



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 794486

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 04.05.78 (21) 2612506/25-10

с присоединением заявки № —

(23) Приоритет —

(43) Опубликовано 07.01.81. Бюллетень № 1

(45) Дата опубликования описания 07.01.81

(51) М. Кл.³
G 01N 29/02

601N29/02-ИКС15

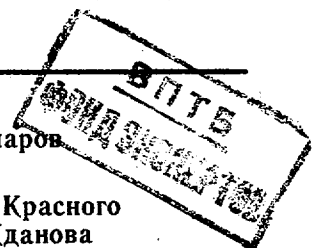
(53) УДК 534.232
(088.8)

(72) Авторы
изобретения

И. С. Кольцова, И. Г. Михайлов, Ю. С. Манучаров
и И. Е. Покровская

(71) Заявитель

Ленинградский ордена Ленина и ордена Трудового Красного
Знамени государственный университет им. А. А. Жданова



(54) УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ АКТИВНОСТИ КАВИТАЦИИ

1

Изобретение относится к технической акустике и может быть использовано в металлургической, гидромашиностроительной, энергетической, кораблестроительной промышленности, а также в технологических процессах типа очистки, эмульгирования, диспергирования, протекающих под действием кавитации.

Известен способ измерения активности акустической кавитации, основанный на измерении давления шумовых акустических волн, создаваемых захлопывающимися пузырьками, и давления инициирующей кавитацию акустической волны, прошедшей через кавитационную область [1].

Однако этот способ пригоден только для случая ультразвуковой кавитации.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является ультразвуковой способ измерения активности кавитации, включающий генерирование ультразвуковых импульсов, зондирование ими контролируемой области среды, регистрацию величины прошедшего импульса и сравнение его с калибровочным сигналом [2].

Однако этот способ неточен, так как в нем не учитывается распределение интенсивности кавитации в кавитационной области и присутствует влияние резонансных

2

свойств кавитационных полостей на результат измерения.

Целью изобретения является повышение точности измерения.

5 Это достигается тем, что ультразвуковые импульсы генерируют направленными и регистрируют величину импульсов, прошедших через кавитационную область в различных сечениях, при этом частоту заполнения ультразвуковых импульсов выбирают в порядок большей собственной резонансной частоты кавитационных зародышей.

15 Сущность предлагаемого способа поясняется на примере измерения активности гидродинамической кавитации, возникающей в потоке трансформаторного масла, протекающего через дроссель в трубопроводе, и акустической кавитации, возникающей в воде при облучении ее интенсивной акустической волной. При кавитации в жидкости возникают газовые пузырьки, которые приводят к дополнительному ослаблению акустической волны по сравнению с ослаблением волны в жидкости без газовых пузырьков. Ослабление акустической волны во взвесах связано с несколькими механизмами: потерей акустической энергии на частицах: рассеянием, вязкими, тепловыми и резонансными.



При высоких частотах дополнительное ослабление ультразвуковых волн $\Delta\alpha$ во взвесах газовых пузырьков пропорционально их концентрации N :

$$\Delta\alpha = N \sum_n \alpha_n,$$

где α_n характеризует ослабление акустической энергии за счет вышеперечисленных механизмов. Зафиксировав некоторое выбранное расстояние между излучателем и приемником, находят дополнительное ослабление акустической волны по отношению величины сигнала зондирующей акустической волны, прошедшей исследуемую область до кавитации U_1 к величине сигнала идентичной волны, прошедшей эту же область при кавитации U_2 . Логарифм этого отношения, нормированный на единицу длины пути, пройденного зондирующей акустической волной Δx , определит величину дополнительного ослабления

$$\Delta\alpha = \frac{I_n U_2 - I_n U_1}{\Delta x},$$

величина которого пропорциональна концентрации газовых пузырьков.

Активность кавитации $K_{ак}$ определяется количеством кавитационных газовых пузырьков N :

$$K_{ак} = \varphi \cdot N,$$

где φ — некоторый коэффициент.

Следовательно, измеряя $\Delta\alpha$, можно получить информацию об активности кавитации:

$$K_{ак} = \beta \cdot \Delta\alpha,$$

где β — коэффициент пропорциональности.

Зондируя высокочастотным направленным акустическим лучом пространство, окружающее источник кавитации, измеряя на разных расстояниях от источника кавитации, т. е. в различных сечениях кавитационной области, дополнительное ослабление акустической волны, величина которого пропорциональна концентрации газовых пузырьков, определяют пространственное распределение активности кавитации. Область максимального значения дополнительного ослабления определяет область максимальной кавитации газовых кавитационных пузырьков в облаке, т. е. область максимальной активности кавитации.

Проведенные исследования распространения ультразвуковых волн в жидкостях с полидисперсными газовыми пузырьками показали, что в зарезонансной области при частотах на порядок выше резонансной частоты самых маленьких газовых пузырьков дополнительный коэффициент ослабления $\Delta\alpha$ пропорционален объемной концентрации нерастворенной газовой фазы n :

$$\Delta\alpha = C \cdot n,$$

зависимость $\Delta\alpha$ от частоты ν слабая и в первом приближении описывается с помощью формулы

$$\Delta\alpha = A \cdot \nu^{-0,2}$$

(C и A — константы).

При возникновении кавитации образуются паро-газовые пузырьки, размеры которых превышают размеры кавитационных зародышей. Следовательно, высокочастотную границу резонансных частот кавитационных пузырьков определяет резонансная частота кавитационного зародыша, которую можно вычислить по корректируемой формуле Минерта:

$$\nu_p = \frac{1}{2\pi \cdot R} \sqrt{\frac{\gamma \cdot P_0 g}{\rho \cdot \beta}},$$

где R — радиус кавитационного зародыша; γ — отношение теплоемкости газа при постоянном давлении и постоянном объеме соответственно;

P_0 — равновесное давление в системе;

ρ — плотность среды;

g, β — поправки, учитывающие влияние поверхностного натяжения пузырьков и теплообмена между газовым пузырьком и окружающей жидкостью.

Кавитационным зародышем в жидкости является газовый пузырек. Величина самого маленького газового пузырька определяется основным параметром газовой фазы: длиной свободного пробега, следовательно, радиус газового пузырька кавитационного зародыша R должен быть на один, два порядка больше длины свободного пробега газовых молекул. Для нормального давления и температуры это условие выполняется, если размер пузырька (его диаметр) порядка 1 мкм. Собственная резонансная частота его 1 МГц. Следовательно, в области частот выше 1 МГц дополнительное ослабление ультразвуковых волн при кавитации будет пропорционально концентрации кавитационных пузырьков.

Поглощение ультразвуковых волн в жидкости пропорционально квадрату частоты, на основании этого следует, что дальнейшее повышение частоты зондирующих ультразвуковых волн не рационально, так как на фоне большого поглощения точность измерения дополнительного ослабления уменьшается.

Таким образом, выбор частоты зондирующих волн на порядок выше резонансной обеспечивает максимальную точность измерения активности кавитации.

На фиг. 1 представлена схема проведения исследования активности кавитационной области, полученной при гидродинамической кавитации трансформаторного масла, протекающего через дроссель в трубопроводе, где 1 — трубопровод, 2 — дроссель с круглым отверстием в центре, 3 — излучатель зондирующей волны, 4 — приемник зондирующей волны, P_1 — давление перед дросселем, P_2 — давление после дросселя, l —

направление перемещения датчиков зондирующей волны.

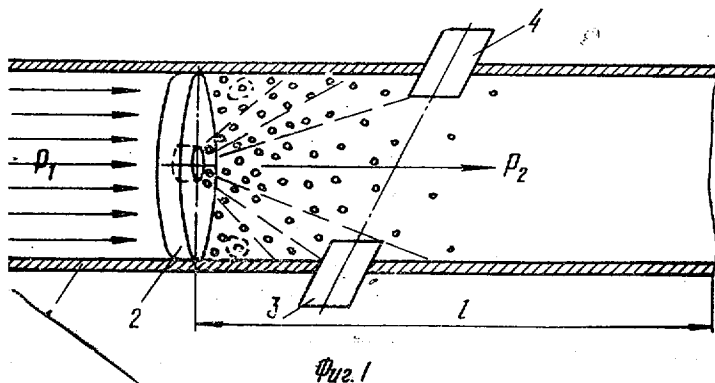
На фиг. 2 представлены графики результатов измерения активности кавитационного облака, при $P_2=2,5$ атм и различных давлениях P_1 , создаваемых насосной станцией: 10; 15; 20; 45 атм (соответственно кривые I, II, III, IV).

Как видно из графиков, активность кавитационного облака уменьшается по мере удаления от источника кавитации; в области от $l=0$ до $l=10$ см активность кавитации увеличивается с ростом давления в трубопроводе перед дросселем; при удалении от источника кавитации $l>10$ см в области изменения P_1 от 45 до 15 атм активность кавитации не зависит от давления в трубопроводе перед дросселем.

На фиг. 3 представлена схема проведения исследования активности кавитационной области, полученной акустическим методом возбуждения, где 5 — акустический излучатель, 6 — излучатель высокочастотной направленной зондирующей волны, 7 — приемник зондирующей волны, h и l — направления перемещения датчиков зондирующей волны.

На фиг. 4 представлены графики распределения активности акустической кавитации в воде в двухмерном пространстве. Кривые V, VI, VII, VIII, IX соответствуют значениям активности кавитации $K_{ак}$ 40; 35; 30; 25; 20. Из графиков видно, что пространственное распределение активности кавитации имеет сложный рельеф — является функцией координат h и l . Распределение активности кавитации симметрично относительно оси излучателя. Область максимальной активности кавитации расположена на оси симметрии, удалена на некоторое расстояние от излучателя, определяется координатами $h = -0,2 \div +0,2$ см; $l = 0,8 \div 1,2$ см. Четко выделяется область значений $h = -0,8 \div +0,8$ см, при которых активность кавитации по мере удаления от источника кавитации проходит через максимум (см., например, приведенный на графике фиг. 4 рельеф активности кавитации при $h = +0,2$ см.

Таким образом, точность измерений активности кавитации повышается за счет



Фиг. 1

выявления областей с максимальной активностью и исключения влияния на измерения резонансных свойств кавитационных пузырьков.

Формула изобретения

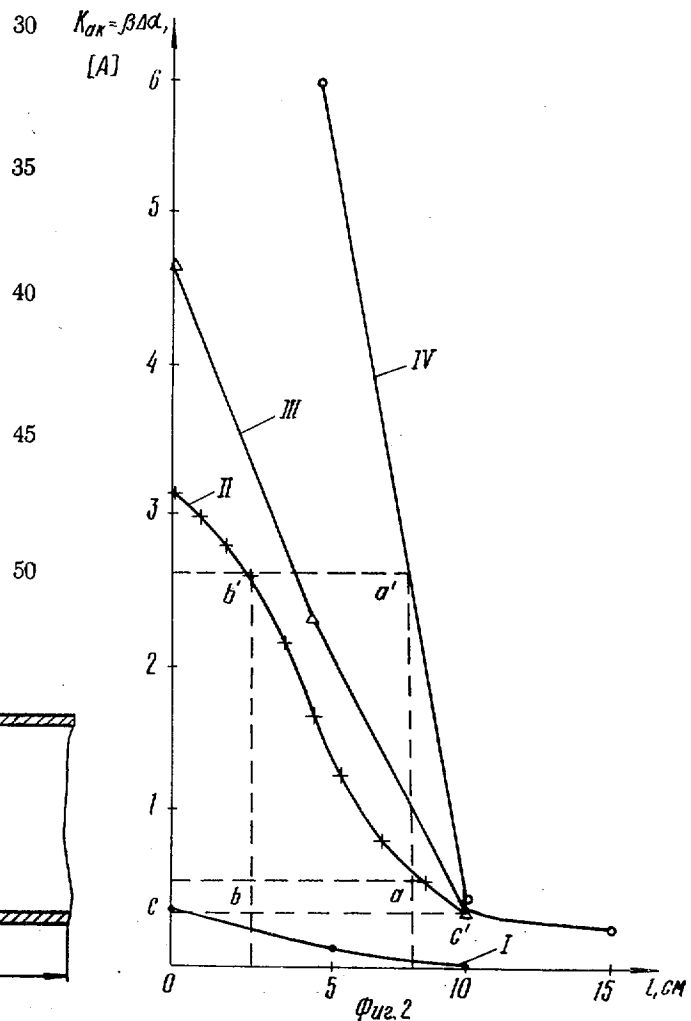
Ультразвуковой способ измерения активности кавитации, включающий генерирование ультразвуковых импульсов, зондирование ими контролируемой области среды, регистрацию величины прошедшего импульса и сравнение его с калибровочным сигналом, отличающийся тем, что, с целью повышения точности измерений, ультразвуковые импульсы генерируют направленными и регистрируют величину импульсов, прошедших через кавитационную область в различных сечениях, при этом частоту заполнения ультразвуковых импульсов выбирают на порядок большей собственной резонансной частоты кавитационных зародышей.

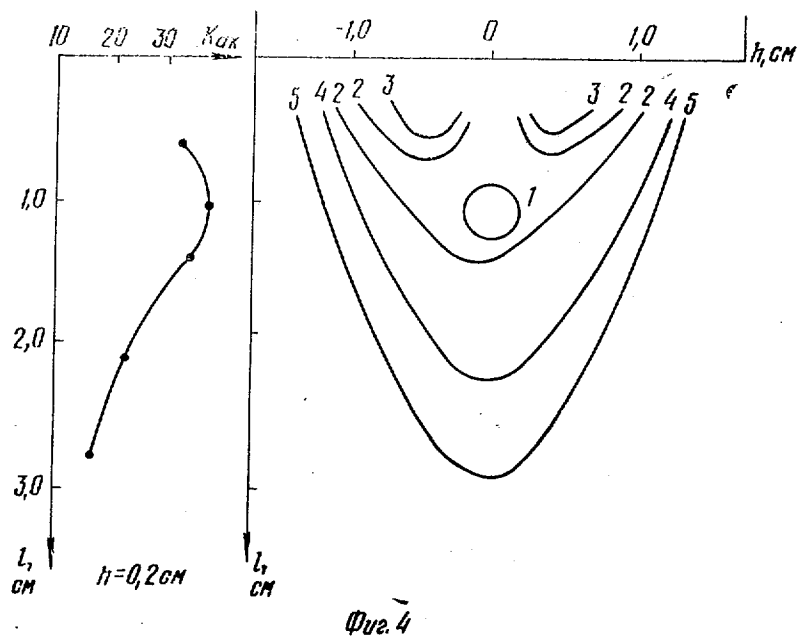
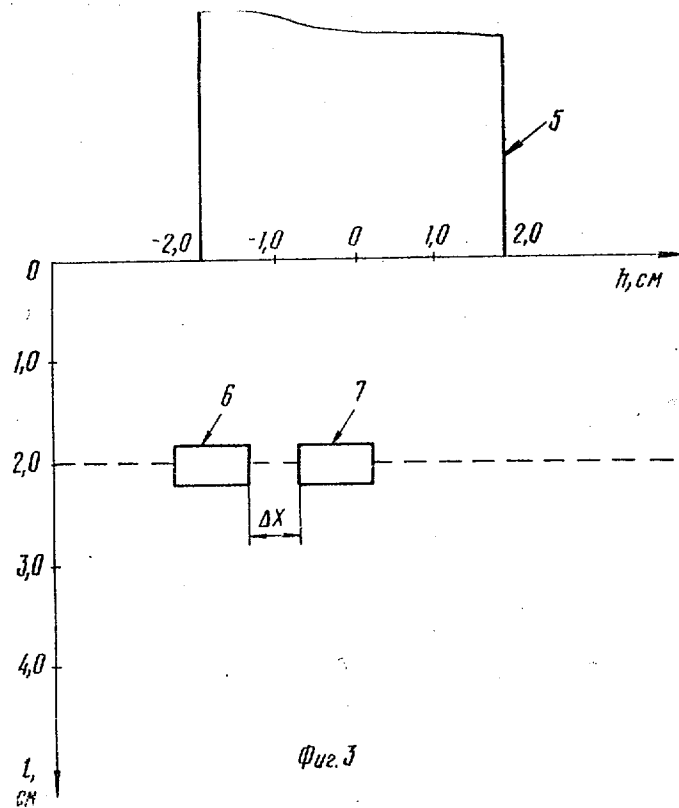
Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР № 304987, кл. В 06В. 1/20, 1971.

2. Патент Франции № 2198640, кл. G 01N 29/02, 1974.





Составитель В. Пирогов

Редактор Т. Ключкина

Техред А. Камышникова

Корректор З. Тарасова

Заказ 205/2 Изд. № 146 Тираж 915 Подписное
 НПО «Поиск» Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Типография, пр. Сапунова, 2