**Смирнов, Сергей Андреевич.**

## Генерация внутренних волн в вязкой непрерывно стратифицированной жидкости : диссертация ... кандидата физико-математических наук : 01.04.02. - Москва, 1998. - 99 с.

## Заключение диссертациипо теме «Теоретическая физика», Смирнов, Сергей Андреевич

5.3 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На Рис. 5.4-5.8 приведены примеры расчета поверхностей постоянной фазы для различных углов обтекания препятствия (пунктирными линиями показаны впадины, сплошными - гребни) и теневые фотографии внутренних волн (границы черных и белых полос отвечают их гребням и впадинам).

При горизонтальном обтекании фазовые поверхности в центральном сечении - полуокружности. В эксперименте (Рис. 5.4, а = 0°, тело малого диаметра, о « ьу = \[ёу! N - вязкий волновой масштаб) форма гребней не везде совпадает с расчетной. Нижняя часть волнового поля сильнее прижимается к оси движения, что связано с некоторым непостоянством частоты плавучести. Наиболее удачное совпадение теоретических и экспериментальных фазовых поверхностей соответствует положению мнимого источника на линии движения на расстояние 1,4 см от центра сферы вперед по потоку, при этом экспериментальные кривые пересекают полуокружности в двух точках: выше линии движения при /3 = 20°, у = 50°; ниже - при /? = - 20°, у = - 40° (углы отсчитываются от линии движения, Рис. 5.5). Эти отклонения обусловлены эффектом Доплера - увлечением волн сдвиговым течением в следе. Зная величину отклонения экспериментальной кривой от расчетной Вх„, с учетом (5.10), можно вычислить локальное значение скорости Но = Ох,, Ть. Ее зависимость от угла ф, отсчитываемого от линии движения, показана на Рис. 5.6. Максимум скорости находится в центре следа. В основном диапазоне углов сдвиг скорости остается постоянным. На периферии волнового поля в диапазоне углов от 20° до 50° наблюдается противотечение. С увеличением номера волны происходит уменьшение скорости.

При горизонтальном обтекании сферы большого диаметра (В > Ьу) центр мнимого источника располагается на расстоянии 2,5 см перед телом. Волны замыкаются на высокоградиентные оболочки следа, толщина которых порядка д = « 10"3 см, ка- коэффициент диффузии соли.

В волновой картине, образующейся при движении препятствия под углом ос к горизонту (а = ж/ 2 - у/), можно выделить два типа волн - нормальные и косые. В типичной картине течения (Рис. 5.7, а= 11°) выделяются обе группы волн (нормальные - деформированные дуги окружностей в нижнем полупространстве и косые в верхнем, выше линии движения). Особенностью негоризонтального обтекания является наличие только одной высокоградиентной оболочки следа (верхняя оболочка следа скользит вдоль поверхности сферы до тех пор, пока не сольется с нижней). Единственная граница спутного следа визуализируется как слегка изогнутая темная линия. Поскольку в этом режиме разность плотностей жидкости в следе и окружающей среде на том же горизонте невелика, граница следа сохраняет свою сплошность. Внутренние волны заполняют все доступное пространство, включая и область следа. Нормальные волны выражены более четко, чем косые. В этом режиме отчетливо выделяется фронт волны (граница области существования присоединенных внутренних волн). Расчетное угловое положение каустики - 30° от линии движения.

При увеличении угла наклона натекающего потока (Рис. 5.8, а = 30°) меняется тонкая структура плотностного следа и относительная интенсивность существующих групп волн. В этом случае нормальные волны выражены слабо, а косые - более отчетливо. Их форма удовлетворительно согласуется с расчетной (5.12). Поскольку более тяжелая жидкость, увлекаемая с нижележащих горизонтов, теряет свою устойчивость и осыпается тонкими вертикальными струйками - солевыми пальцами, нижняя граница плотностного следа становится нерегулярной. Слабые нормальные волны не могут преодолеть плотностную неоднородность на границе течения и попасть выше линии движения. В этом режиме не образуется истинного фронта волны, поскольку не выделяется область одновременного существования двух волновых систем.

При увеличении размеров препятствия растет амплитуда излучаемых волн (Рис. 5.9, а = 10°). Клюв волновой поверхности около тела визуализи

77 рует тонкий плотностной пограничный слой. В картине волн можно видеть скачок фазы, который располагается на прямой, выходящей из области клюва и расположенный под углом 22° к линии движения (12° к горизонту). Угловое положение границы волновой зоны - 55° от линии движения (эксперимент), каустики - 32° (теория). Вероятно, различие угловых положений каустик может быть уменьшено, если в расчетах учесть нестационарные волны на границе волнового фронта.

Во всех случаях мнимый источник располагался на линии движения выше по потоку на расстоянии, которое зависит от характерной длины волны (5.18). В пределах точности опыта экспериментальная зависимость может быть аппроксимирована прямой Х{ = 0,5 -Я 1 0,25 см, т.е. мнимый центр опережает центр препятствия на половину длины волны (Рис. 5.10; вертикальными отрезками на рисунке отмечены погрешности величины Х\, вытекающие из неоднозначности выбора оптимального положения мнимого источника). Эта величина фактически является масштабом длины области блокировки перед препятствием.