутреннего объема или напустить гелий для лучшего теплообмена. Напускать просто воздух из атмосферы нельзя, поскольку он замерзнет внутри вставки и может закоротить провода.

Рассмотрим более подробно проблему обменного газа в эксперименте.

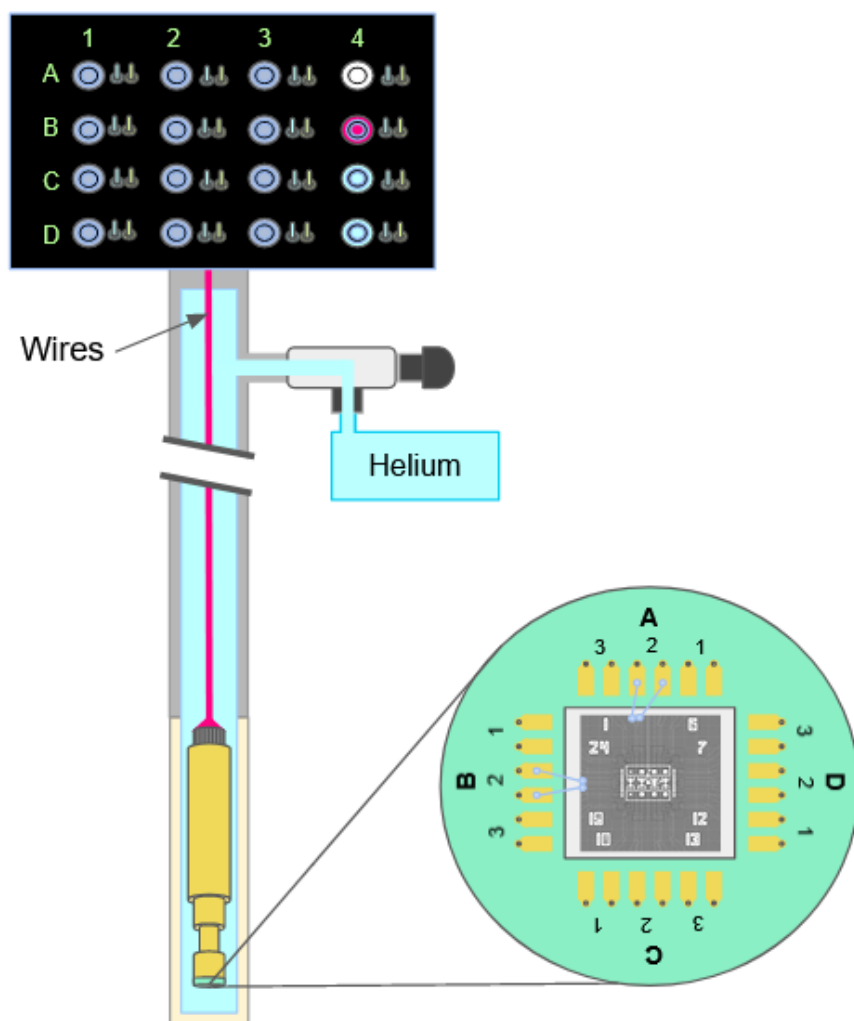


Рис. 4: Внутренняя часть вставки

5 Держатели образцов

5.1 "Перпендикулярный" держатель

Ниже приведем схемы двух держателей. Так же на рисунках отмечено соответствие центральный жил и оплеток на коммутационной коробке и на держателе.

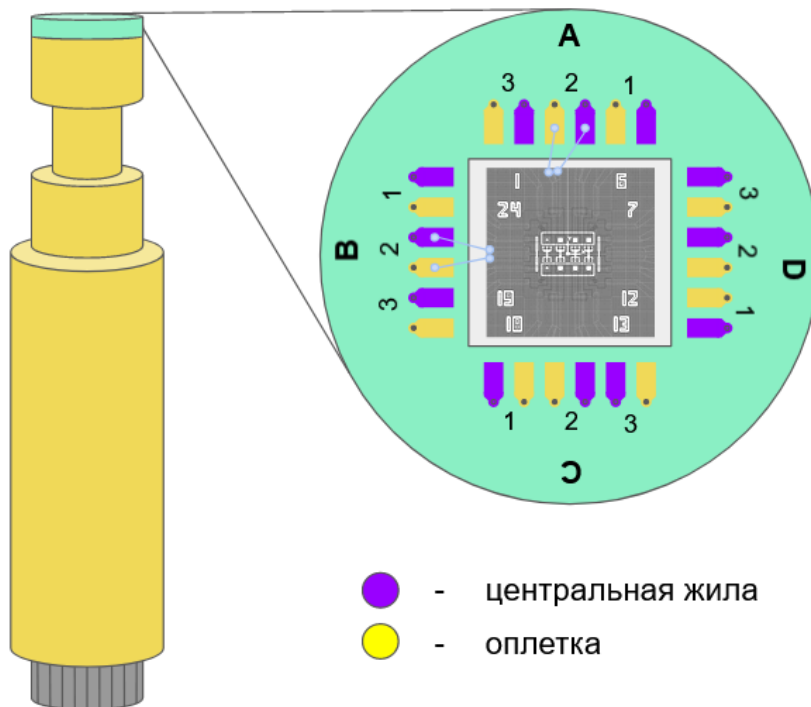


Рис. 5: Вставка "перпендикулярная"®

5.2 "Продольный" держатель

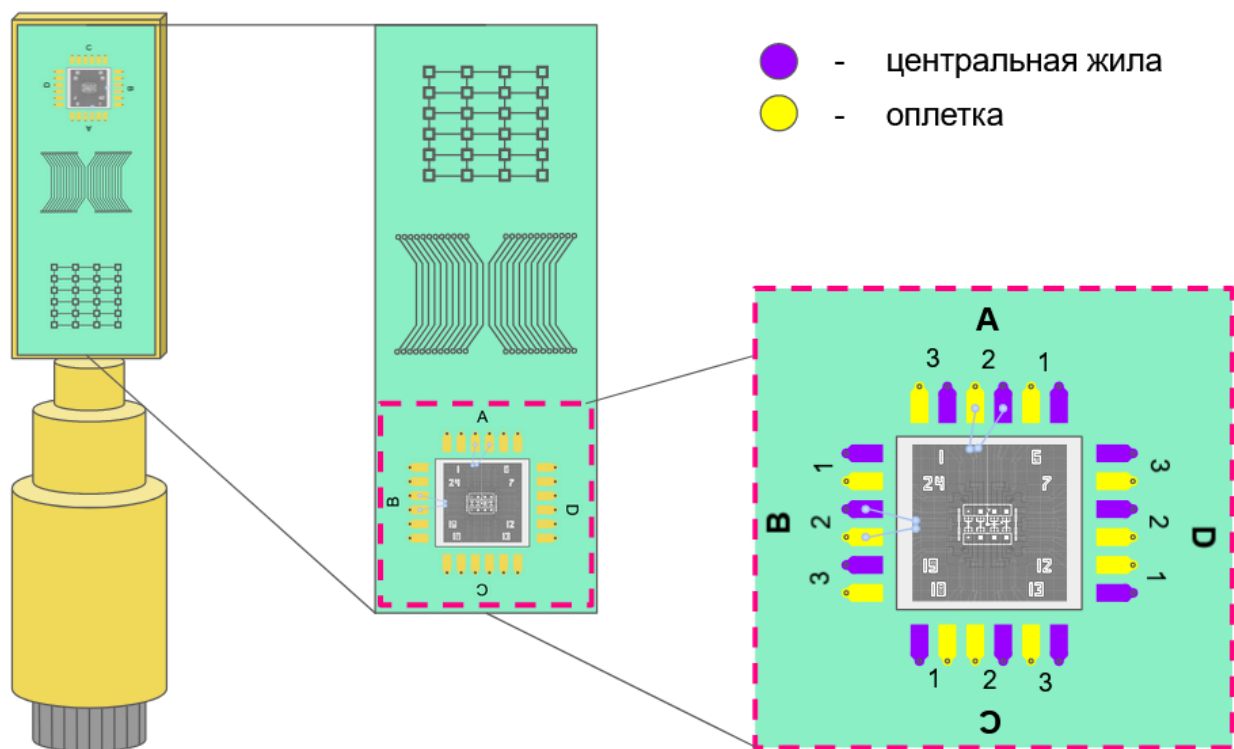


Рис. 6: Вставка "продольная" @

6 Коммутационная коробка и система фильтрации

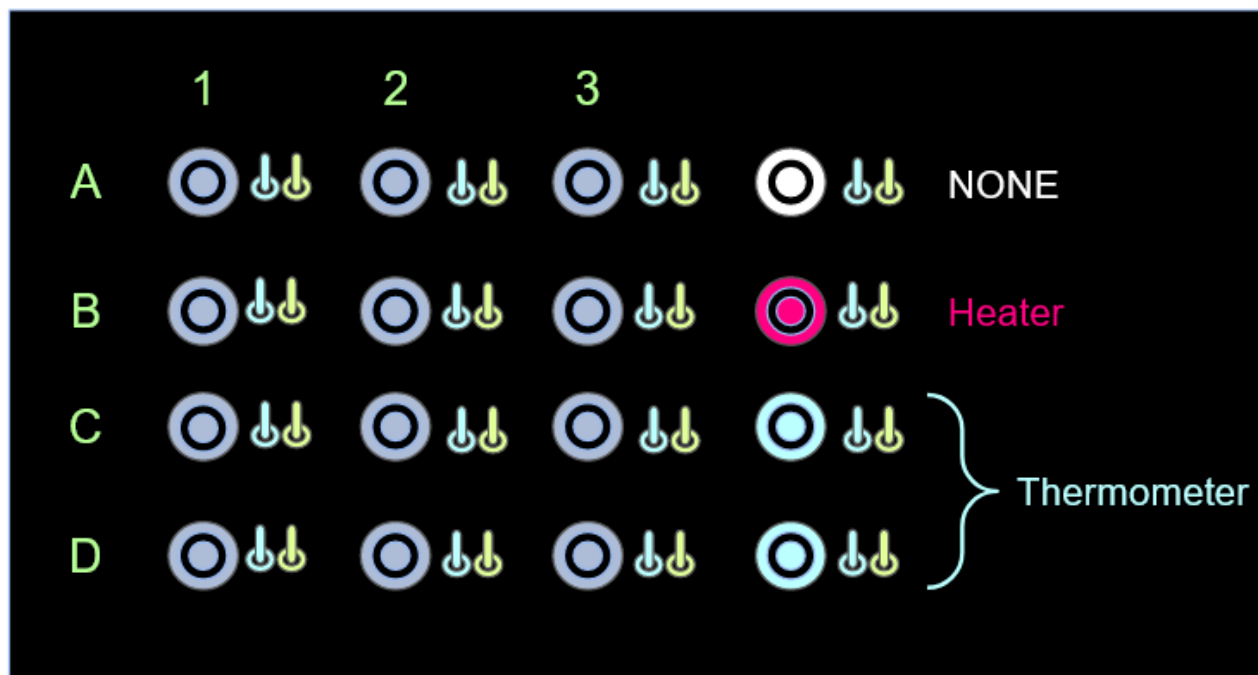


Рис. 7: Коммутационная коробка

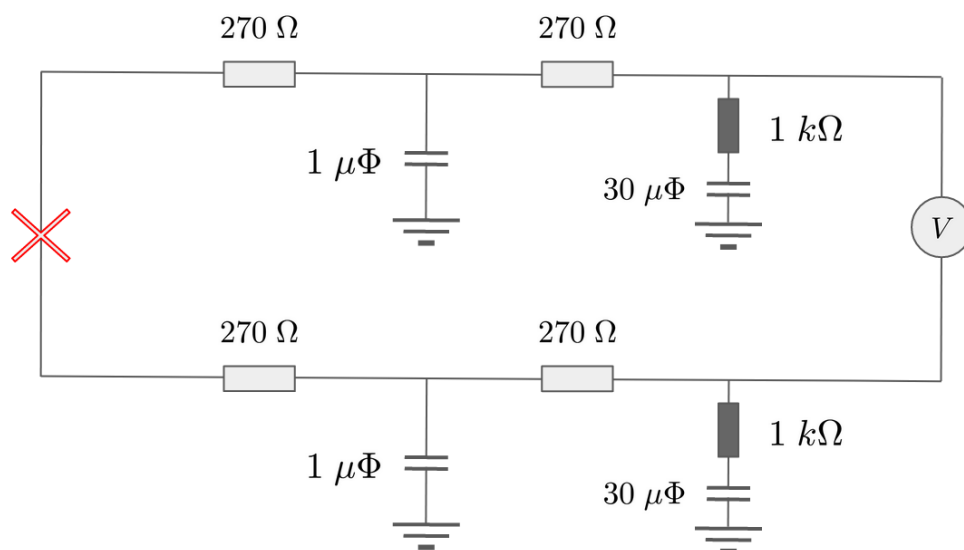


Рис. 8: Система фильтрации вставки до держателя.

7 Вакуумная система

Криостат представляет собой замкнутую герметичную систему для работы с жидким гелием 4. Гелиевая сеть института подключается напрямую к криостату, поэтому необходимо избегать попадания атмосферы внутрь криостата.

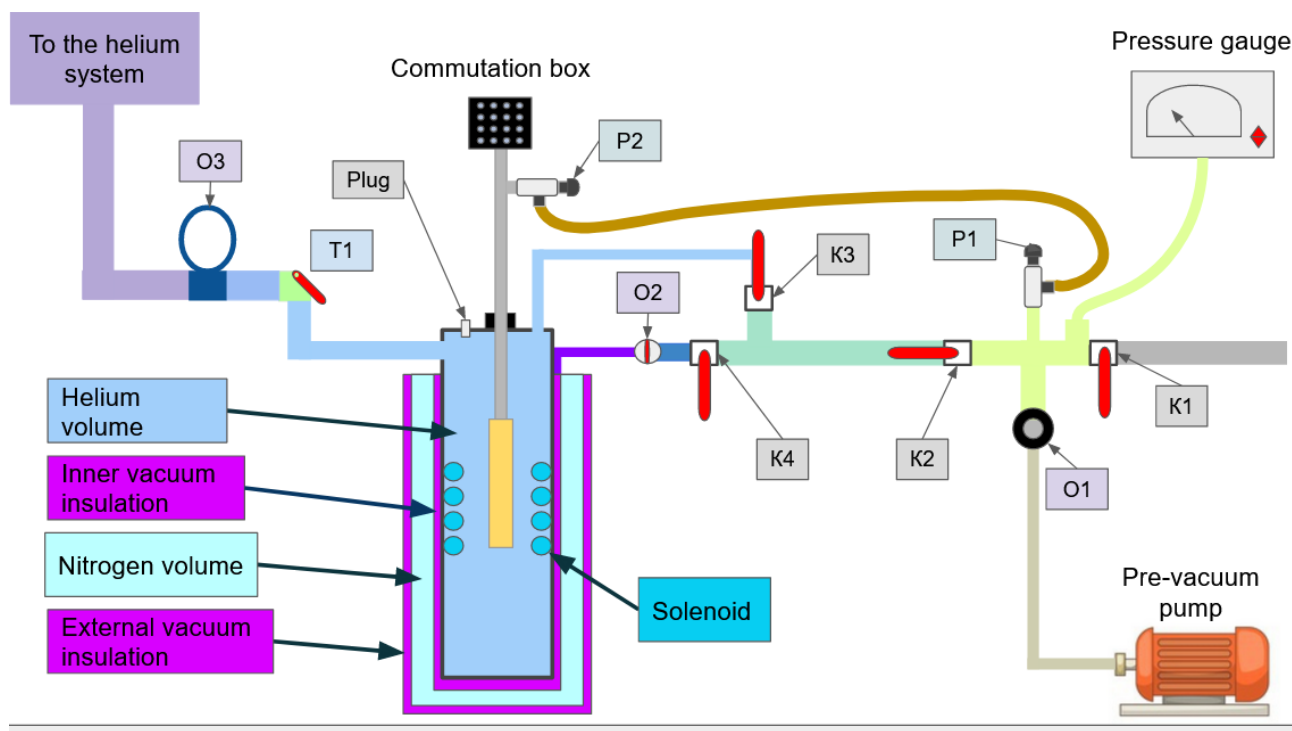


Рис. 9: Схема вакуумной системы

Последовательность вакуумной откачки:

1. Перед началом работы с вакуумной системой: **все краны, кроме O3 должны быть закрыты**. Гелий из сети не будет подтекать за счет крана T1 с обратным клапаном.
2. Еще раз убедитесь, что вы не включаете насос на атмосферное давление. Это может произойти, например, если открыть кран P1.
3. Включите манометр.
4. Включите насос, не подключая его к остальной системе через кран O1, и дайте ему поработать несколько минут.
5. Откройте кран O1 плавно. Это подключит насос к желтому объему. Теперь манометр показывает давление в системе.
6. Плавно откройте насос K2, K4 и O2 (крутить строго по часовой стрелке). Этим шагом мы откачаем внутреннюю рубашку. Ее нужно откачать до момента, когда манометр будет показывать 6-7.
7. Поворачивая по часовой стрелке закройте кран O2. Затем закройте K4, K2 и O1.
8. Далее нужно откачать вставку до 6-7. Для этого подключить к крану P2 шланг через фланец и отжать зажим. Открыть краны P1 и P2. Затем выключите насос.
9. Залейте в азотный объем азот, пока он не начнет выливаться из рубашки. Ориентировочно 3.5 чашки.
10. **Не забывайте доливать по пол-кружки каждые 30 минут.**
11. Включите измерительные приборы на прогрев.
12. Криостат готов к заливке гелия.

8 Заливка гелия

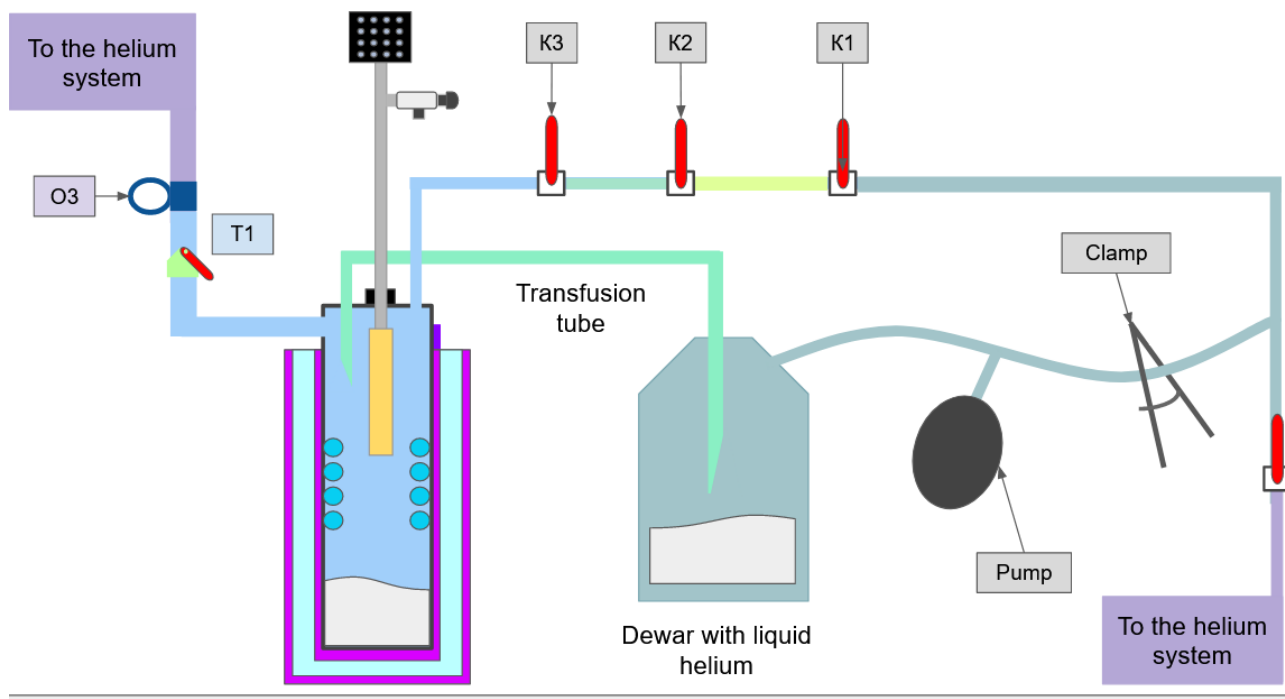


Рис. 10: Схема вакуумной системы

Последовательность заливки гелия:

1. Перед началом работы с гелием: убедиться, что кран O3 открыт.
2. Соединяем дюар шлангом с системой трубок. Краны K1, K2 и K3 должны быть открыты.
3. Перед началом работы с гелием: Во время опускания переливалки все краны должны быть открыты!
4. Поддвигаем дюар так, чтобы переливалка свободно входила в дюар и в криостат.
5. Вставка должна находиться в максимально выдвинутом положении. Проверяем, что она хорошо закреплена. Еще раз проверяем. Если она упадет, гелий вскипит и в лучшем случае выплунет ее обратно.
6. Вытаскиваем пробку из дюара и вставляем в него длинный конец переливалки. Вытаскиваем пробку из криостата. Медленно вставляем переливалку. Она будет встречать некоторое сопротивление, означающее, что надо опускать медленнее. Когда она будет опущена максимально, надеваем муфточку на место контакта на криостате и закручиваем отверстие в дюаре. Ждем установления равновесия.
7. Зажимаем зажим, чтобы гелий качался через переливалку.
8. Нажимаем на шар несколько раз, пока он не увеличится слегка в объеме и не начнет ощутимо пульсировать. Это будет означать итерационное переливание жидкого гелия в еще теплый криостат.
9. С интервалом в 3-5 минут повторять процедуру. Важно добиваться ситуации, когда будет происходить пульсация мяча.
10. Подкручивать зажим на вставке. От холода контакт ослабнет и вставка может упасть.
11. Затем пульсация исчезнет, а при накачке мяч будет только увеличиваться, давление в мяче будет плавно падать. Это будет означать, что происходит переливание жидкого гелия. В этот момент надо следить, чтобы он долился до окошка в верхней части криостата.
12. Когда гелий дойдет до окошка, подождать еще 5-10 минут и убедиться, что он не испарился из него за это время. Когда будет получен устойчивый уровень гелия, вытащить вставку.

13. Для этого без колебаний, но без резких движений вытащить ее из криостата и дюара. При этом из криостата в дунут пары гелия. В них не надо совать руки сразу. Или только в перчатках. Заткнуть отверстие пробкой, закрыть дюар. Отсоединить шланг с мячом, заткнуть его тоже.
14. Дать криостату постоять полчаса. Он будет охлаждать вставку.
15. Начать медленно опускать вставку. Если трубка, ведущая от криостата начнет обмерзать и потрескивать - значит, нужно опускать медленнее.
16. Когда вставка будет полностью опущена, можно начинать измерения.
17. Если все было сделано верно, то на измерения у вас есть около 5 часов.

9 Включение откачки паров гелия

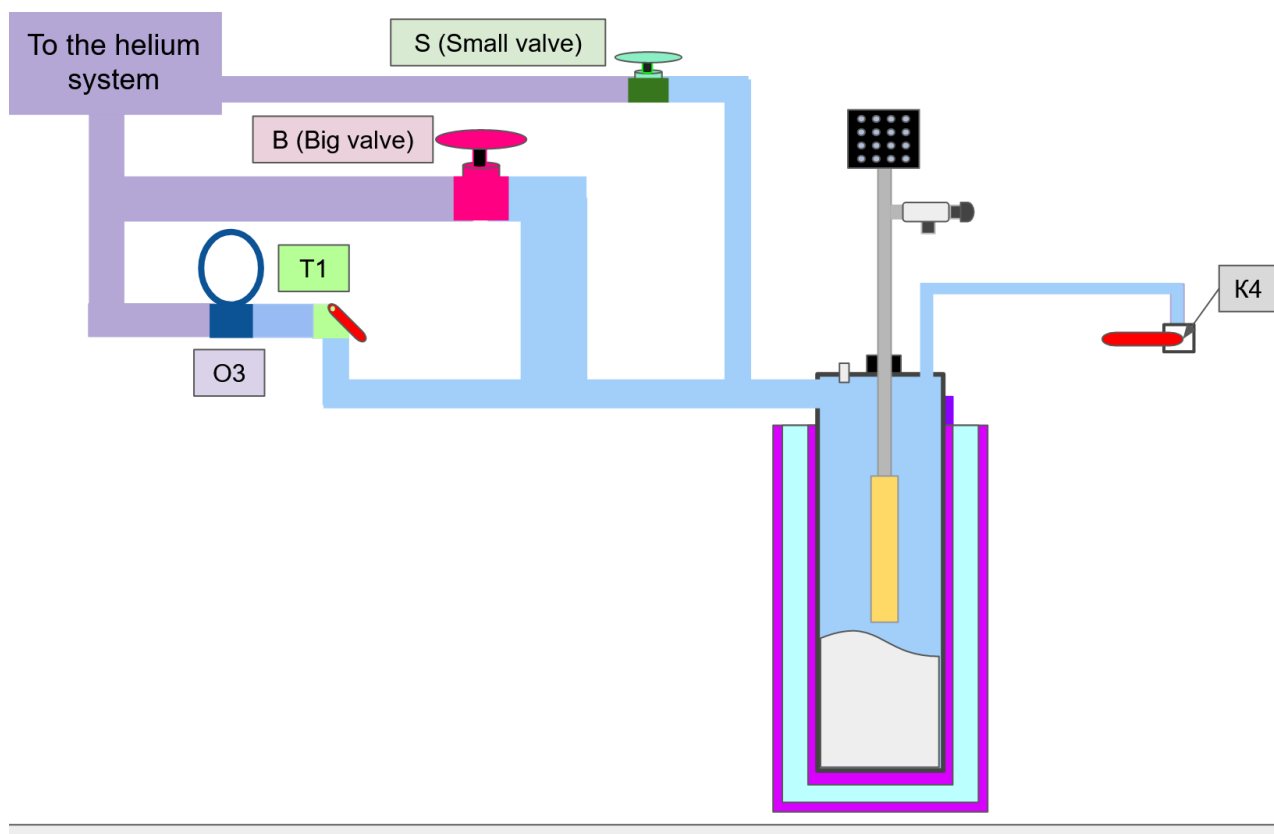


Рис. 11: Схема вакуумной системы

Последовательность действий при откачке паров гелия:

1. Перед началом работы:
2. Заливаем криостат гелием, опускаем вставку.
3. Убеждаемся, что все хомуты хорошо затянуты. трубка охладится, сожмется и может начать подтекать/упасть. В процессе дальнейшего охлаждения подтягивать.
4. Закрываем кран K4.
5. К этому моменту у должны быть закрыты краны K4, закручены клапаны B и S и открыт клапан O3.
6. Включаем контроль температуры.
7. Прикрываем клапан O3 и тут же слегка открываем клапан S. Он должен начать шипеть. Если этого не сделать, то гелий начнет испаряться и создастся большое давление. Этого нужно избегать.
8. Чем больше открыт кран, тем больше откачка, тем ниже давление, тем ниже температура. С помощью максимально открытого крана S можно достичь температуры порядка 1.80-1.60 K. Дальше нужно открывать большой клапан.
9. Время работы при аккуратном использовании около 4-5 часов в режиме средней откачки.
10. Если гелий закончится совсем, температура резко полезет вверх и за несколько минут достигнет 5-10K.
11. Если гелий не закончился, а работа завершена, следует закрыть краны B и S, после чего открыть кран O3. Заметим, что как только он будет открыт, давление в дьюаре станет атмосферным, а значит и температура поднимется обратно до 4.2 K. Если же кран не открывать сразу, то есть возможность мерить на отогреве, который может длиться до 2 часов.
12. **Не забываете открыть кран O3 перед уходом!**