

ОБРАТНЫЙ ЭФФЕКТ КОМПТОНА ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Сербин В.В., Кожевников Ю.А., Николаев В.Г.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства
(ФГБНУ ВИЭСХ)

В настоящей статье описывается обнаружение рентгеновского излучения, вызванного обратным эффектом Комптона при лабораторных исследованиях в установках с ультразвуковой кавитацией.

Ключевые слова: *ультразвуковая кавитация, рентгеновское излучение, релятивистские электроны, обратный эффект Комптона.*

Для проведения экспериментов с ультразвуковой кавитацией была смонтирована установка, состоящая (фотография 1):

1. ультразвукового генератора, синхронно работающего на два преобразователя,
2. двух преобразователей с излучателями, установленными на встречу друг другу (фотография 2).

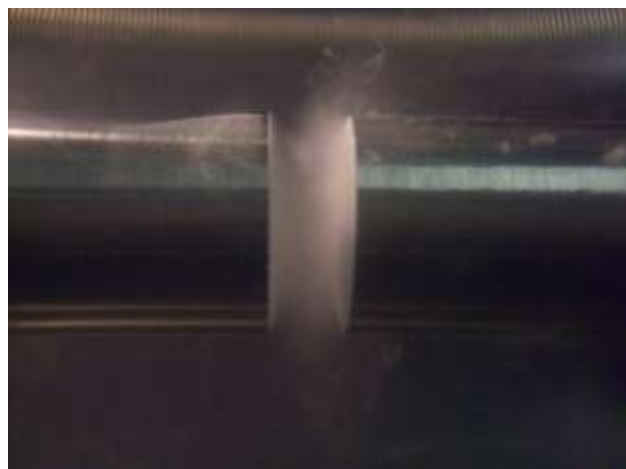
Установка позволяет изменять расстояние между торцами излучателям от 0 до 60 мм. Амплитуда колебаний может регулироваться от 2 до 100 мкм. Излучательная система помещена в кварцевую трубу на скользящей герметичной посадке. Кварцевый реактор заполняется водопроводной водой или любой другой жидкостью. В связи с тем, что нагревает жидкость с большой скоростью, реактор подсоединен к системе охлаждения, через которую циркулирует жидкость. Плотность мощности составила 100Вт/см^2 с каждого излучателя.

Установка собиралась с целью проверить гипотезу о том, что в зоне мощной кавитации возникают излучения. Для регистрации излучения использовалась рентгеновская пленка фирмы КОДАК для фотографирования зубов в соответствующей герметичной фирменной упаковке. Четыре пленки прикреплялась на поверхность кварцевого реактора вокруг области кавитации, смещенные под углом 90 градусов. Длительность эксперимента составила 1 час.

Излучение зарегистрировано. Помимо засвеченных рентгеновскими лучами областей видны белые треки (см. фотографии 1-8).



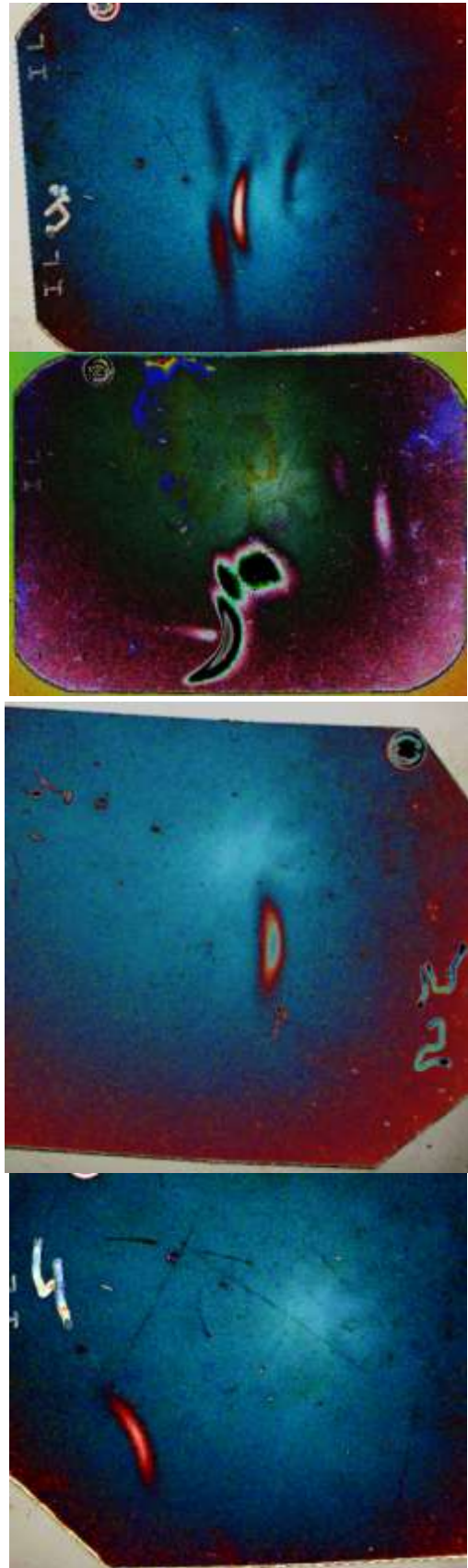
Фотография 1. Общий вид установки



Фотография 2. Вид кавитации между двумя высоко амплитудными излучателями



Фотографии 3-6.
Фото на рентгеновской пленке
зарегистрированного излучения, исходящего
из кавитационной области.



Фотографии 7-10.
Обработанные фотографии
для более контрастного
изображения

При детальном анализе установлено, что обнаруженный эффект – это обратный эффект Комптона. Суть эффекта заключается в увеличении частоты фотонов в отраженных от ультразвукового излучателя. Такое явление происходит за счет отражения светового потока от электронов высоких энергий (или релятивистские электроны, скорость которых близка к скорости света), которые появляются при ультразвуковой кавитации.

Тем самым экспериментально доказано наличие релятивистских электронов в ультразвуковой кавитационной области. Такие электроны имеют энергию выше, чем энергия фотонов, попадающих на ультразвуковой излучатель.

Поэтому в процессе взаимодействия фотонов видимого участка спектра и релятивистских электронов, происходит передача энергии от электронов с высокой энергии фотонам, которые переходят в спектр рентгеновского диапазона. При этом энергия отраженных таким образом фотонов определяется выражением:

$$E' = \frac{4}{3} \cdot E_0 \cdot \frac{K_e}{m_e c^2}$$

где:

E_0 – энергия падающего на релятивистский электрон фотона,

E' – энергия отраженного фотона,

K_e – кинетическая энергия релятивистского электрона.

m_e – масса электрона,

v_e – скорость электрона до столкновения с фотоном.

c – скорость света.

При скоростях, близких к скорости света, кинетическая энергия электрона описывается выражением:

$$K_e = \frac{m_e c^2}{1 - \frac{v_e^2}{c^2} + \sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}$$

Если подставить это выражение в формулу (1) получим:

$$E' = \frac{4}{3} \cdot \frac{E_0}{1 - \frac{v_e^2}{c^2} + \sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}$$

Закон сохранения энергии в случае эффекта Комптона можно записать следующим образом:

$$h\nu' + \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{(v_e')^2}{c^2}}} = h\nu_0 + \frac{m_e c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}$$

где:

ν_0 – частота падающего на релятивистский электрон фотона,

ν' – частота отраженного фотона,

v_e' – скорость электрона после столкновения с фотоном.

Интенсивность излучения I' фотонов с высокими частотами на расстоянии R от центра отражения связана с интенсивностью I падающей волны:

$$\Gamma = \frac{I}{R^2} \cdot \frac{v}{v'} \cdot \frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{v}{v'} \cdot \frac{dN}{dS},$$

где:

$\frac{d\sigma}{d\Omega}$ – дифференциальное сечение рассеяния,

$d\sigma = \frac{dN}{I}$ – эффективное поперечное сечение, характеризует вероятность перехода системы двух взаимодействующих частиц в определённое конечное состояние,

dN - число взаимодействий,

$d\Omega = \frac{dS}{R^2}$ - телесный угол,

S – часть площади сферической поверхности, на которой определяется отраженное излучение.

В окружающей нас реальности обратный эффект Комптона приводит к наличию:

- рентгеновского излучения от галактических источников,
- рентгеновской составляющей реликтового фонового излучения (более известному как эффект Сюняева - Зельдовича),
- трансформацию плазменных волн в высокочастотные электромагнитные волны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биркгоф Г., Сарантонелло Э. Струи, следы и каверны. пер. с англ. М.: Мир, 1964.
2. Борн, М. Атомная физика. — М.: Мир, 1965.
3. Зельдович Я.Б., Новиков И. Д. Строение и эволюция Вселенной. — М.: Наука, 1975.
4. И. П. Голямина Звук // Физическая энциклопедия / Д. М. Алексеев, А. М. Балдин, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов, Б. К. Вайнштейн, С. В. Вонсовский, А. В. Гапонов-Грехов, С. С. Герштейн, И. И. Гуревич, А. А. Гусев, М. А. Ельяшевич, М. Е. Жаботинский, Д. Н. Зубарев, Б. Б. Кадомцев, И. С. Шапиро, Д. В. Ширков; под общ. ред. А. М. Прохорова. — М.: Советская энциклопедия, 1988—1999.
5. Иванов А. Н. Гидродинамика развитых кавитационных течений. — Л.: Судостроение, 1980.
6. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. — М.: Мир, 1974.
7. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики. — Киев: Наук. думка, 1989.
8. Левковский Ю. Л. Структура кавитационных течений. — Л.: Судостроение, 1977. 222с.
9. Перник А. Д. Проблемы кавитации. 2-ое изд. — Л.: Судостроение, 1966.
10. Рождественский В. В. Кавитация. — Л.: Судостроение, 1977.

Inverse Compton effect in ultrasonic cavitation

Serbin VV, Kozhevnikov YA, Nikolaev VG

Federal State Scientific Institution All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture
(FGBNU VNIIESKH Fano Russia)

This article describes the discovery of X-rays cause the opposite Compton's effect in laboratory studies in plants with ultrasonic cavitation.

Keywords: *ultrasonic cavitation, X-rays, the relativistic electrons, inverse Compton's effect.*