

# **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ВИХРЕЙ ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ПАДЕНИИ КАПЛИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ЖИДКОСТИ**

Л. Н. БУРКОВА, Д. А. РЕВА

Пермский государственный национальный исследовательский  
университет, 614990, Пермь, Букирева, 15

При падении капли на поверхность жидкости возникают вихри. Такие вихри называют тороидальными. Тороидальный вихрь – явление, при котором область вращающейся жидкости перемещается через ту же самую или другую область жидкости.

Вихревые течения – один из основных объектов исследований в механике жидкости в силу важности их влияния на все характеристики процессов переноса импульса, энергии и вещества, сопротивление движению тел и подъемную силу.

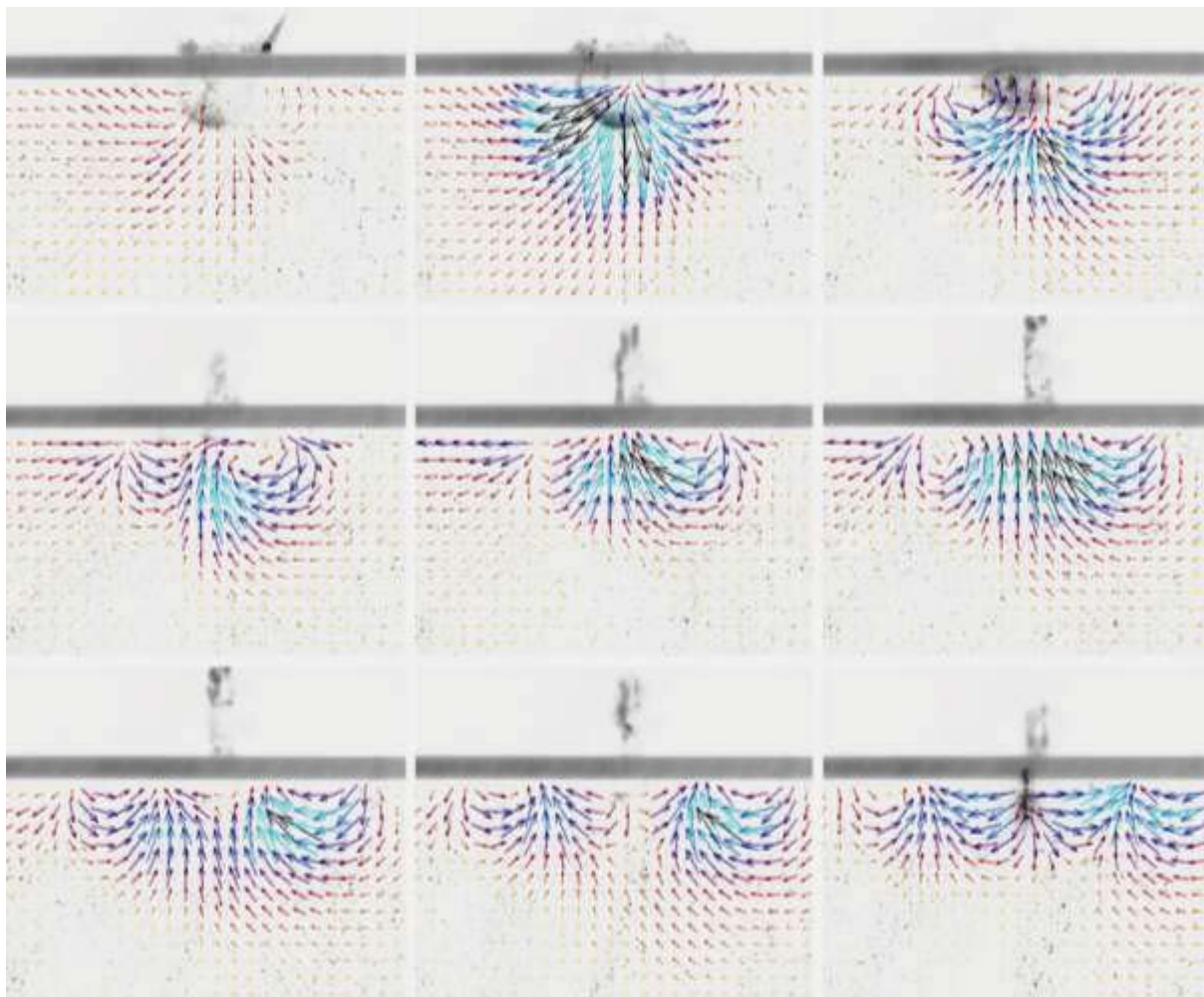
В данной работе рассматривался процесс образования вихрей в жидкости при погружении капель в воду. В начальные стадии столкновения капли с жидкостью между ними возникает прослойка, выдавливаемого наружу воздуха. Вытеснение воздуха из зазора при продавливании свободной поверхности второй жидкости происходит одновременно с увлечением воздуха в зазор, который образуется в тончайшем слое непосредственно у поверхностей раздела фаз из-за условий прилипания. Эти противоположные эффекты приводят к деформации зазора, формируя в нём избыточное давление, которое в конечном итоге останавливает каплю и выдавливает её наружу [1].

Целью данной работы, является визуализация вихрей возникающих при падении капли на поверхность жидкости.

Для визуализации вихрей был использован метод PIV. С помощью этого метода были получены снимки, в которых для каждой частицы был построен вектор скорости. На кадре, полученном с помощью комплекса программ LaVision, видно, куда движутся частицы и с какой скоростью (Рис. 1). У частиц с разной скоростью вектора различаются цветом и длиной, т. е. самые большие скорости обозначены длинными векторами чёрного цвета.

В ходе работы было проделано 4 эксперимента, с разной скоростью съёмки 50, 90, 120 и 150 кадров в секунду.

Первый эксперимент проводился при скорости съёмки 50 кадров в секунду и высоте падения капли  $h = 0.7$  метра. Весь процесс погружения капли в воду с последующим выбросом струи обработанный с помощью программы DaVis. представлен на Рис. 1.



**Рис. 1.** *Последовательные фотографии процесса падения капли на поверхность жидкости*

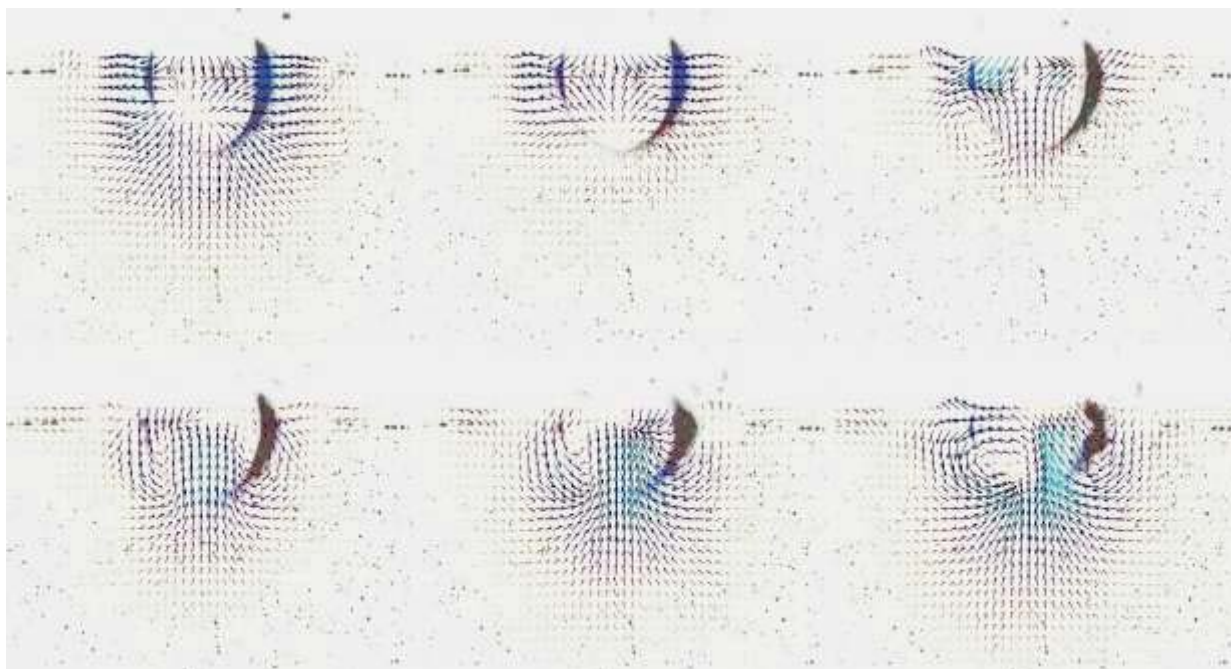
На представленных кадрах видно как распространялась энергия внутри жидкости. На первом кадре, несмотря на то, что на нём запечатлён самый первый момент погружения капли в воду, нет больших скоростей. Это происходит по следующей причине: в момент, когда капля только начала погружаться в воду, на поверхности жидкости возникают большие скорости, но при малой скорости съёмки, на исходном кадре вместо частичек видны треки частиц. В этом случае, определение скорости методом PIV невозможно.

По этой причине максимальная скорость частиц, выявленная в эксперименте,  $V_{max} = 0.0026$  м/с. Минимальная  $V_{min} = 0.0006$  м/с.

Скорость съёмки, в этом эксперименте, оказалась слишком мала для того, чтобы увидеть большие скорости трассеров в вихрях. Кроме того, не вся последовательность состояний оказалась заснятой.

Во втором и третьем экспериментах при частоте съёмки 90 и 120 кадров в секунду результаты оказались аналогичны результатам первого эксперимента - частота съёмки оказалась недостаточной для визуализации динамики процесса.

По этой причине частота съёмки была увеличена до 150 кадров в секунду, это позволило подробнее рассмотреть процесс погружения капли в воду. В первом эксперименте он укладывался на 3 кадрах, в этом случае процесс занимает 15 кадров. Благодаря этому факту, в эксперименте при скорости 150 кадров в секунду были запечатлены вихри (рис.2).



**Рис. 2.** Вихри в жидкости

Так как скорость съёмки в этом эксперименте намного больше, чем в первом, то минимальное и максимальное значения скоростей частичек существенно различаются. Минимальная скорость частичек, которую смогла обработать программа, составляет  $V_{min} = 0,005$  м/с. Эти скорости изображены на кадрах маленькими векторами жёлтого света. Максимальная скорость  $V_{max} = 0,115$  м/с.

Проделав серию экспериментов с разными скоростями съёмки, удалось подобрать оптимальную частоту кадров для визуализации и численных оценок методом PIV.

Полученные кадры служат доказательством образования вихрей в жидкости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Макарихин И.Ю., Макаров С.О., Рыбкин К.А. Замечания о падении капли на свободную поверхность другой жидкости // Изв. РАН. МЖГ. 2010. № 1. С. 40–44.