

УДК 532.23:535

Базаров Ю.Б.^{1,2}, Баранов В.К.¹, Барсуков Ю.К.², Голубинский А.Г.¹, Георгиевская А.Б.^{1,2}
Ириничев Д. А.¹, Красовский Г.Б.², Мешков Е.Е.² Ольхов О.В.¹, Степушкин С.Н.¹,
Седов С.Ю.¹, Сяндюков А.Ю.¹, Хатункин В.Ю.¹

¹РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров

²СарФТИ НИЯУ «МИФИ», Саров

О ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ОБРАЗОВАНИЯ ОБЛАКА МИКРОЧАСТИЦ ПРИ ВЫХОДЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ НА СВОБОДНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ СЛОЯ КОНДЕНСИРОВАННОЙ СРЕДЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Описаны результаты экспериментов по исследованию механизма образования облака микрочастиц при выходе ударной волны на свободную поверхность слоя воды вследствие развития неустойчивости. Ударная волна создавалась электрическим взрывом проволоки погруженной в воду. Регистрация течения производилась методом PDV (Photon Doppler Velocimetry).

МЕТОД PDV, МИКРОЧАСТИЦЫ, УДАРНАЯ ВОЛНА

ВВЕДЕНИЕ

Развитие неустойчивости свободной поверхности конденсированного вещества при выходе на нее ударной волны приводит к диспергированию вещества на мелкие фрагменты. Представляет интерес образование и распределение мелких фракций по размерам и скоростям, зависящим от параметров течения и реологических свойств среды [1].

Ниже описана методика исследования подобных процессов в лабораторных условиях при выходе ударной волны на свободную поверхность слоя воды. Регистрация течения производилась методом PDV (Photon Doppler Velocimetry).

ОПТОГЕТЕРОДИННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ НЕСКОЛЬКИХ БЫСТРО ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

В описанных ниже экспериментах использовалась оптогетеродинная методика, или методика «PDV» (Photon Doppler Velocimetry) [2, 3].

В методике «PDV» один из сигналов, выполняющий функции гетеродинного, имеет постоянную во времени несущую частоту, а второй, отраженный от движущегося объекта и имеющий доплеровский сдвиг частоты, является носителем информации о скорости объекта. Детектирование частоты биения этих сигналов осуществляется на нелинейном элементе, которым в методике «PDV» является фотодиод. Изменение во времени амплитуды суммарного сигнала $I(t)$, регистрируемое фотодиодом, определяется следующим выражением

$$I(t) = I_0 + I_d + (I_0 \cdot I_d)^{1/2} \cdot \sin[f_b(t) + \theta], \quad (1)$$

где I_0 , f_0 и I_d , f_d – амплитуды и частоты, соответственно, гетеродинного и отраженного от движущегося объекта излучений, θ – сдвиг фазы между излучениями, $f_b(t) = |f_d(t) - f_0|$ –

частота доплеровского сдвига, определяемая по формуле (2)

$$f_b(t) = 2 \cdot [V(t)/c] \cdot f_0. \quad (2)$$

В исходном лазерном излучении с длиной волны $\lambda = 1550$ нм гетеродинная частота будет равна $f_0 = 193414$ ГГц. Не сложно оценить, что при скорости измеряемого объекта $V(t) = 1$ км/с биение сигналов будет с частотой $f_b = 1,29$ ГГц.

Из формулы (2) видно, что носителем информации в методике «PDV» является частота излучений, а амплитуды сигналов могут быть разными по величине.

ТЕХНИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Схема экспериментальной сборки приведена на рис. 1.

Кювета для воды изготовленная из оргстекла имела размеры: длина 60 мм, высота 15 мм. В кювета находился слой воды 2 высотой. На дне кюветы, располагалась нихромовая проволочка 1 диаметром 50 мкм. Взрыв проволочки происходил от энергии электрического разряда высоковольтного импульса, приходящего от конденсаторной батареи емкостью 0,25 мкФ, заряженной до напряжения 15 кВ. В жидкости инициировалась нестационарная УВ, под действием которой формировалось двумерное облако диспергированной воды.

Регистрация течения осуществлялась при помощи скоростного фоторегистратора СФР и датчиком PDV.

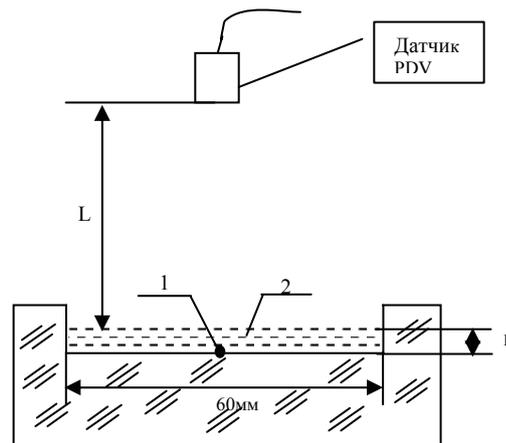


Рис.1. Постановка эксперимента по исследованию диспергирования жидкости при электрическом взрыве тонкой проволочки: 1 – проволочка диаметром 50мкм; 2 – вода

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Картина течения, зарегистрированная скоростной камерой СФР в варианте лупы времени в проходящем свете, приведена на рис. 2.

На рис. 3 приведены результаты эксперимента по регистрации скорости движения облака микрокапель PDV – датчиком. PDV – датчик расположен на расстоянии $L = 105$ мм от поверхности воды.

Отметим особенности наблюдаемой зависимости скорости воды от времени. На начальном участке зависимость представлена в виде сплошной линии. Это можно интерпретировать следующим образом. В начальный момент времени после выхода волны Тейлора на свободную поверхность воды жидкость летит сплошным слоем. Такое предположение согласуется с рис. 2. Начиная с момента времени ~ 180 мкс характер зависимости резко меняется: сплошная линия разрушается на отдельные точки, причем каждому моменту времени соответствует некоторый интервал регистрируемых скоростей,

ширина этого интервала растет со временем. Одновременно наблюдается снижение скорости в среднем. Тем самым происходит разрушение летящего слоя воды на капли, что наблюдается на рис. 2. Величина интервала регистрируемых скоростей определяет интервал скоростей в летящем облаке диспергированной воды.

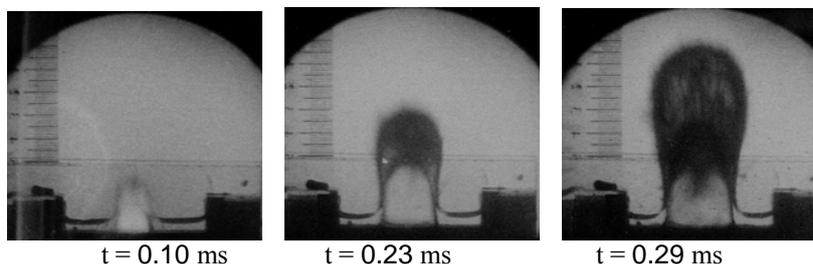


Рис. 2. Формирование облака диспергированной жидкости при электрическом взрыве тонкой проволоочки погруженной в воду. Регистрация в направлении оси проволоочки

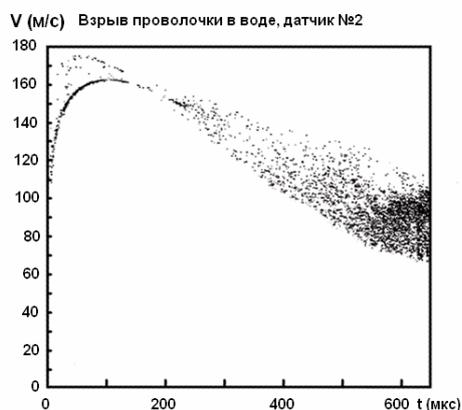


Рис. 3. Зависимости скорости микрокапель воды от времени

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описан метод образования облака диспергированной воды, формирующегося при выходе нестационарной ударной волны (волны Тейлора) на свободную поверхность слоя воды. Ударная волна создавалась электрическим взрывом проволоочки.

Для регистрации течения использовалась методика PDV. Данным методом зарегистрированы скорости микрокапель воды до 200 м/с.

Данная методика позволяет получать распределения микрокапель по скоростям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Огородников В.А., Иванов А.Г., Михайлов А.Л. и др.** О выбросе частиц со свободной поверхности металлов при выходе на неё ударной волны и методах их диагностики // Физика горения и взрыва, 1998, т.34, №6. С. 103 –107.
2. **Strand O.T., Gusman D.R., Whitvorth T.L., Kukhlov N.W.** // Rev. Sci. Instr., 77, 083108, 2006.
3. **Баранов В.К., Голубинский А.Г., Ирничев Д.А., Степушкин С.Н., Хатункин В.Ю.** Оптигетеродинное измерение скорости нескольких быстро движущихся объектов // Сб. трудов XII Харитоновских тематических научных чтений. Саров, 2010. С. 297 – 302.

Yu.B. Bazarov¹, V.K. Baranov¹, Yu.K. Barsukov², A.B. Georgievskaya¹, A.G. Golubinsky¹,
D.A. Irinichev¹, G.B. Krasovsky², E.E. Meshkov², O.V. Olkhov¹, S.N. Stepushkin¹,
S.Yu. Sedov¹, A.Yu. Syundyukov¹, V.Yu. Khatunkin¹

¹*Russian Federal Nuclear Center-All-Russian Scientific Research Institute Of Experimental
Physics, Russia, 607190, Sarov, Mir st., 37*

²*Sarov Physical Technical Institute "MIFI", Russia, 607190, Sarov, Duhov st.,6*

**ON THE POSSIBILITIES OF INVESTIGATING THE MECHANISMS OF
MICROPARTICLES CLOUD FORMATION BY SHOCK WAVE ARRIVAL ON
CONDENSED MATTER FREE SURFACE IN LABORATORY ENVIREMENT**

The results of experiments on the formation mechanism of particulate clouds when the shock wave exit at the free surface layer of water due to the instability are described. The shock wave was produced by electrical explosion of wires were immersed in water. The registration of currents were carried by PDV Technique (Photon Doppler Velocimetry).

PDV TECHNIQUE, MICROPARTICLES, SHOCK WAVES