



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

В.К. Ляпидевский, Р.М. Суляев, И.В. Фаломкин

884

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА РАБОТУ
ПУЗЫРЬКОВОЙ И-ДИФФУЗИОННОЙ КАМЕР

Дубна 1962

В.К. Ляпидевский, Р.М. Суляев, И.В. Фаломкин

884

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА РАБОТУ
ПУЗЫРЬКОВОЙ И ДИФфуЗИОННОЙ КАМЕР

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

Влияние ультразвука на работу пузырьковой камеры

Ультразвуковые колебания могли бы в принципе создавать перегретое состояние жидкости в пузырьковой камере аналогично обычно применяемому сбросу давления. Известна попытка создания такой камеры. Находящийся при атмосферном давлении изопентан, нагретый до температуры на несколько градусов ниже точки кипения, облучался нейтронами с энергией 10-23 Мэв. Одновременно в жидкость излучались ультразвуковые колебания с частотой 31 кгц и амплитудой 2 атм. Ультразвуковой излучатель представлял собой полый цилиндр из титаната бария /5 см в диаметре/. С задержкой 1-1000 мсек производилось фотографирование камеры при облучении нейтронами и без облучения. Однако при этом почти во всех случаях не было обнаружено никакой разницы. Только в нескольких случаях кавитационные пузырьки появились при облучении камеры нейтронами быстрее, чем в случае отсутствия облучения^{/1/}.

Однако интерес представляет не только задача достижения с помощью ультразвука чувствительности камеры к ионизирующему излучению. Известно, что созданию управляемой пузырьковой камеры препятствует малое время жизни зародышей пузырьков. С помощью ультразвука можно попытаться продлить время их жизни. В этом случае зародыш не обязательно должен вырасти до видимых размеров, просто за полупериод ультразвукового расширения он должен вырасти настолько, чтобы не исчезнуть за полупериод сжатия. Ниже описываются опыты по изучению влияния ультразвука на время жизни зародышей пузырьков и на работу пузырьковой камеры.

Описание установки

Для опыта использовалась пузырьковая камера объемом 0,6 л^{/2/}. Она заполнялась смесью фреонов /в объемных процентах: 60% Ф-13 и 40% Ф-12/. Рабочая температура смеси была 26°С, давление насыщенных паров при этой температуре - 23 атм. Камера заполнялась фреонами не полностью, для того чтобы к началу расширения давление в ней было близко к давлению насыщенных паров - 23 атм.

В качестве источника ультразвука использовался магнитострикционный резонансный излучатель /вibrator/. Он был собран из тонких /0,1 мм/ пластинок никеля. Для удобства ввода в камеру к нему был припаян переходной латунный цилиндр с бортиком. Вибратор рассчитан на частоту $f = 25$ кгц. Вибратор вводился в камеру закрепленным на фланце, а этот фланец помещался вместо одного из двух смотровых стекол /ранее камера фотографировалась напросвет/. Бортик переходного цилиндра находился между двумя прокладками - фибровой с внешней стороны и тефлоновой-с внутренней стороны. Излучающая поверхность вибратора имела сферическую форму с радиусом кривизны $R = 30$ см, была отполирована и хромирована; она одновременно служила зеркалом для того, чтобы освещение и фотографирование камеры можно было производить с одной стороны /см. рис. 1/.

Вибратор подключался к генератору электромагнитных колебаний мощностью 0,5 квт через согласующий трансформатор. В качестве источника подмагничивания использовался селеновый выпрямитель, дававший ток подмагничивания $I = 8$ а /см. рис. 2/. Вибратор излучал в камеру звуковые волны с максимальной амплитудой переменного давления 5 атм.^{x/} С удалением от поверхности вибратора звуковая мощность рассеивалась. Генератор состоял из задающего генератора и усилителя мощности. В качестве задающего генератора использовался генератор с диапазоном частот 0-40 кгц.

Схема управления позволяла включать ультразвук, с задержкой t_1 относительно момента включения ультразвука-включать клапан расширительного устройства и с задержкой t_2 относительно начала расширения - включать освещение камеры /см. рис. 3/.

Постановка эксперимента и обсуждение результатов

До начала опыта с ультразвуком были получены снимки при работе камеры в обычном режиме. От γ -источника /Co-60, активностью 2мкюри/в камере наблюдались пузырьки. Также были получены снимки при работе камеры

^{x/}Оценка производилась по измерению электрической мощности, потребляемой вибратором во время его работы. Электроакустический к.п.д. определялся по методу, описанному в книге Л. Бергмана^{13/}.

без γ -источника при действии ультразвука и без ультразвука. В первом случае ультразвук включался за 0,3 сек до начала расширения и выключался после окончания рабочего цикла камеры. В обоих случаях пузырьков не наблюдалось /см. рис. 4а/. После этого были получены фотографии при следующем режиме: включался ультразвук, через $t_1 = 0,3$ сек производилось расширение, с задержкой $t_2 = 41$ мсек производилось освещение и фотографирование, затем давление в камере поднималось и ультразвук выключался /все это делалось при облучении камеры γ -квантами от γ -источника/.

Если в ультразвуковом поле зародыши сохраняются, то к моменту возникновения чувствительности произойдет их накопление, и в результате в камере будет наблюдаться большее количество пузырьков. Увеличения числа пузырьков при включенном ультразвуке и облучении камеры γ -квантами от γ -источника не наблюдалось, наоборот, в некоторых случаях было заметно уменьшение их числа /см. рис. 4б и 4в/. Отсюда можно сделать вывод, что увеличения времени жизни зародышей под действием ультразвука не происходит.

В озвученной камере иногда наблюдается большее количество крупных пузырьков /см. рис. 4в/. Это можно объяснить слиянием мелких пузырьков в ультразвуковом поле. Это могло бы также происходить за счет большей скорости роста пузырьков или более быстрого наступления чувствительности камеры. В этом случае должно было бы наблюдаться изменение интервала времени с момента начала расширения до момента появления видимых пузырьков. Однако опыты показали, что это время с точностью до 5 мсек не изменяется при включении ультразвука.

При описанном режиме работы камеры наблюдалось уменьшение длительности рабочего цикла под действием ультразвука. Длительность рабочего цикла /связанная с установлением в камере после рекомпрессии давления, близкого к давлению насыщенных паров 23 атм/ была значительной. Непосредственно после рекомпрессии давление в камере достигало 30 атм и затем в процессе конденсации паров за время ~ 1 мин понижалось до давления, близкого к 23 атм. Если во время снижения давления действует ультразвук, то такое понижение происходит за время ~ 1 сек. Это можно объяснить ускорени-

ем под действием ультразвука процесса конденсации пара в объеме пузырьковой камеры.

Был проделан также опыт с действием ультразвука на работу камеры в случае отсутствия расширений. На несколько секунд включался ультразвук и производилось фотографирование в двух случаях: У-источник отсутствовал и У-источник помещался рядом с камерой. В обоих случаях образовывались кавитационные пузырьки /см. рис. 5/. Определенной разницы в числе пузырьков не обнаружено.

В заключение следует отметить, что зародыши, возможно, будут сохраняться в ультразвуковом поле с другой частотой или в поле с большей амплитудой переменного давления. Однако звуковое давление растет пропорционально всего лишь корню квадратному из интенсивности звука. Потому для небольшого увеличения звукового давления приходится сильно повышать интенсивность ультразвука, а, следовательно, и мощность генератора /тем более, что электроакустический к.п.д. вибратора уменьшается с ростом силы звука/. Кроме того, более интенсивные ультразвуковые колебания быстрее вызывают кавитацию в камере, а это ограничивает время действия ультразвука перед сбросом давления.

Влияние ультразвука на работу диффузионной камеры

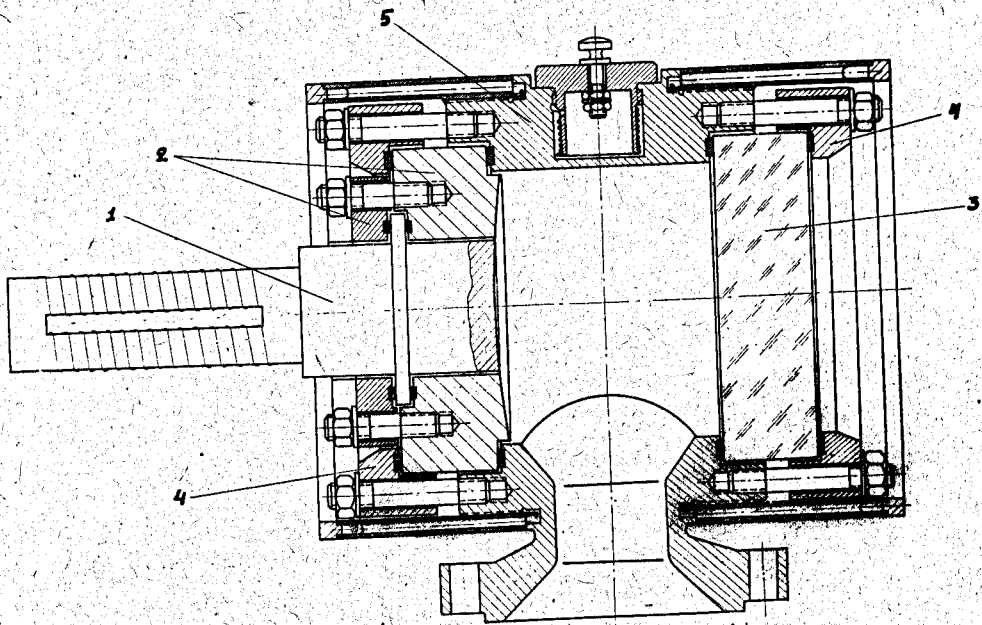
Хорошо известно, что ультразвук может вызывать коагуляцию частиц, взвешенных в газе^{/3/}, и во многих случаях ускоряет течение диффузионных процессов^{/4,5/}. Поэтому можно попытаться с помощью ультразвука, во-первых, ускорить осаждение капельного флага в диффузионной камере и, во-вторых, за счет ускорения диффузии пара увеличить максимально допустимую ионную нагрузку и уменьшить время нечувствительности после импульсного облучения камеры ионизирующим излучением. С этой целью была изготовлена диффузионная камера, схематически изображенная на рис. 6. Стекланный цилиндр диаметром 170 мм и высотой 70 мм устанавливался на почерненный медный диск, который служил дном камеры. Цилиндр закрывался плексигласовой крышкой, через отверстие в которой в объем камеры вводился на резиновом уплотнении

вибратор. Источником пара служила смоченная в этиловом спирте фильтровальная бумага, находящаяся в контакте со стенками цилиндра. Дно камеры охлаждалось жидким азотом, высота чувствительного слоя была 2 см. При боковом освещении чувствительного слоя можно было наблюдать через стенку цилиндра и крышку следы α -частиц и электронов.

Как известно, коагулирующее действие ультразвука наиболее заметно в стоячей волне^{/3/}. Поэтому вибратор помещался на таком расстоянии от дна камеры, чтобы в ее объеме образовалась стоячая волна. Если объем камеры заполнялся табачным дымом и включался ультразвук, то через несколько секунд дым осаждался на дно камеры в виде хлопьев. Если в камеру вводился водяной пар, то в ее объеме образовывался туман. Под действием ультразвука этот туман также осаждался на дно камеры. Однако в работающей диффузионной камере тотчас после включения ультразвука во всем объеме образуется густой туман, который при продолжающемся действии звука не осаждается. Наблюдаются интенсивные колебания и взаимное движение различных областей тумана. В этом случае процесс образования тумана преобладает над процессом коагуляции. Некоторую роль здесь играет также процесс образования мелких капелек при разбрызгивании под действием ультразвука жидкости, покрывающей дно камеры.

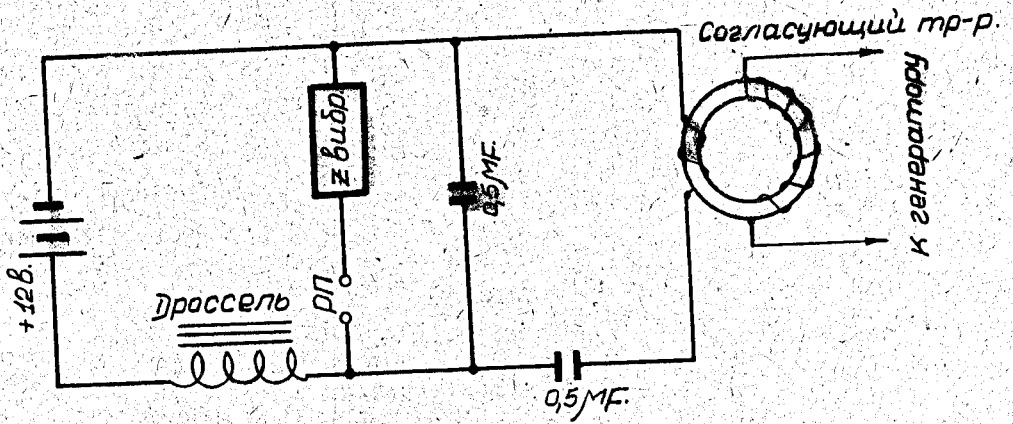
Для того, чтобы выяснить влияние ультразвука на скорость процессов переноса, проводился следующий эксперимент. К работающей диффузионной камере постепенно приближался γ -источник до такого расстояния, чтобы камера потеряла чувствительность. После этого включался ультразвук небольшой интенсивности / порядка долей ватта/, поскольку при большой интенсивности работа камеры нарушается. При этом восстановления чувствительности не наблюдалось, т.е. предельно допустимая ионная нагрузка не возрастала.

Авторы благодарны М.П. Баландину и В.А. Моисеенко за любезно предоставленную для эксперимента пузырьковую камеру, Ю.А. Щербакову и М.М. Кулюкину за обсуждение и помощь в работе и Ю.А. Будагову и А.Г. Потехину за помощь при подготовке аппаратуры.

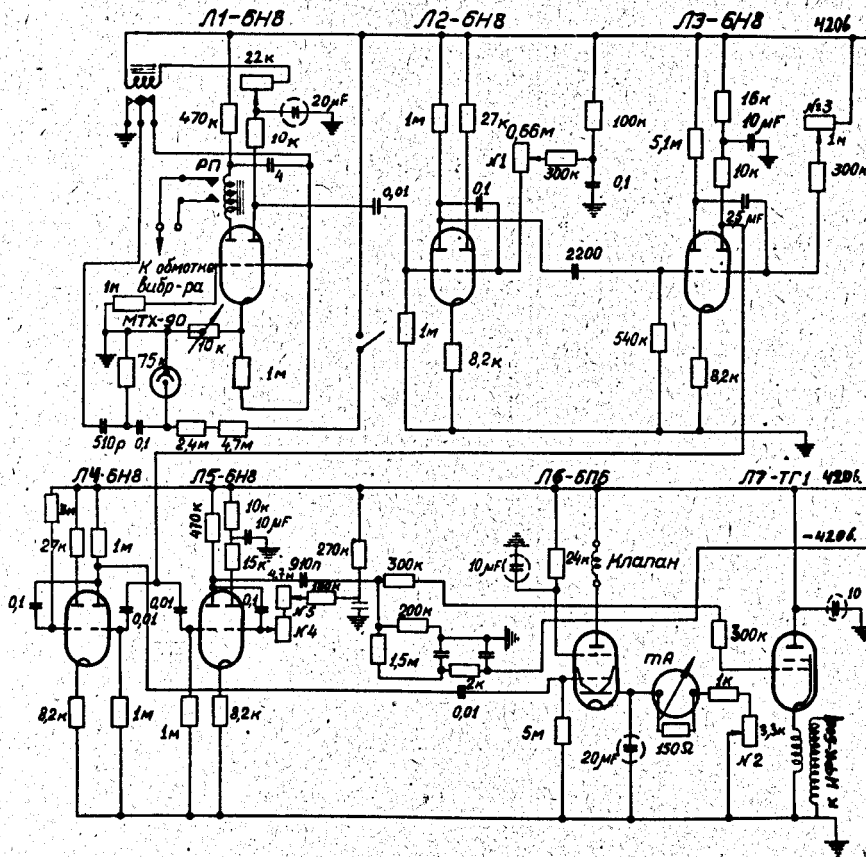


(К расширительному устройству)

Р и с. 1. Пузырьковая камера с ультразвуковым вибратором.
 1/ ультразвуковой вибратор,
 2/ фланцы, между которыми закреплен вибратор,
 3/ стекло камеры,
 4/ прижимные фланцы,
 5/ корпус камеры.



Р и с. 2. Схема подключения ультразвукового вибратора к генератору.



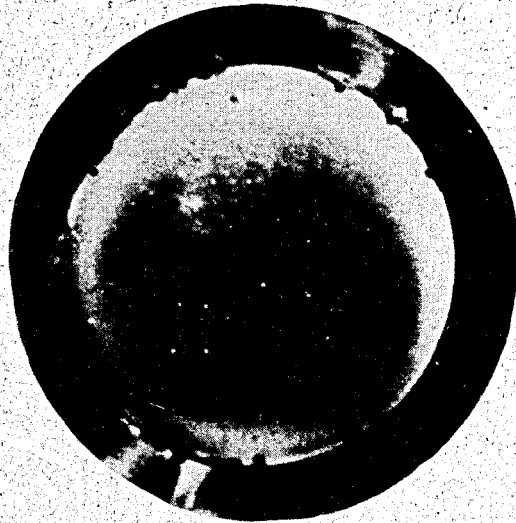
Р и с. 3. Схемы управления пузырьковой камерой.



а

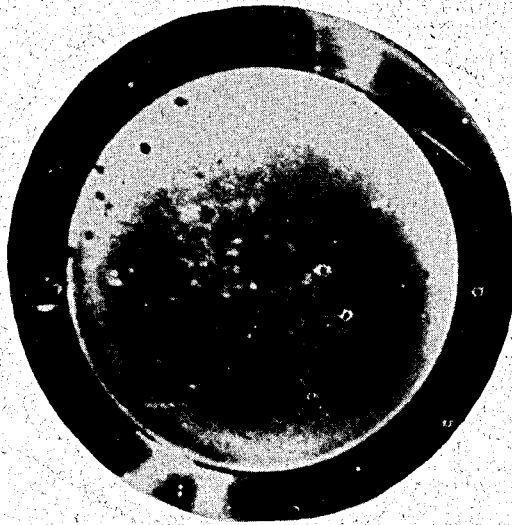


б

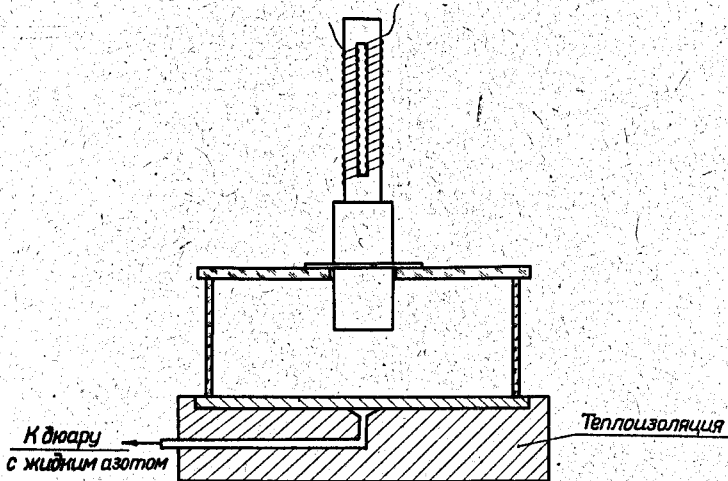


в

Р. и с. 4. Фотография объема камеры после расширения
а/ без γ -источника, с ультразвуком;
б/ с γ -источником, без ультразвука;
в/ с γ -источником, с ультразвуком.



Р и с. 5. Фотография объема камеры после действия в течение нескольких секунд ультразвука /расширение отсутствует/.



Р и с. 6. Схематическое изображение диффузионной камеры с ультразвуковым вибратором.

Л и т е р а т у р а

1. A.L.Hughes. Proceedings of the International Conference on Instrumentation for High-Energy Physics Berkeley, 1960. p. 99.
2. М.П. Баландин, В.А. Моисеенко. Тезисы докладов на Всесоюзной конференции по физике частиц высоких энергий. Москва, 1958 г.
3. Л. Бергман. Ультразвук. ИЛ, 1958, стр. 61, 488.
4. А.Э. Кроуфорд. Ультразвуковая техника. ИЛ, 1958, стр. 255.
5. М.Е. Архангельский, Р.Н. Пинус. Акустический журнал, 1960, 3, 278-283.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 января 1962 года.