

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1861/2-80

21/4-80
1-80-17

Л.Б.Голованов, В.Ф.Чумаков

РЕГИСТРАЦИЯ И УСТРАНЕНИЕ
ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ
В КРИОГЕННЫХ УСТАНОВКАХ
ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Направлено в ПТЭ

1980

Голованов Л.Б., Чумаков В.Ф.

1-80-17

Регистрация и устранение термоакустических колебаний в криогенных установках ядерной физики

Описана методика регистрации и устранения термоакустических колебаний в криогенных установках ядерной физики с помощью наружных устройств.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1980

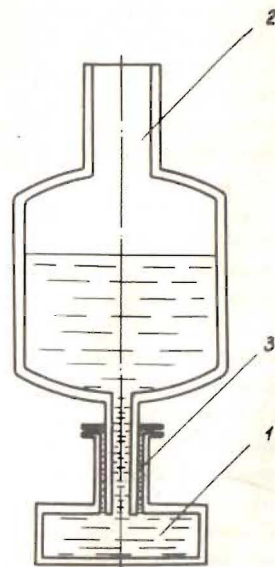
Golovanov L.B., Chumakov V.F.

1-80-17

Detection and Elimination of Thermoacoustic Oscillations in Cryogenic Systems of Nuclear Physics

В низкотемпературных установках с жидким водородом или гелием при определенных условиях возникают самопроизвольные незатухающие колебания давления, которые вызывают увеличение испаряемости жидкости ^{1/1}. В литературе эти колебания называются термоакустическими или термоиндуцированными автоколебаниями. Мы столкнулись с термоакустическими колебаниями при определении теплопритока к установкам с криогенными мишенями. Эти установки /рис.1/ состоят из самой мишени /1/, сосуда специальной конструкции, заполненного жидкостью, и резервуара промежуточного сосуда /2/, из которого жидкость самотеком поступает в мишень для ее пополнения.

Рис.1. Схема расположения мишени и промежуточного сосуда. 1 - мишень, 2 - промежуточный сосуд, 3 - кольцевой объем /этот объем является причиной возникновения термоакустических колебаний/.



При испытании установки с гелиевой мишенью была определена испаряемость отдельно из мишени, отдельно из промежуточного сосуда /не соединенных вместе/, которая составила соответственно 530 и 980 л.газа/ч. Общая же испаряемость гелия из мишени и промежуточного сосуда, соединенных между собой, составила 15000 л.газа/ч, т.е. в 10 раз больше, чем суммарная испаряемость отдельных элементов. При этом в установке возникали термоакустические колебания давления с частотой 6 Гц и амплитудой

0,1 атм. После устранения термоакустических колебаний общая испаряемость из установки стала равна сумме испаряемости мишени и промежуточного сосуда^{/2/}.

Испытания криогенной установки, состоящей из мишеней, заполненных гелием, водородом и дейтерием, и промежуточных сосудов для гелия и водорода, показали, что в гелиевой и водородной частях установки возникают колебания, во время которых испаряемость гелия составляла 68000 л.газа/ч, при устранении колебаний испаряемость снизилась до 1500 л.газа/ч; в водородной части во время колебаний испаряемость была 2300 л.газа/ч, после их устранения - 1100 л.газа/ч^{/3/}. Отсюда видно, что колебания, возникающие в криогенных системах, увеличивают испаряемость в несколько десятков раз. Термоакустические колебания, вызывая повышенную испаряемость, осложняют работу на установках, а в некоторых случаях делают ее невозможной.

В каких же условиях возникают термоакустические колебания? Одним из наиболее простых условий их возникновения является наличие в установке трубки, заполненной газом, нижняя часть которой открыта и имеет температуру, близкую или равную температуре криогенной жидкости, а верхняя замкнута и имеет комнатную температуру. В нашем случае причиной возникновения термоакустических колебаний является кольцевой зазор^{/3/}, образованный горловиной мишени и сливной трубкой промежуточного сосуда.

Автор книги "Техника низкотемпературного эксперимента"^{/1/} А.Роуз-Инс писал: "Механизм возникновения этих колебаний еще не вполне понятен, и точно установить условия, при которых колебания могут или не могут возникнуть, довольно трудно". И хотя за последнее десятилетие появился целый ряд работ, в которых по результатам экспериментов делалась попытка прогнозировать возникновение термоакустических колебаний в криогенных установках и объяснить механизм процесса^{/4-6,9/}, все еще остается сложным на стадии создания установки предвидеть возможность возникновения колебаний и ликвидировать их источники.

Одним из способов устранения термоакустических колебаний является поглощение их демпфирующими устройствами, расположенными снаружи установки^{/7,8/} вне криогенной части. Для обнаружения термоакустических колебаний и измерения их амплитуды и частоты обычно в качестве датчиков используются тензометры или пьезоэлементы, а для регистрации сигналов, поступающих с датчиков, - электронный осциллограф. На установках с криогенными мишенями для измерения колебаний были использованы в качестве датчиков угольные микрофоны, сигнал от которых фиксировался самопишущим быстродействующим многоканальным прибором Н327.

Схема измерительной части установки приведена на рис. 2.

Такая система индикации позволяет:

1. Измерять величину изменения давления от 0,1 до 100 мм рт.ст. с частотой до 50 Гц.
2. Следить за динамикой изменения колебаний и непрерывно вести их запись.
3. Сигнал с датчика подавать непосредственно на регистрирующий прибор, минуя согласующий элемент.

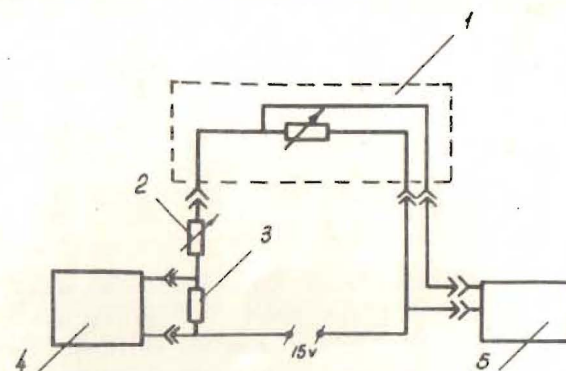


Рис. 2. Схема измерительной части установки: 1 - датчик давления, 2 - магазин сопротивлений Р33; 3 - образцовое сопротивление Р310; 4 - вольтметр; 5 - самописец Н327.

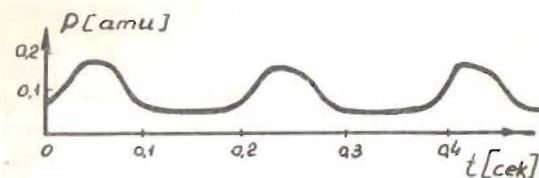
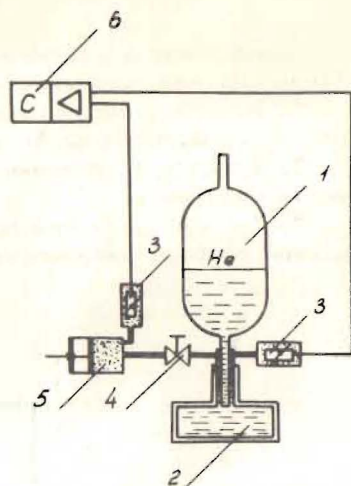


Рис. 3. Диаграмма термоакустических колебаний, полученная при скорости протяжки ленты 250 мм/с.

На рис. 3 приведен график термоакустических колебаний, полученных на установке с жидкогелиевой мишенью. Для уменьшения или устранения термоакустических колебаний обычно используются демпфирующие вставки, размещенные в холодной зоне, такие как сопротивление из сетки^{/5/}, дроссельные вставки, а также балластные емкости, подсоединенные снаружи к системе, в которой возникают колебания. Величина емкости, необходимая для ликвидации термоакустических колебаний, в такого типа установках составляет около 10 литров^{/2,8/}. Было отмечено, что величина термоаку-

Рис. 4. Схема подсоединения датчиков для измерения термоакустических колебаний: 1 - промежуточный сосуд для гелия; 2 - мишень; 3 - датчики термоакустических колебаний; 4 - игольчатый вентиль с калиброванным проходным сечением; 5 - сосуд переменного объема; 6 - регистрирующий самопишущий прибор НЗ75.



стических колебаний зависит и от сопротивления линии, соединяющей емкость с криогенной системой^{/3/}. Поэтому для определения минимального расстояния между демпферной емкостью и полостью, где возникали колебания, устанавливали калиброванный игольчатый вентиль. Меняя проходное отверстие вентиля, находили минимальный объем, при котором в данной установке ликвидировались колебания. Затем устройство с переменным сечением и объемом заменялось на емкость найденного постоянного объема, которая подсоединялась к установке через диафрагму найденного сечения.

На рис. 4 дана схема криогенной установки с гелиевой мишенью, на которой исследовались влияния величины демпфирующего объема и проходного сечения на величину термоакустических колебаний. Графики зависимости изменения амплитуды колебаний давления от площади сечения проходного отверстия игольчатого вентиля при различных величинах емкости приведены на рис. 5. Как видно из рисунка, снижение амплитуды для данной установки происходит при площади проходного сечения около 6 мм^2 и сильно зависит от объема сосуда. Минимальный объем сосуда, при котором колебания полностью исчезают, равен 650 см^3 . Данный метод индикации был использован и на других криогенных установках.

В заключение следует отметить, что термоакустические колебания приносят не только вред, вызывая повышение испаряемости криогенной жидкости, но могут быть и полезно использованы, например, для определения уровня криогенной жидкости в сосуде^{/1/} или для повышения давления в дьюаре при выдавливании из него жидкости.

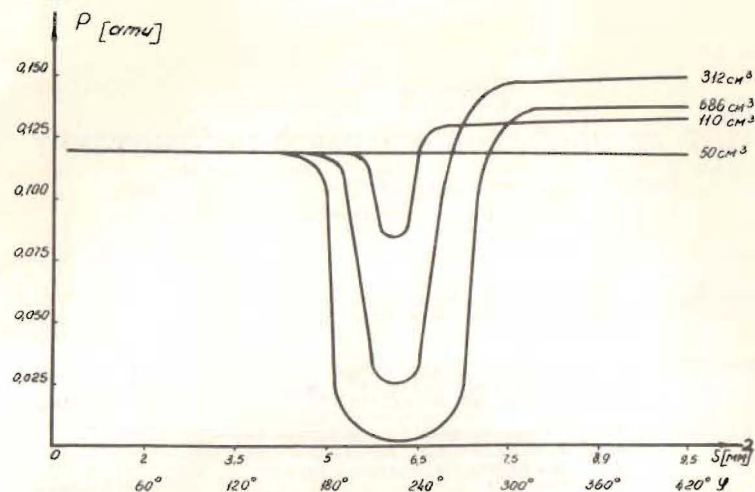


Рис. 5. Графики зависимости амплитуды давления термоакустических колебаний от площади проходного сечения калиброванного вентиля при различных объемах подсоединяемого сосуда.

Авторы признательны А.Г.Зельдовичу за полезные советы и благодарят Ю.Т.Борзунова, В.Л.Мазарского, А.П.Цвинева, Ю.П.Павлова, М.В.Левина за активное участие в проведении данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роуз-Инс А. Техника низкотемпературного эксперимента. "Мир", М., 1966.
2. Борзунов Ю.Т., Голованов Л.Б., Цвинева А.П. ПТЭ, 1974, №4.
3. Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинева А.П. ПТЭ, 1978, №3.
4. Dmitrievsky Yu.P., Mel'nik Yu.M. Cryogenics, 1976, 16, No.1, p.25.
5. Сергеев С.И., Попов О.М., Вишнев И.П. ИФЖ, 1977, т. XXXII, №4.
6. Попов О.М., Сергеев С.И., Вишнев И.П. ИФЖ, 1979, т. XXXVI, №2.
7. Ditmars D., Furukawa G. Journal of Research of the N.B.S., 1965, vol.69C, No.1.
8. Голованов Л.Б., Мазарский В.Л., Цвинева А.П. ОИЯИ, 8-11956, Дубна, 1978.
9. Hoffmann T., Lienert V., Quack H. Cryogenics, 1973, 13, No.8.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 января 1980 года.

Нет ли пробелов в Вашей библиотеке?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|--------------|--|------------|
| P1,2-7642 | Труды Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Гомель, 1973. | 7 р. 15 к. |
| Д1,2-8405 | Труды IV Международного симпозиума по физике высоких энергий и элементарных частиц. Варна, 1974. | 2 р. 05 к. |
| P1,2-8529 | Труды Международной школы-семинара молодых ученых. Актуальные проблемы физики элементарных частиц. Сочи, 1974. | 2 р. 60 к. |
| Д6-8846 | XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1975. | 1 р. 90 к. |
| Д13-9164 | Международное совещание по методике проволочных камер. Дубна, 1975. | 4 р. 20 к. |
| Д1,2-9224 | IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975. | 3 р. 60 к. |
| Д13-9287 | Труды VIII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1975. | 5 р. 00 к. |
| Д7-9734 | Международная школа-семинар по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами и синтезу новых элементов /Дубна, 1975/. | 3 р. 00 к. |
| Д2-9788 | Нелокальные, нелинейные и неренормируемые теории поля /Алушта, 1976/. | 2 р. 40 к. |
| Д-9920 | Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976. | 3 р. 50 к. |
| Д9-10500 | Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976. | 2 р. 50 к. |
| Д2-10533 | Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976. | 3 р. 50 к. |
| Д13-11182 | Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977. | 5 р. 00 к. |
| Д10,11-11264 | Труды Совещания по программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1977. | 6 р. 00 к. |
| Д17-11490 | Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977. | 6 р. 00 к. |

| | | |
|------------|---|------------|
| Д6-11574 | Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978. | 2 р. 50 к. |
| Д3-11787 | Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978. | 3 р. 00 к. |
| Д13-11807 | Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978. | 6 р. 00 к. |
| | Труды У1 Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна 1978. /2 тома/ | 7 р. 48 к. |
| Д1,2-12036 | Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна 1978. | 5 р. 00 к. |
| P18-12147 | Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. | 2 р. 20 к. |
| Д1,2-12450 | Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978. | 3 р. 00 к. |
| P2-12462 | Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979. | 2 р. 25 к. |
| Д2-11707 | Труды XI Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий и релятивистской ядерной физике. Гомель, 1977. | 6 р. 00 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:

101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79,

издательский отдел Объединенного института ядерных исследований