

ГИДРОМЕХАНИКА

А. А. ДМИТРИЕВ и Т. В. БОНЧКОВСКАЯ

**ОПЫТ НАБЛЮДЕНИЯ СВЕТОПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ МЕТОДОМ
ВОЛНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ ОКОЛО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТВЕРДОЙ
СТЕНКИ**

(Представлено академиком В. В. Шулейкиным 30 III 1953)

Изучение волновых движений жидкости в лабораторных условиях затруднено отсутствием достаточно надежной методики. Измерительные приборы, вводимые в жидкость, турбулизируют ее, а поплавки иной плотности, чем жидкость, описывают траектории, не совпадающие с траекториями жидких частиц. В связи с этим для исследований движений в волне нами был применен светополаризационный метод, предложенный А. А. Дмитриевым.

Работа проводилась в лотке длиной 200 см и шириной 15 см при глубине слоя воды 11—13 см. Волна возбуждалась клиновидным волногон с вертикальной тыловой стенкой. Велась киносъемка волны с длиной $\lambda = 50$ см, высотой $2h = 4$ см и периодом $\tau = 0,7$ сек.

Для уменьшения отражения волн, идущих от тыловой поверхности волногона к задней стенке лотка, между ним и этой стенкой помещался

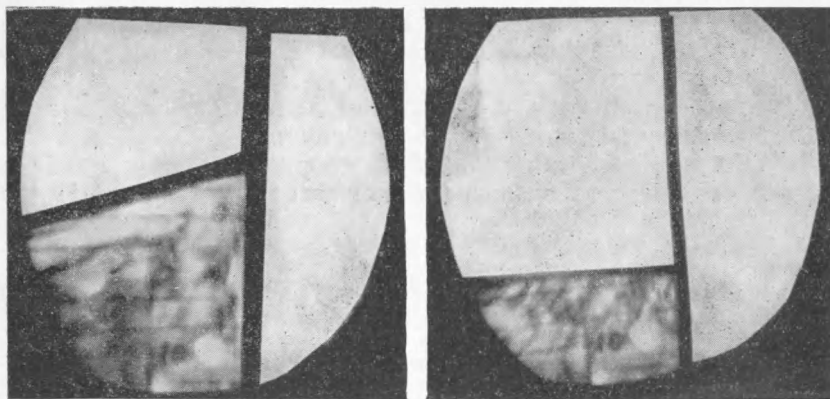


Рис. 1. Светополаризационная картина структуры отраженной волны в разные фазы периода

гаситель в виде двух длинноворсовых щеток, расположенных ворсом друг к другу. На рис. 1 для иллюстрации приведены на белом фоне снимки светополаризационной картины отраженной волны в двух фазах. Стенка представлена черной вертикальной линией. В отдельные фазы периода

происходит сильная трансформация затемненных областей. Однако в одну и ту же фазу через период картина подобна. Проследивая последовательно положение типичных точек от фазы к фазе, можно оценить скорость в разных областях волны.

Таким путем и была обработана серия экспериментов с отраженной от вертикальной стенки волной. Нужно отметить, что во время описываемых опытов иногда наблюдалось нарастание волн у вертикальной стенки до тех пор, пока не начинался выплеск воды. Можно думать, что это происходило вследствие многократного отражения от клина волногона и от вертикальной стенки. В отдельные периоды времени, повидимому, когда отраженная от стенки волна попадала не на волногон, а на гаситель, изменения волнения были незначительны. Наблюдалась более или менее устойчивая по величине и форме стоячая волна. В эти моменты мы производили кинематографирование светопolarизационной картины у самой отражающей стенки. Скорость движения пленки при этом бралась достаточно большой (32 кадра/сек). Полученные результаты обработки представлены на рис. 2 в виде траекторий движения частиц.

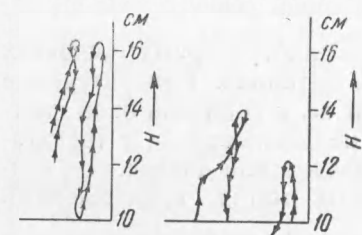


Рис. 2. Траектории движения частиц у стенки

и понижении уровня — прибывание к берегу или увлечение к середине реки плавающих тел.

Действительно, на рис. 2, где даны траектории жидких частиц, имеющих различное начальное положение, можно видеть, что они отличаются от прямых — путь частиц вверх у стенки лежит ближе к ней, а вниз — дальше. Частицы, расположенные за стрежнем, имеют противоположное направление циркуляции.

Отсутствие обратимости у траекторий должно приводить к некоторым отклонениям от идеальной схемы циркуляции.

Действительно, согласно нелинейной теории, в первом приближении положение частиц в стоячей волне описывается формулами ((²), стр. 52):

$$x = x_0 + 2r \sin \frac{\pi t}{T} \cos \frac{\pi x_0}{L},$$

$$z = z_0 - \frac{4\pi r r'}{2L} \sin^2 \frac{\pi t}{T} - 2r' \sin \frac{\pi t}{T} \sin \frac{\pi x_0}{L},$$

где

$$r = h \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi(H-z_0)}{L}}{\operatorname{sh} \frac{\pi H}{L}}; \quad r' = h \frac{\operatorname{sh} \frac{\pi(H-z_0)}{L}}{\operatorname{sh} \frac{\pi H}{L}};$$

L — половина длины волны; T — половина периода волны; h — поло-

вина высоты волны (бегущей); x_0 и z_0 — положение частиц в покое. Отсюда вертикальная скорость частиц будет

$$\frac{dz}{dt} = -\frac{4\pi^2 r r'}{L T} \sin \frac{\pi t}{T} \cos \frac{\pi t}{T} - \frac{2\pi}{T} r' \cos \frac{\pi t}{T} \sin \frac{\pi x_0}{L}.$$

Вычисления по приведенной формуле для $z_0 = 11$ см и $x_0 = \frac{1}{2} L$ дают плавную кривую (рис. 3, 2) хотя и несимметричную. На основании свето-

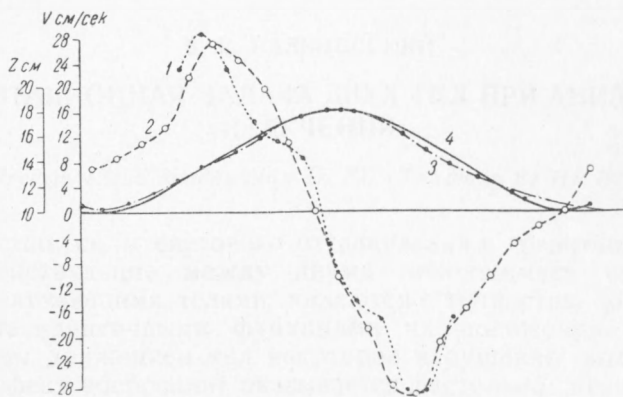


Рис. 3. Скорость в волне и уровень около стенки. 1 — скорость по экспериментальным данным; 2 — скорость вычисленная; 3 — уровень свободной поверхности; 4 — трохоида

поляризационных снимков получена для $z_0 = 11$ см экспериментальная кривая (рис. 3, 1) скорости движения жидкости. В ее течении заметны отклонения от хода теоретической кривой. На том же рис. 3 нанесены последовательные положения уровня у стенки, снятые с кадров (рис. 3, 3), и положение свободной поверхности при трохоидальном законе. Наблюдаемая волна спадает несколько быстрее, чем это следует из трохоидальной теории, и медленнее подходит к своему наимизшему положению. Заметна некоторая несимметричность волны, обязанная, возможно, отсутствию полной стационарности. Следует отметить в общем достаточно близкое совпадение трохойды и действительно наблюдающегося положения уровня.

Поступило
7 III 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. Н. Сретенский, Тр. ЦАГИ, № 541, ч. 1 (1941). ² Н. Н. Джунковский, П. К. Божич, Морское волнение и его действие на сооружения и берега, 1949.