



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

И.Н. Гончаров

1811

К РАСЧЕТУ УГОЛЬНЫХ АДсорбционных НАСОСОВ
ДЛЯ ОТКАЧКИ ПАРОВ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ

Дубна 1963

И.Н. Гончаров

1911

К РАСЧЕТУ УГОЛЬНЫХ АДСОРБЦИОННЫХ НАСОСОВ
ДЛЯ ОТКАЧКИ ПАРОВ ЖИДКОГО ГЕЛИЯ

Дубна 1963

Криостаты для непрерывного поддержания температур $\approx 0,3^\circ\text{K}$ путем откачки паров He^3 с помощью диффузионных и ротационных герметичных насосов, как правило, представляют собой довольно сложные, фундаментальные установки. Вместе с тем, в работах ^{/1,2/} описаны простые криостаты для получения низких температур путем откачки паров жидкого гелия адсорбционными угольными насосами. Однако, если в распоряжении имеется ограниченное количество He^3 , с их помощью нельзя обеспечить длительного непрерывного поддержания предельно низкой температуры из-за необходимости периодически отогревать установку для десорбции гелия.

Эту задачу можно решить, разместив в вакуумном объеме внутри криостата 2 небольших угольных насоса, изолированных друг от друга в тепловом отношении. Пока один из них, охлажденный до рабочей температуры / $T_{\text{ад}}$ / производит откачку, адсорбируя He^3 , другой насос можно отогреть до такой температуры / $T_{\text{д}}$ /, при которой из угля десорбируется почти весь гелий. За счет полученного при этом увеличения давления He^3 может быть сконденсирован в змеевике при $1-1,3^\circ\text{K}$. После этого насос охлаждается до $T_{\text{ад}}$ при помощи механического контакта или теплообменного газа, и цикл повторяется.

Для расчета оптимальных размеров насоса необходимы данные по адсорбционной способности активированного угля, охлажденного до рабочей температуры $1,3 - 4,2^\circ\text{K}$ при равновесном давлении гелия над углем $10^{-4} - 10^{-2}$ мм рт.ст. /1 мм рт.ст. в СИ равен $133,322 \text{ н/м}^2$ /. Кроме того, нужно знать, сколько газа останется в угле после десорбции при отогреве его до разных температур $T_{\text{д}}$ в интервале равновесных давлений $8 \div 30$ мм рт.ст. (именно при таких давлениях происходит конденсация He^3 при $1-1,3^\circ\text{K}$) К моменту выполнения настоящей работы в литературе ^{/3,7/} имелись данные о поглощательной способности активированного угля при гелиевых температурах, измеренной в области сравнительно высоких давлений / $\geq 0,14$ мм рт.ст./.

Полагая, что He^3 и He^4 поглощаются углем практически одинаково, мы провели измерения изотерм адсорбции He^4 на активированном угле АГ-2, который не подвергался никакой специальной тренировки, кроме непродолжительной откачки форвакуумным насосом при температуре $70-80^\circ\text{C}$. Давление He^4 над охлажденным углем измерялось термопарной лампой ЛТ-4М, проградуированной по манометру Мак-Леода. Равновесное давление определялось по кривой зависимости давления от времени после запуска очередной порции гелия. Практически уже через $50-80$ мин давление не отличалось от равновесного более чем на $\approx 10\%$. Поправки на термомолекулярный эффект производились на основании данных работы ^{/6/}. Измерение количества He^4 , остающегося в угле после десорбции, производилось спустя $10-15$ минут после того, как латунный корпус перемещался на очередной температурный уровень. К этому времени давление в насосе практически переставало меняться. Температура десорбции определялась с помощью трех угольных термометров сопротивления, проградуированных в интервале $20-29^\circ\text{K}$ по давлению насыщенных паров жидкого водорода. Результаты измерений представлены на

рис. 1 а/ и б/. То, что изотермы адсорбции при 25° и 29° К лежат ниже изотерм десорбции при этих же температурах, возможно, связано с тем, что в последнем случае не достигалось полного теплового равновесия. Однако, с точки зрения приложения к угольным насосам, интерес представляют результаты, полученные именно при такой постановке опыта, моделирующей работу насоса.

Результаты в измеренном интервале давлений достаточно хорошо согласуются с приведенной в /5/ изотермой адсорбции He^4 на угле АГ-2 при $3,3^{\circ}$ К. Из сравнения с опубликованной в /4/ изотермой адсорбции He^4 на угле БАУ при $4,2^{\circ}$ К видно, что поглощательная способность угля АГ-2 на единицу объема почти вдвое выше, вследствие чего его предпочтительнее использовать в адсорбционных насосах.

В качестве примера использования полученных результатов в таблице 1 приведены параметры одного из двух насосов, предназначенных для непрерывной откачки паров He^3 . При расчете предполагалось, что: 1/ в нашем распоряжении имеется 2 л газообразного He^3 при нормальных условиях; 2/ теплопровод к откачиваемой ванночке составляет 10^{-4} дж/сек; 3/ температура жидкого He^4 , в который погружен змеевик для охи-жения He^3 , равна $1,2^{\circ}$ К /соответствующее давление, при котором происходит конденсация He^3 составляет ≈ 20 мм рт.ст.; 4/ давление в насосе не должно превышать 10^{-4} мм рт.ст.

Т а б л и ц а 1

	$T_{ад} = 2,2^{\circ}K$	$T_{ад} = 4,2^{\circ}K$
Адсорбционная способность угля, $\frac{см^3}{г.}$ при нормальных условиях /760 мм рт.ст., $0^{\circ}C$ /	260	100
Минимальное количество угля, г	4	10
Реальное количество угля, г	16	40
$T_{д}$, необходимая, чтобы в угле оставалось $\leq 10\%$ поглощенного He^3 , K° .	30	40
Вес медного корпуса насоса с запорным вентилем, г.	≈ 500	≈ 1000
Объем жидкого He^4 /в $см^3$ /, испарившегося в течение каждого цикла за счет:		
- выделения тепла при адсорбции -	3	3
- теплопровода от нагретого до $T_{д}$ в течение 1 часа насоса -	6	10
- охлаждения от $T_{д}$ до $T_{ад}$ корпуса насоса и угля -	33	250
Длительность цикла, час.	≈ 3	≈ 3

В заключение пользуюсь случаем выразить благодарность М.Литомискому, помогавшему в некоторых измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. Б.Н. Есельсон, Б.Г. Лазарев, А.Д. Швец. ПТЭ, № 5, 160 /1961/.
2. Б.Н. Есельсон, Б.Г. Лазарев, А.Д. Швец. ПТЭ, № 3, 198 /1962/.
3. A. Van Itterbeek, W. Van Dingenen, J. Borghs. Physica, 6, 951 (1939).
4. М.Ф.Федорова. Препринт ФТИ АН УССР № 367 /1962/.
5. Н.В. Заварицкий. ПТЭ, № 1, 191 /1963/.
6. T.R. Roberts, S.G. Sydoriak. Phys. Rev., 102, 304 (1956).
7. C.J. Hoffman, E.J. Edeskuty, E.F. Hammel. J. Chem. Phys., 24, 124 (1956).

Рукопись поступила в издательский отдел
25 мая 1963 года.

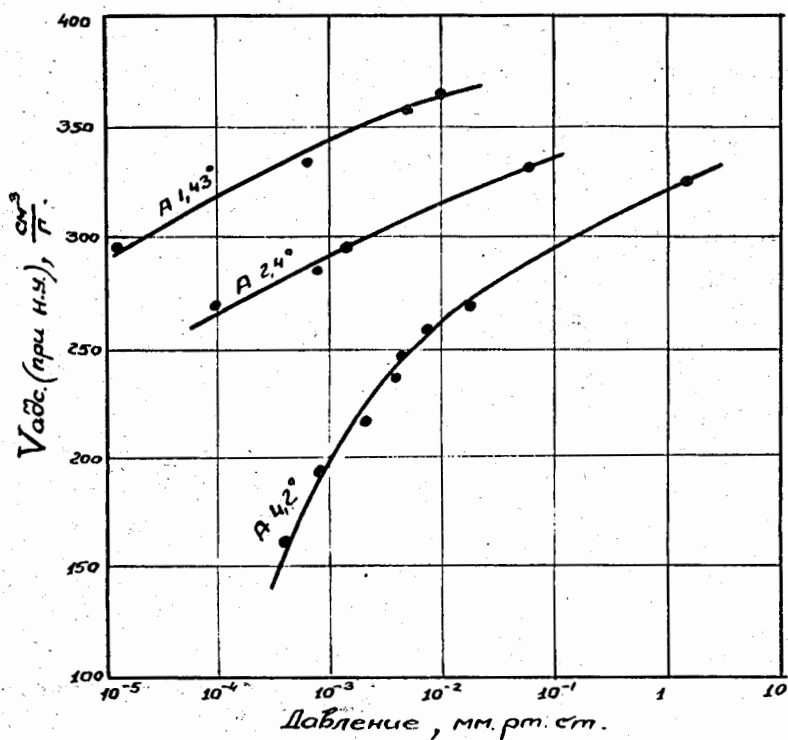


Рис. 1а.

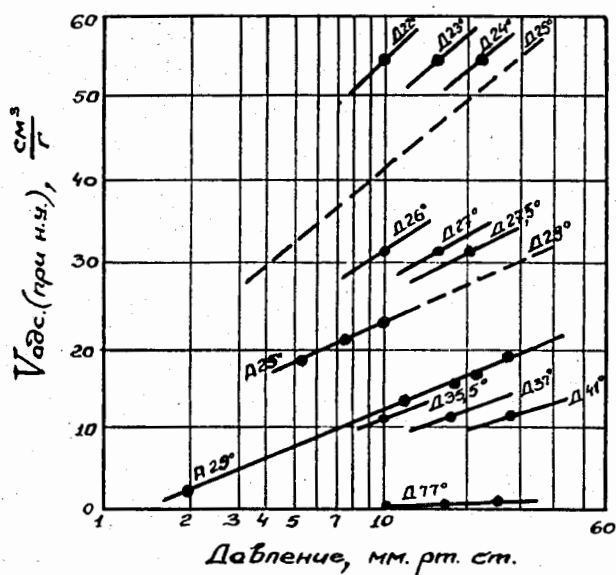


Рис. 1б.

Рис. 1. Изотермы адсорбции и десорбции He^4 на угле АГ-2
 а/ при гелиевых температурах ,
 б/ при повышенных температурах.
 А - адсорбция, Д - десорбция.