

**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

9-85-699

А.Т.Василенко, В.И.Лепилов, Л.М.Онищенко,  
Ю.Н.Осадченко

АЗОТНЫЕ ЛОВУШКИ  
ДЛЯ ВЫСОКОВАКУУМНЫХ АГРЕГАТОВ  
М4 И ВА-20

**1985**

При создании базовой установки Лаборатории ядерных проблем - фазотрона ОИЯИ - было решено высоковакуумные агрегаты с быстротой действия 40000 л/с, применявшиеся на синхроциклотроне, использовать на новом ускорителе для откачки основного объема камеры, а для откачки объема корпуса вариатора применить три паромасляных агрегата ВА-20 /1/. Для отмеченных агрегатов промышленность не выпускает азотных ловушек. Долговременная надежность работы высокочастотной системы ускорителя на уровне 50 кВ на кромках дуанта и лопатках ротора вариатора более вероятно при безмасляной откачке рабочих объемов ускорителя. С целью заметного уменьшения углеводородов в остаточном газе ускорительной камеры спроектированы и изготовлены оптически непрозрачные азотные ловушки для агрегатов ВА-20 и М4 /1/. Для автоматического питания ловушек этих агрегатов спроектирована и изготовлена линия подачи жидкого азота.

Целью данной работы является сообщение как о конструктивных особенностях устройств, так и о методике расчета, принятой при проектировании ловушек, а также сравнение расчетных данных с экспериментом.

На рис.1 приведена конструктивная схема ловушек. Ловушки для агрегатов ВА-20 и М4 выполнены по одной схеме и отличаются только размерами. Устройства состоят из вакуумного кожуха, выполненного из стали 12Х18Н10Т, торообразного сосуда для хранения жидкого азота, к внутренней цилиндрической поверхности которого приварены пластины - жалюзи из меди. Тор подвешен к крышке на трех трубах  $\phi$  25x1 из нержавеющей стали. Со стороны откачиваемого объема установлен алюминиевый неохлаждаемый экран, а со стороны диффузионного насоса - экраны, охлаждаемые парами азота, которые из сосуда для азота через внешнюю теплоизолированную перемычку попадают в змеевик, а затем в атмосферу. Внешняя поверхность сосуда для азота и неохлаждаемый экран покрыты в несколько слоев /семь/ алюминированным лавсаном. Для предотвращения миграции масла в откачиваемый вакуумный объем по стенкам вакуумного кожуха-ловушки образован барьер из лавсана за счет избыточной осевой длины /благодаря чему лавсановая изоляция торцом упирается в днище кожуха и отсекает путь пленке масла/. Из конструктивной схемы очевидны удобства эксплуатации ловушки. Любой узел доступен, и при необходимости может быть отремонтирован.

Расчетно определялся подвод тепла к сосуду с жидким азотом от "горячих" стенок вакуумного кожуха по двум каналам: лучеиспускания и по теплопроводящим элементам конструкции. Оценивался подвод тепла парами масла из диффузионного насоса. Вносимая мощность составила 5,8 Вт. Эта мощность снимается парами азота при их перегреве на 5,8 К, что позволило не учитывать теплоприток к сосуду с азотом от паров масла.

Радиационный теплоприток к азоту можно расчленить на следующие составляющие: поток от патрубка вакуумного кожуха через неохлаждаемый экран на жалюзи  $Q_1$ ; поток от вакуумного кожуха к бо-

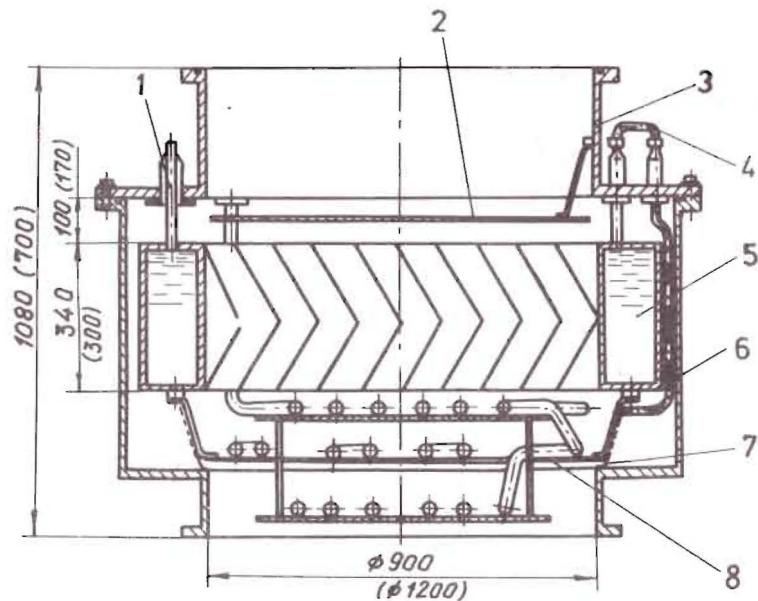


Рис. 1. Конструктивная схема азотных ловушек. Без скобок указаны размеры ловушки для агрегата ВА-20, в скобках - для насоса М-4. 1 - подвеска /труба/; 2 - алюминиевый неохлаждаемый экран; 3 - крыша с патрубком вакуумного кожуха; 4 - внешняя переключка линий для паров азота; 5 - бак с жидким азотом и жалюзи; 6 - корпус вакуумного кожуха; 7 - барьер антимиграционный; 8 - экран из меди, охлаждаемый парами азота.

ковой и торцевым поверхностям ловушки  $Q_2$ ; поток от патрубка через кольцевую щель к ловушке  $Q_3$ . Во всех случаях основной расчетной зависимостью являлась формула [2]:

$$Q = \epsilon_n \cdot C_0 \cdot F_2 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ Вт,}$$

где  $\epsilon_n$  - приведенная степень черноты поверхностей, участвующих в теплообмене;  $C_0 = 5,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$  - степень черноты абсолютно черного тела;  $F_2$  - площадь тела /приемника/, на которую падает поток  $Q$ ;  $T_1$  - температура /К/ излучателя потока  $Q$ ;  $T_2$  - температура /К/ приемника потока  $Q$ .

Приведенная степень черноты равна

$$\epsilon_n = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_2} + \frac{F_2}{F_1} \left( \frac{1}{\epsilon_1} - 1 \right)},$$

где  $\epsilon_1$  - степень черноты поверхности излучателя,  $\epsilon_2$  - степень черноты поверхности приемника,  $F_1$  - площадь поверхности излучателя.

При установке экранов считалось, что тепловой поток от излучателя к экрану равен потоку от экрана к приемнику /сосуд с азотом/, иначе говоря, отсутствуют внутренние источники тепла.

Степень черноты вакуумного кожуха, выполненного из стали 12X18H10T, взята равной 0,35, а неохлаждаемого экрана, боковой и торцевых поверхностей азотного сосуда, обернутого алюминиевым лавсаном, взята 0,05. Степень черноты жалюзи, выполненных из зачищенной листовой меди, равна 0,1. Площадь экрана  $F_э = 0,622 \text{ м}^2$ , площадь патрубка  $F_п = 2,48 \text{ м}^2$ , а площадь жалюзи  $F_ж = 0,724 \text{ м}^2$ , площадь вакуумного кожуха  $3,9 \text{ м}^2$ , площадь боковой и торцевых поверхностей ловушек  $2,17 \text{ м}^2$ . При этом  $Q_1 = 5,8 \text{ Вт}$ ,  $Q_2 = 38,4 \text{ Вт}$ ,  $Q_3 = 7,7 \text{ Вт}$ .

Мощность, подводимая через подвески, определялась по зависимости

$$Q_4 = n \frac{\lambda_{ср} \cdot F_{пр}}{l_{пр}} (T_1 - T_2) \text{ Вт,}$$

где  $n$  - число подвесок /3 шт./,  $F_{пр}$  - площадь поперечного сечения подвески / $F_{пр} = 75,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ /,  $l_{пр}$  - длина подвески / $l_{пр} = 0,236 \text{ м}$ /.

$$\lambda_{ср} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \frac{8,2 + 15,1}{2} = 11,65 \text{ Вт/мК,}$$

$\lambda_1$  - теплопроводность материала подвески /12X18H10T/ при температуре  $T_1$ ,  $\lambda_2$  - теплопроводность подвески при температуре  $T_2$ .

Мощность  $Q_4$  составила 2,5 Вт.

Суммарная мощность, подведенная к сосуду с жидким азотом, равна 55 Вт или 47,5 ккал/ч. Ожидается испарение азота за один час 1,25 литра.

Емкость сосуда для азота равна 130 л, реальное заполнение в лучшем случае составит 110 л. Выпаривание менее чем до 0,2 первоначального объема нецелесообразно из-за отепления верхнего яруса ловушки. С учетом сказанного ожидаемая непрерывная работа при одной заправке 110 л жидкого азота равна 2,9 сут.

Расчетное значение пропускной способности ловушки - 9000л/с. Первоначально измеренный часовой расход жидкого азота составил 1,4 л/ч. После нескольких месяцев эксплуатации расход увеличился до 1,8 л/ч. Это, по-видимому, можно объяснить увеличением степени черноты за счет "замазливания" отражающих поверхностей.

Аналогично была рассчитана ловушка для насоса М4. Расчетное значение часового расхода для нее равно 2,5 л/ч, а фактическое - 2,8 л/ч. При номинальной емкости 190 л запаса азота достаточно для непрерывной работы в течение двух суток.

Линия длиной 75 м для подвода жидкого азота от "танка", установленного за пределами здания, выполнена из нержавеющей труб. Изоляция вакуумная. Внутренняя труба дополнительно изолирована семью слоями металлизированного лавсана. Азотопровод с "танком" и ловушками соединен гибкими металлорукавами. Уста-

новленные вентили позволяют производить избирательное наполнение ловушек. Схема азотопровода приведена на рис.2.

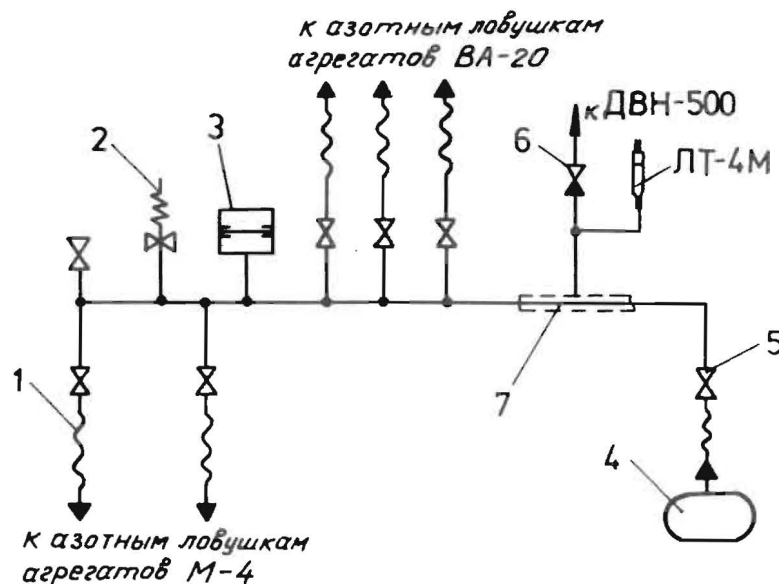


Рис.2. Принципиальная схема азотопровода. 1 - рукав металлический гибкий переливной; 2 - клапан предохранительный; 3 - мембрана предохранительная; 4 - "танк" с жидким азотом; 5 - вентиль "холодный"  $D_y=15$ ; 6 - вентиль вакуумный,  $D_y=32$ ; 7 - вакуумный объем азотопровода.

Планируется проведение работ по автоматизации заполнения и подпитки ловушек жидким азотом.

В заключение авторы выражают благодарность В.П.Джелепову за постоянный интерес и поддержку работы, А.Е.Новикову, Н.И.Семенову, В.А.Штырину за большой вклад в изготовление азотных ловушек и азотопровода, а также А.А.Винокурову, В.В.Дмитриеву, В.Г.Сазонову за помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Глазов А.А. и др. ОИЯИ, 9-3211, Дубна, 1967.
2. Михеев М.А. Основы теплопередачи. Госэнергоиздат, М.-Л., 1956.

Рукопись поступила в Издательский отдел  
30 сентября 1985 года.

Василенко А.Т. и др.

9-85-699

Азотные ловушки для высоковакуумных агрегатов М4 и ВА-20

Сообщается о примененной методике и исходных предпосылках при расчете азотных ловушек для высоковакуумных агрегатов М4 и ВА-20 с быстротой действия 40 тыс. и 20 тыс. л/с, а также о результатах опытной эксплуатации ловушек на фазотроне ОИЯИ. Преследовалась цель уменьшения количества углеводородов в остаточном газе ускорительной камеры и повышения предельного вакуума. После ввода ловушек в эксплуатацию, углеводородов в камере стало меньше в 3-4 раза, примерно во столько же улучшился предельный вакуум. Быстрота действия насосов уменьшилась в два раза. Предложенное конструктивное решение ловушек с использованием жидкого азота для их охлаждения может быть полезным как в практике ускорительной техники, так и в технике высокого вакуума при откачке объемов в несколько десятков кубометров.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод О.С.Виноградовой.

Vasilenko A.T. et al.

9-85-699

Nitrogen Baffles for High Vacuum M4 and VA-20 Pumps

The applied method and initial assumptions are reported for designing nitrogen baffles for M4 and VA-20 high vacuum pumps with  $40 \cdot 10^3$  and  $20 \cdot 10^3$  l/s pumping speed. The operation experience of these baffles with the JINR phasotron is discussed. The main goal was to diminish hydrocarbon quantity in the vacuum oil in the residual gas of the accelerator vacuum chamber and to receive best vacuum. The flow regulators having been put into operation decreased by 3-4 times the hydrocarbon quantity in the chamber and improved the ultimate vacuum by about the same value. The pumping speed decreased twice. The proposed design: of the nitrogen baffles can be used as in the accelerator facilities as in high vacuum technology for pumping large volumes of a few tens of cubic meters.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985