

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



СЗ45А1
А-239

8 - 8608

26/6-75

А.И.Агеев, Н.Н.Агапов, В.А.Белушкин

19/2/2-75

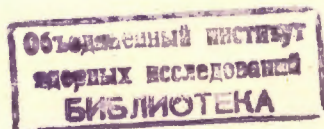
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ГЕЛИЕВОГО КРИОГЕННОГО ЭЖЕКТОРА

1975

8 - 8608

А.И.Агеев, Н.Н.Агапов, В.А.Белушкин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ГЕЛИЕВОГО КРИОГЕННОГО ЭЖЕКТОРА



Предполагается, что одним из элементов коллективного линейного ускорителя /3/ будет криогенная высокочастотная ускорительная секция "Кольцетрон". В этом устройстве ускорение сгустка частиц совершается с помощью электрических полей, создаваемых резонаторами /1,2/. Последние должны работать при температуре ниже 2К; тепловыделение в них при этой температуре составляет 30 Вт.

В настоящей работе рассмотрен вариант термостатирования резонаторов кольцетрона с помощью криогенного эжектора.

Геометрические размеры эжектора определены на основе методики /4/ при следующих исходных данных:

расход сжатого гелия	$G_p = 27,8 \text{ г/с}$,
температура на входе	$T_p = 6,1 \text{ К}$,
давление на входе	$P_p = 24,5 \text{ бар}$,
давление на выходе	$P_c = 1,32 \text{ бар}$,
нагрузка	$Q_H = 30 \text{ Вт}$.

Расчеты показали, что предельно достижимая температура при указанных исходных данных составляет 2,25 К. Эта величина получена без учета гидравлического сопротивления на всасывающем тракте эжектора.

Основные геометрические размеры эжектора приведены на рис. 1.

Для проверки работы криогенного эжектора был создан экспериментальный стенд /рис. 2/, работающий совместно с гелиевым рефрижератором-ожижителем.

Рабочий /сжатый/ поток с параметрами P_p , T_p , G_p направляется через угольный адсорбер (III) и фильтр (IV) к соплу эжектора (V). Расширяясь в сопле, он инжекти-

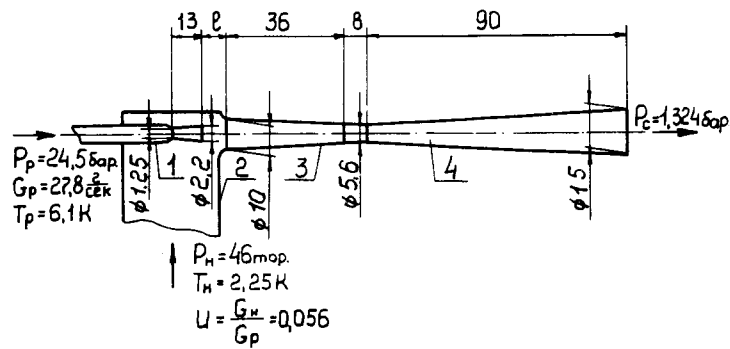


Рис. 1. Схема гелиевого криогенного эжектора. 1 - сопло, 2 - приемная камера, 3 - камера смешения, 4 - диффузор. P_p , G_p , T_p , P_c - исходные параметры. Размеры эжектора и параметры инжектируемого потока рассчитаны по методике [4].

рует из малого криостата (VI) пары гелия с параметрами P_H , T_H , G_H , которые разгоняются до высоких скоростей в камере смешения и, затормаживаясь в диффузоре, сжимаются до давления P_c на выходе из эжектора. Гелий при давлении P_c и температуре T_c возвращается в рефрижератор. Через вентиль (VII) и фильтр (VIII) происходит наполнение малого криостата (VI) жидким гелием из основного криостата (IX). Вентиль (X) используется для сокращения периода охлаждения.

Манометрами $M_1 \div M_4$ замерялись давления рабочего потока - P_p , инжектируемого потока - P_{H9} , в малом криостате - P_H и в основном криостате - P_c . Температуры T_p и T_H перед соплом и в малом криостате контролировались угольными сопротивлениями. Более точные значения T_H определялись по давлению P_H насыщенных паров гелия в криостате (VI). Уровень гелия контролировался сверхпроводящими уровнемерами. Нагревателями \mathcal{E}_H и \mathcal{E}_c имитировалась нагрузка Q_H и Q_c .

На рис. 3 приведена фотография эжектора.

В результате экспериментального исследования были определены зависимости температуры T_H от нагрузки при этой температуре [рис. 4], величины гидравличес-

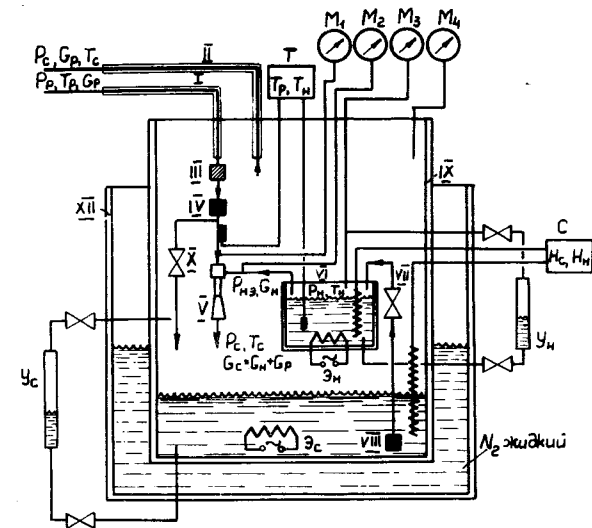


Рис. 2. Экспериментальный эжекторный стенд. I, II - гелиевые магистрали с многослойной экранно-вакуумной изоляцией, III - угольный адсорбер, IV, VIII - фильтры из пористой бронзы, V - криогенный эжектор, VI - малый криостат, VII - пополняющий вентиль, IX - основной криостат, X - байпасирующий вентиль, XII - азотный криостат. M_1 , M_2 , M_3 , M_4 - манометры, T - вторичный прибор термометров Аллен-Бредли, Y_c , Y_H - гидравлические указатели уровня, C - вторичный прибор сверхпроводящих указателей уровня, \mathcal{E}_H , \mathcal{E}_c - электронагреватели.

кого сопротивления всасывающего тракта $\Delta P = P_H - P_{H9}$ и оптимальное расстояние между соплом и камерой смешения l .

Величина $P_H - P_{H9}$ изменялась в зависимости от Q_H , P_c , P_H от нуля при $Q_H = 0$ до 20 Тор при $Q_H = 70 \text{ Вт}$, $P_H = 197 \text{ Тор}$ и $P_c = 1,35 \text{ бар}$. Для расчетных значений $Q_H = 30 \text{ Вт}$ и $P_c = 1,32 \text{ бар}$ эта величина составила $12 \div 16 \text{ Тор}$.

Для определения оптимального положения рабочего сопла относительно камеры смешения при постоянных значениях P_p , T_p , P_c , Q_H подбиралось такое расстоя-

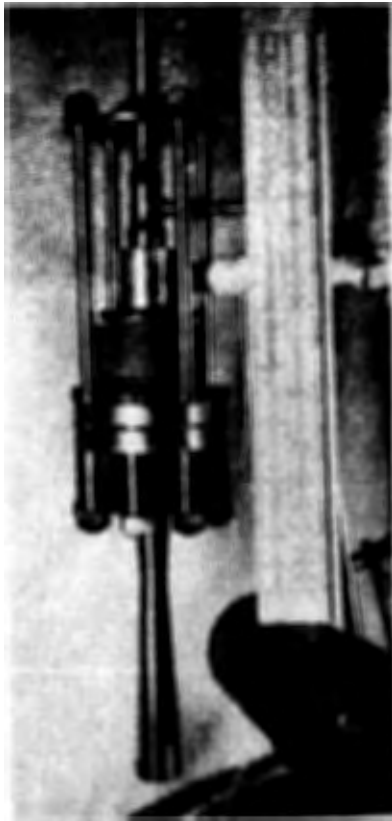


Рис. 3. Общий вид эжектора.

ние ℓ , при котором получалось наименьшее значение P_H . В результате было установлено, что сопло должно быть вдвинуто внутрь камеры смещения на 2,5 мм.

На рис. 4 представлены зависимости $T_H = f(Q_H)$ для различных значений T_p и P_c .

Расчетным значениям $P_c = 1,32$ бар и $T_c = 6,1$ К соответствует зависимость 1. В этом режиме при нагрузке $Q_H = 30$ Вт получена температура $T_H = 2,38$ К. Определенное по методике /4/ с учетом гидравлического сопротивления $\Delta P = P_H - P_{HЭ}$ значение T_H равно

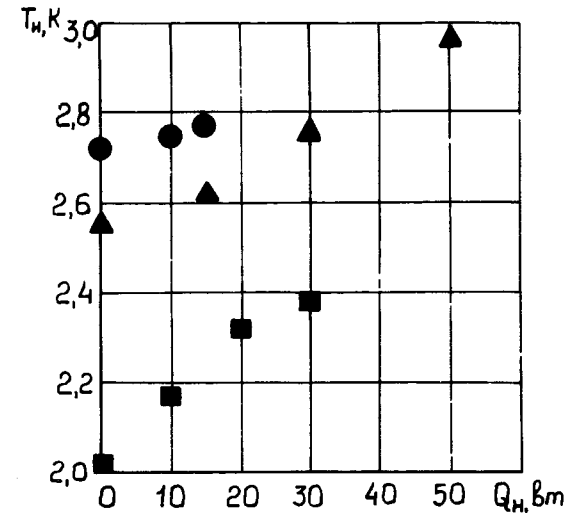


Рис. 4. Экспериментальные зависимости $T_H = f(Q_H)$ криогенного эжектора. 1. $P_p = 25,5$ бар; $T_p = 6 \div 6,1$ К; $P_c = 1,32$ бар; - ■ . 2. $P_p = 25,2$ бар; $T_p = 5,56 \div 5,59$ К; $P_c = 1,35$ бар; - ▲ . 3. $P_p = 25$ бар; $T_p = 5,4 \div 5,5$ К; $P_c = 1,41$ бар; - ●

2,35 К, что показывает высокую точность выбранного способа определения основных размеров и характеристик эжектора.

Зависимости 2 и 3 показывают, что уменьшение T_p и повышение P_c приводит к росту температуры T_H .

Таким образом, расчетом и экспериментами установлено, что при указанных параметрах термостатирование резонаторов возможно при температурах не ниже 2,35 К.

Авторы выражают благодарность профессору В.М.Бродянскому, профессору А.Г.Зельдовичу и доценту А.В.Мартынову за плодотворные дискуссии и помощь в работе.

Литература

1. Н.Г.Анищенко и др. ОИЯИ, Р9-4722, Дубна, 1969.
2. Н.Г.Анищенко и др. ОИЯИ, Р9-5488, Дубна, 1970.
3. В.И.Векслер и др. АЭ, 24, 317 /1968/.
4. А.В.Марфинов, А.И.Агеев. Труды МЭИ, в. 186, М., 1974, стр. 154-162.

*Рукопись поступила в издательский отдел
14 февраля 1975 года.*