

Кучер Д.Б., Харланов А.И., Зонтова Т.В.

### О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ АНТЕННАХ

Мировой океан с незапамятных времен привлекал к себе внимание человечества, но до самого последнего времени доступным для всестороннего исследования являлся лишь его тонкий приповерхностный слой. Отдельные успешные попытки проникновения человека в океанские глубины, даже такие, как рекордное погружение Пикара на предельную глубину, практически не меняли дела. По мнению специалистов, и сегодня человек знает об океанском дне меньше, чем о поверхности Луны и Марса [1].

**Актуальность и постановка проблемы.** Научно-техническая революция (НТР) вызвала коренные изменения в подходе к решению проблемы океана. С участием гидроакустической техники и ростом областей ее применения расширяется круг не только специалистов, занимающихся непосредственно разработкой и эксплуатацией этой техники, но и ученых, инженеров, использующих гидроакустическую аппаратуру в смежных областях. С одной стороны, НТР потребовала более быстрого и многопланового освоения океанских глубин, с другой – создала реальную предпосылку к созданию разнообразных и эффективных технических средств, приборов и устройств, расширяющих возможности проникновения в океанские глубины и их изучение. В свою очередь это дало возможность ставить перед исследователями и инженерами новые практические задачи, решение которых позволит получить большой экономический эффект. Эта диалектическая взаимосвязь обеспечила невиданный рост темпов океанографических и других исследований океанов и морей, добычи скрытых в морских глубинах пищевых и сырьевых ресурсов [2]. Однако специфика морской среды делает прием и передачу сигналов какой-либо физической природы делом далеко не простым. Например, все средства, пригодные для получения и передачи информации в условиях земли и космоса (радиоизлучения, лазеры, оптика и др.) практически непригодны под водой. Поэтому, гидроакустическая техника на сегодняшний день является основной для получения информации в морской среде.

Гидроакустические средства наблюдения позволяют вести поиск практически любых подводных объектов, независимо от природы и размеров, находящихся в толще воды или на дне, в пределах любых океанских глубин. С их помощью можно обнаружить и затонувшее судно, и скопление планктона, китов и креветок, подводные скалы и проложенный по дну кабель. Обнаруженные объекты можно классифицировать, т.е. определять их природу и принадлежность, и осуществлять за ними длительное слежение. В настоящее время для решения вышеперечисленных задач используются традиционные типы гидролокаторов, а именно: электромагнитные, электродинамические, магнитострикционные, пьезоэлектрические, пневматические, гидравлические [1,2]. Однако с ростом требований, предъявляемых к ним, данные гидролокаторы перестали удовлетворять по своим характеристикам: либо по мощности излучения, либо по массо-габаритам ну и, наконец, по энергозатратам. Постоянно существуют две тенденции, первая – увеличение дальности обнаружения подводных объектов, что возможно увеличив излучающую мощность [3–4]:

$$W = \frac{1}{2} \int_S \rho \omega^* dS \quad (1)$$

и повысив чувствительность приемников [4,5]:

$$S = \left| \frac{U(\Theta_0, \varphi_0)}{\rho(\Theta_0, \varphi_0)} \right|. \quad (2)$$

Вторая тенденция – повышение точности обнаружения подводных объектов, что возможно осуществить увеличением частоты излучения, а это неизбежно приведет к потере дальности обнаружения. Однако в совокупности это требует поиска новых методов и методик излучения, приема и преобразования гидроакустических сигналов на новых физических принципах.

**Цель.** В работах [4–6] уже рассмотрено достаточное количество свойств и характеристик различных магнитных жидкостей, на основании которых возможно предположить создание нового типа преобразования акустических волн в электрические. Поэтому, в данной работе представлены результаты

исследований направленные на изучение процессов преобразования колебаний акустического и ультразвукового диапазона, происходящих в магнитной жидкости, подверженной воздействию периодически изменяющегося магнитного поля. Понимание данных процессов позволит в будущем сформулировать рекомендации по созданию современных гидролокаторов с учетом возрастающих требований к ним. Этим и обусловлена актуальность и целесообразность исследований.

Магнитные жидкости (МЖ), синтезированные в середине 20-го века на стыке наук коллоидной химии, физики магнитных явлений и гидродинамики, относятся к магнитоуправляемым материалам и получили широкое практическое применение в машиностроении, медицине, других областях промышленности. Магнитные жидкости обладают уникальными магнитными свойствами: хорошей текучестью и намагниченностью. Важной особенностью ферромагнитных коллоидов, в отличие от большинства известных магнитных систем, является свобода поступательного движения магнитных частиц, которая может быть причиной структурных превращений, связанных с одновременным изменением характера магнитного упорядочения и пространственного расположения частиц в слое жидкости. Наблюдаемые в магнитной жидкости магнитомеханические, магнитооптические и электрофизические явления во многом определяются свойствами малых частиц, их взаимодействием во внешних полях и структурным состоянием системы. Связь макроскопических свойств вещества с его микроскопическими характеристиками является одним из основных вопросов физики жидких дисперсных систем.

Относительно процессов, определяющих электрические свойства магнитных жидкостей на сегодняшний день нет единого мнения; [5,6] основой МЖ, как правило, являются полярные или неполярные диэлектрики с проводимостью порядка  $10^{-10} - 10^{-14}$  См/м, поверхностно-активное вещество, выбираемое в качестве стабилизатора, имеет проводимость порядка  $10^{-10}$  См/м. Частицы магнетита, хоть и имеют проводимость порядка  $2 \cdot 10^4$  См/м, однако окружены плотным слоем олеиновой кислоты, поэтому проводимость магнитной жидкости не обусловлена проводимостью частиц магнетита. Проводимость же самой магнитной жидкости имеет значения порядка  $10^{-6} - 10^{-7}$  См/м, что соответствует электрическим свойствам разбавленных электролитов. Считается, что носителями заряда в МЖ являются ионы примесей – результат химической конденсации при соосаждении солей двух- и трех валентного железа из водного раствора действием водного раствора аммиака.

Неоднородное магнитное поле способно привести магнитную жидкость в движение, причем периодически изменяющееся во времени поле возбуждает периодические движения, то есть колебания. Наличие многочисленных типов собственных колебаний объемов магнитных жидкостей и возможность создания вынужденных колебаний создает предпосылки для реализации целого ряда резонансных явлений.

Физические предпосылки возбуждения вынужденных волн на поверхности магнитной жидкости заключаются в том, что давление в любой точке жидкости пропорционально напряженности магнитного поля в ней [4,5]. Это означает, что свободная поверхность жидкости как поверхность постоянного давления, находящаяся в периодическом магнитном поле, будет волнистой, представляя собой систему впадин и возвышений, соответствующих минимумам и максимумам магнитного поля. Соответственно, бегущее магнитное поле генерирует бегущую поверхностную волну. При совпадении характеристик возбуждаемой магнитным полем поверхностной волны с характеристикой собственных волн создаются наиболее благоприятные условия для передачи энергии от магнитного поля к входящей волне (эхо-сигнал), и соответственно, ее возбуждение будет носить резонансный характер. Условием наступления резонанса является такая связь между частотой и периодом вынуждающей силы, которая соответствует связи между этими величинами для свободных поверхностных волн. В этом и заключается принципиальное отличие от иных колебательных систем, при котором существует только одна колебательная характеристика силы – частота. В рассредоточенных системах резонанс достигается в результате соответствия свободным колебаниям как временным, так и пространственным характеристикам силы.

Для слоя жидкости толщиной  $l$ , ограниченного у основой твердой поверхностью, а с обратной стороны – бесконечным массивом немагнитной жидкости, условие резонанса в пренебрежении возмущениями поля имеет вид [5,6]:

$$\omega^2 = \frac{(\rho_1 - \rho_2)kg + \alpha k^3}{\rho_1 + \rho_2} \text{th}kl, \quad (3)$$

где  $\rho_1$  – плотность МЖ;  $\rho_2$  – плотность воды;  $k$  – резонансное волновое число;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\alpha = 3,2 \cdot 10^{-3}$  Н/м.

При теоретическом рассмотрении колебательных инверсных электромеханических преобразований возникает необходимость учета ограниченности колебаний амплитуды в резонансе. На практике это связано с ограничением уровня деформации чувствительных мембран гидрофонов. Для этого необходимо учитывать вязкость магнитной жидкости, коэффициент которой определяется [5,6]:

$$\zeta \approx \mu_0 M H_a / (4\eta k \omega), \quad (4)$$

где  $H_a$  – амплитуда переменного магнитного поля,  $k$  и  $\omega$  – резонансное волновое число и частота,  $\eta$  – наибольшая динамическая вязкость жидкостей.

**Выводы.** Таким образом, использование резонансных свойств магнитной жидкости для повышения чувствительности приемных антенн гидроакустических комплексов позволит решать человечеству самые сложные задачи под водой.

В настоящее время невозможно назвать область человеческой деятельности, связанную с проникновением в океанские глубины, в которой не применялась бы гидроакустика. Можно с полной определенностью утверждать, что многие исследования и работы в океанах и морях были бы значительно менее эффективными, а некоторые и невозможными без применения гидроакустических средств. Именно эти средства помогают человеку познать многие тайны и загадки природы, скрытые в многокилометровой толще морской воды, открывают путь в таинственные и враждебные глубины гидрокосмоса, обеспечивают получение человеком несметных богатств, хранящихся в воде и недрах морского дна. В этом смысле гидроакустика и оказалась электронным лучом, открывшим в прямом и переносном смысле пути в океанские глубины.

#### Литература

1. Клюкин И.И. Судовая акустика: Учебное пособие / И.И. Клюкин, А.А. Клещев. — Л.: Судостроение, 1982. — 144 с.
2. Митько В.Б., Евтютов А.П., Гуцин С.Е. Гидроакустические средства связи и наблюдения. / В.Б. Митько, А.П. Евтютов, С.Е. Гуцин – Л.: Судостроение, 1982. — 200 с.
3. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Л.Д.Ландау, Е.М.Лившиц. – М.: Физматгиз, 1959 – 532 с.
4. Берковский Б.М. Магнитные жидкости / Б.М.Берковский, В.Ф.Медведев, М.С.Краков. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
5. Блум Э.Я. Магнитные жидкости / Э.Я.Блум, А.О.Цеберс. – М.: Знание, 1989. – 240 с.
6. Шлиомис М.И. Магнитные жидкости / М.И. Шлиомис // Успехи физ. наук. – 1974. – Т. 112. Вып. 3. – С. 427–458.

УДК 621.396.677

Кучер Д.Б., Харланов О.І., Зонтова Т.В.

#### О ДЕЯКИХ ОСОБЛИВОСТЯХ ВИКОРИСТАННЯ МАГНІТНОЇ РІДИНИ В ГІДРОАКУСТИЧНИХ АНТЕНАХ

В роботі проведено аналіз деяких процесів, що відбуваються в магнітній рідині під зовнішнім впливом. Запропоновано використання резонансних явищ магнітної рідини для обробки та перетворення сигналів в антенах гідроакустичних станцій з метою підвищення їх чутливості.

Kucher D.B., Kharlanov O.I., Zontova T.V.

#### SOME FEATURES OF MAGNETIC LIQUID USE IN HYDROACUSTIC ANTENNAS

The analysis of some processes in magnetic liquid under external disturbances was done. The use of resonance of magnetic liquid is proposed for treatment and performance of signals in antennas of hydroacoustic units to increase the level of sensibility.