

УДК 532:538.12

ГИДРОМЕХАНИКА

И. А. БЕРЕЖНОЙ, Д. Д. ИВЛЕВ, Р. Н. ЛОГВИНОВА

О НЕКОТОРЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ СО СХОДЯЩИМИСЯ КОЛЬЦЕВЫМИ ВОЛНАМИ НА ПОВЕРХНОСТИ ТЯЖЕЛОЙ ЖИДКОСТИ

(Представлено академиком Л. И. Седовым 21 XI 1974)

В работе ⁽¹⁾ в одном из примеров рассматриваются эффекты, связанные с движением поверхностных кольцевых волн в жидкости к центру. Отмечается трудность аналитического описания этого явления. В связи с этим может оказаться полезным изучение этого процесса на физической модели, позволяющей осуществлять изменение определяющих параметров в довольно широких пределах.

Устройство для моделирования этого явления представляет собой цилиндрический соленоид, в магнитном поле которого располагается круговая

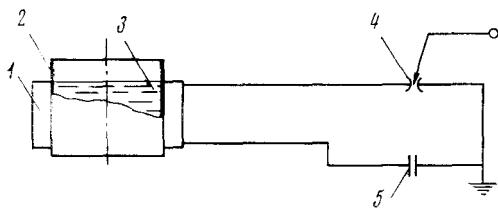


Рис. 1. Принципиальная схема установки для наблюдения сходящихся кольцевых волн: 1 — соленоид; 2 — цилиндрическая кювета, 3 — жидкость, 4 — разрядник, 5 — конденсатор

кювета, заполненная проводящей жидкостью. Если на соленоид подать импульс напряжения, то соленоид станет источником аксиального нестационарного магнитного поля, проникновение которого в проводник ограничивается некоторой характеристической глубиной, называемой скин-слоем ⁽²⁾. Величина скин-слоя зависит от проводимости жидкости, частоты изменения магнитного поля, магнитной проницаемости про-

водника и для жидкостей с проводимостью, близкой к проводимости алюминия, меди, при частотах изменения магнитного поля порядка 10^2 — 10^3 гц составляет 10^{-2} — 10^{-3} м. Диаметр кюветы выбирается таким, чтобы величина скин-слоя была мала по сравнению с ним.

Под действием переменного магнитного поля в скин-слое по закону Фарадея возникает электродвижущая сила и текут азимутальные токи. Взаимодействие этих токов с магнитным полем создает радиальное магнитное давление, сжимающее жидкость. Импульс этого давления будет источником сходящихся волн на поверхности жидкости.

Величиной импульса давления можно влиять на характеристики волнового процесса. Кроме того, обеспечивая длительность электрических процессов на один—два порядка меньше длительности механических процессов в жидкости, можно считать, что движение в жидкости определяется только инерционными, вязкими, гравитационными и капиллярными силами.

Устройство, на котором получены приводимые ниже результаты, состоит из круговой цилиндрической кюветы, помещенной в поле короткого цилиндрического соленоида (рис. 1). Кювета, выполненная из диэлектрика, заполнена жидким металлом, в качестве которого использован эвтектический сплав галлий—индий—олово с температурой плавления $10,5^\circ\text{C}$,

проводимостью $3,4 \cdot 10^6 \text{ ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, плотностью $6,41 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ и кинематической вязкостью $0,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot \text{сек}^{-1}$.

Для создания импульсного магнитного поля использовали разряд конденсатора ИМ-140-5 через соленоид с помощью управляемого разрядника. Характеристики электрической цепи подобраны таким образом, чтобы обеспечить колебательный затухающий процесс с частотой порядка $2 \cdot 10^3 \text{ гц}$, что обеспечивает длительность электрического процесса не более $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$. Индуктивность соленоиды составляет $4 \cdot 10^{-5} \text{ гн}$, емкость конденсатора 140 мкф. Конденсатор заряжается от высоковольтного источника (в схеме не показан) в пределах от 100 в до 1000 в, что соответствует запасенной энергии от 0,7 дж до 70 дж.

В процессе эксперимента напряженность магнитного поля меняли от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^5 \text{ а} \cdot \text{м}^{-1}$, что соответствовало изменению давления радиального сжатия жидкости от $8 \cdot 10$ до $8 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{м}^{-2}$. Процесс распространения возмущения на поверхности регистрировали с помощью скоростной кинокамеры «Киев-16У». Обработка кинограмм процесса показала, что длительность распространения возмущения от периферии к центру для различных импульсов давления колеблется от $1 \cdot 10^{-1} \text{ сек}$. до $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ сек}$., что значительно превышает длительность существования магнитного поля в соленоиде. Замечено, что скорость распространения сходящихся волн растет с увеличением импульса давления.

Первоначально круговая волна возмущения принимает многоугольную форму, что аналогично гидромагнитной неустойчивости Рэлея — Тейлора для сходящихся цилиндрических оболочек ⁽²⁾. На рис. 2 приведена фотография, где зафиксировано распространение возмущения на поверхности жидкости при магнитном давлении $7 \cdot 10^2 \text{ н} \cdot \text{м}^{-2}$. Сходящиеся волны имеют ярко выраженную пятиугольную форму (рис. 2, см. вкл. к стр. 842).

Перед гребнем волны просматривается серия более мелких концентрических волн такой же формы. Высота волн при приближении к центру нарастает и дает всплеск по высоте, в несколько раз превышающей начальную высоту волны. При давлении магнитного поля $5 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{м}^{-2}$ максимальная высота всплеска составляет $13 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

Поступило
17 XI 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ М. А. Лаврентьев, В. Б. Шабат, Проблемы гидродинамики и их математические модели, М., 1973. ² Г. Кнопфель, Сверхсильные импульсные магнитные поля, М., 1972.