

## Фокусировка волны давления в пузырьковом клине<sup>1</sup>

Гималтдинов И.К. \*\*, Кочанова Е.Ю. \*

\*ФГБОУ ВО «Уфимский государственной нефтяной технический университет», Уфа

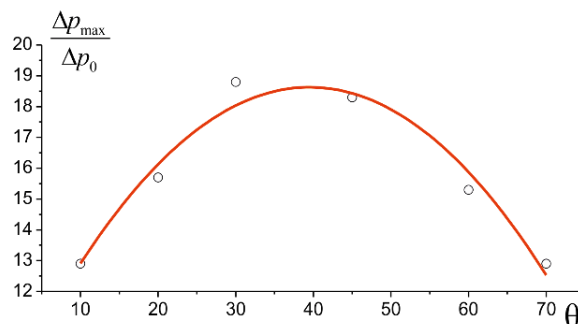
\*\*Академия наук Республики Башкортостан, Уфа

Пузырьковая жидкость по своим акустическим свойствам является уникальной [1, 2]. В частности, завесу из смеси жидкости с газовыми пузырьками можно использовать в качестве защитного слоя для подводных объектов от воздействия ударных волн, для «маскировки» при гидролокации, а также в качестве подводного звукового канала [3]. Особенности акустических свойств пузырьковой жидкости позволяют определять размеры и структуру пузырьковых «облаков», образовавшихся при выбросах газа со дна водоема [4].

В работе исследована динамика волн давления в плоском канале, заполненном пузырьковой (газонасыщенной) и «чистой» жидкостью с границей раздела этих сред, расположенной под углом по длине канала. Для случая падения волны давления со стороны пузырьковой жидкости установлены основные закономерности отражения и прохождения волны.

Известно [3], что при определенных параметрах пузырьковой среды акустическое сопротивление пузырьковой жидкости может быть намного меньше этого же физического параметра для «чистой» жидкости. Таким образом, отражение от границы «пузырьковая среда – «чистая» жидкость» для волн, падающих на эту границу со стороны пузырьковой среды, аналогично отражению от жесткой стенки. Поэтому при отражении волны от такой границы происходит увеличение амплитуды.

Вследствие наложения падающей и отраженной волн происходит формирование пульсационного профиля давления с амплитудой лидирующего всплеска, намного превышающей амплитуду первоначального сигнала. Так как граница расположена под углом, то амплитуда результирующей волны при распространении вдоль границы будет увеличиваться, т.е. будет происходить фокусировка волны.



На рисунке представлена зависимость максимальной амплитуды давления на стенке канала, отнесенная к начальной амплитуде инициирующего давления, от угла наклона границы. Видно, что эта зависимость носит немонотонный характер. Также из рисунка следует, что максимальная амплитуда соответствует значению угла приблизительно 40 градусов.

На основе численного анализа показано, что наличие наклонной границы, разделяющей области пузырьковой среды и «чистой» жидкости, приводит к интерференции волн в области, занятой пузырьковой средой. Установлено, что с увеличением объемного газосодержания и с уменьшением радиуса пузырьков максимальное значение амплитуды давления результирующей волны на стенке увеличивается.

### Список литературы:

- [1] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч.1.М.: Наука, 1987. 464 с.
- [2] Накоряков В.Е., Покусаев Б.Г., Шрейбер И.Р. Волновая динамика газо- и парожидкостных сред. М.: Энергоатомиздат, 1990. 248 с.
- [3] Shagapov V.Sh., Gimaltdinov I.K., Khabeev N.S., Bailey S.S. Acoustic waves in a liquid with a bubble screen // Shock Waves. 2003. Т. 13. № 1. С. 49-56.
- [4] Диденкулов И.Н., Кустов А.М., Мартьянов А.И., Прончатов, Рубцов Н.В. Акустическая диагностика пузырьковых объектов в жидкости // Акуст. журн. 2011. Т. 57. № 2. С. 246-251.

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки России в сфере научной деятельности FEUR-2020-0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред»