

**ДИНАМИКА РОЛИКОВЫХ ДОМЕНОВ
ПАРАМЕТРИЧЕСКИ ВОЗБУЖДАЕМЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ ВОЛН
ПРИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ГРАНИЦ**

С. В. Кияшко, В. О. Аффенченко, А. В. Назаровский

В работе представлены результаты экспериментального исследования динамики роликовых доменов параметрически возбуждаемых капиллярных волн. В доменах ролики были ориентированы параллельно разным границам прямоугольной кюветы и перпендикулярно друг другу. Выяснено, что в зависимости от начальных и граничных условий на краях кюветы могут возникать двумерные домены различной формы, а динамика доменов определяется движением их фронтов, при этом найдено 16 различных сценариев перехода к одному из двух возможных стационарных состояний. Для наблюдаемого явления предложена модель, расчеты в соответствии с которой хорошо согласуются с экспериментом.

Ключевые слова: Формообразование, капиллярные волны, роликовые структуры, конкуренция доменов.

Введение

Автоколебательные процессы в активных двумерных системах часто приводят к различным стационарным состояниям [1]. При этом стационарные режимы могут отличаться и ориентацией в пространстве. Хорошо изучены автоволны, возникающие в системах с диффузией и распределенным источником энергии [2], параметрически возбуждаемые системы, такие как, например, спиновые волны в ферромагнетике [3] и стоячие волны на поверхности жидкости (рябь Фарадея) [4]. Исследовались нестационарные пространственно-однородные режимы [5], модуляционная неустойчивость [6] и переход к хаосу дефектов [7]. Нестационарный режим распространения фронта параметрически возбуждаемой капиллярной ряби исследовался в работе [8], где показано, что скорость распространения фронта постоянна и при увеличении надкритичности приближается к групповой скорости свободных волн $V_{гр}$. Если процесс установления автоколебаний происходит в двумерной системе, то могут возникнуть области с различной пространственной ориентацией (домены), и они могут конкурировать между собой [9].

В жидкости большой вязкости нелинейные потери увеличиваются, возникает сильная конкуренция, поэтому на поверхности жидкости может существовать только

одна пара стоячих волн. При этом наблюдаются роликовые (линейчатые) структуры с различной ориентацией роликов [10]. Домены поля с различной ориентацией роликов в пространстве могут конкурировать друг с другом. Подобная ситуация для двух взаимодействующих доменов рассмотрена в работе [11]. Движение фронта, разделяющего домены, происходило равномерно и параллельно одной из границ прямоугольной кюветы, и задача по существу была одномерной. В работе [12] экспериментально исследована динамика двумерных роликовых доменов сложной формы, у которых подвижными границами являются несколько сторон. Показано, что в зависимости от начальных и граничных условий на краях кюветы возникают двумерные домены различной формы, а их динамика определяется движением их фронтов. Форма кюветы при этом была квадратной. В настоящей работе исследуется динамика роликовых доменов в кювете прямоугольной формы. От соотношения длин сторон прямоугольной кюветы качественно зависит поведение в системе. Границы многоугольных доменов при этом состоят из отрезков прямолинейных фронтов, которые расположены под различными углами друг к другу. При этом ролики в различных доменах были ориентированы перпендикулярно друг другу и параллельно разным границам кюветы.

1. Описание эксперимента

Эксперименты по исследованию динамики роликовых доменов при сильной конкуренции проводились подобно тому, как это было в работе [12]. В качестве экспериментальной жидкости использовалось силиконовое масло большой вязкости с параметрами: вязкость $\nu = 0.95 \text{ см}^2/\text{с}$ (примерно в 100 раз больше вязкости воды), плотность $\rho = 0.97 \text{ г/см}^3$ и коэффициент поверхностного натяжения $\sigma = 20 \text{ дин/см}$. Использовались прямоугольные кюветы, выполненные из оргстекла с размерами 23 см по длинной стороне и от 11 до 23 см по короткой. Кюветы помещались на стол вибростенда и совершали вертикальные вибрации под действием вибростенда TV2500 фирмы «TIRAvib», на который через усилитель подавался синусоидальный сигнал с кварцевого генератора ГЗ-110. При этом контролировалась амплитуда ускорений A , частота вынуждающей силы ($F \sim 41...81 \text{ Гц}$) и глубина жидкости ($L \sim 3.5...5.5 \text{ мм}$). Картины стоячих волн наблюдались в отраженном свете. Различные сценарии перехода к стационарному состоянию записывались на видеокамеру для компьютерной обработки, при этом каждый сценарий протекал при фиксированных параметрах A , F , L .

В качестве источника света использовалась лампа дневного света, расположенная на высоте 2 м над поверхностью жидкости. Заметим, что в процессе записи паттернов видеокамерой происходит усреднение изображения по периоду капиллярных волн, так что их пучностям соответствуют более яркие области, чем узлам. Обработка изображения проводилась так же, как в [13].

2. Результаты эксперимента

В момент включения вибростенда на стенках прямоугольной кюветы возникал тонкий пограничный слой, который служил начальным возмущением. Вблизи границ возникали области капиллярных стоячих волн, у которых границы параллельны стенкам кюветы. Фронты этих областей начинали двигаться к центру кюветы со скоростью $V_{\text{фр}}^0$.

Определяя положение фронтов капиллярных волн во времени, можно найти скорость движения фронтов. Выяснилось, что скорость постоянна во времени и при увеличении надкритичности стремится к групповой скорости свободных волн $V_{гр}$. Этот результат хорошо совпадает с результатами, приведенными в работе [8], где экспериментально исследовалось распространение кругового фронта для жидкости малой вязкости ($\nu = 0.04 \text{ см}^2/\text{с}$), и с аналогичными результатами по динамике доменов в кюветах квадратной формы.

В процессе конкуренции доменов могла возникнуть ситуация, когда в кювете остаются только два домена прямоугольной формы [11]. При этом скорость движения фронтов конкурирующих доменов $V_{фр}$ также растет с ростом надкритичности, но величина ее примерно на порядок меньше, чем скорость фронта возбуждения, который распространяется по области, где ряби еще нет $V_{фр} \sim V_{фр}^0/8$.

На рис. 1, *a* представлена двумерная структура поля после того, как фронты возбуждения дошли до центра кюветы, а их амплитуды выровнялись. Видно, что два из трех доменов треугольные, а третий по форме напоминает две трапеции, совмещенные меньшими сторонами. При уменьшении длины короткой стороны прямоугольной кюветы площади треугольных доменов уменьшались и были равны $S_{1,2} = a^2/4$, а площадь большого (трапецидального) домена была равна $S_0 = ba - a^2/2$, где a и b – длины короткой и длинной сторон кюветы. В углах прямоугольной кюветы видны зародыши вертикальных и горизонтальных доменных стенок. Экспериментально выяснилось, что диагональные доменные стенки устойчивы в центральной области кюветы и неустойчивы в углах.

Для нахождения основных сценариев, которые возникают при конкуренции доменов сложной формы в прямоугольных кюветах, мы проводили серии многократных экспериментов, отдельно для нескольких различных соотношений длин сторон прямоугольной кюветы.

В результате экспериментов обнаружено, что при включении внешнего сигнала наблюдаются различные сценарии в динамике конкурирующих доменов при неизменных параметрах системы. Домены при этом различались как формой их границ, так и характером изменения их площадей во времени. Два характерных сценария динамики доменов сложной формы в процессе конкуренции представлены на рис. 1. Сценарии представлены в виде последовательных картин поля капиллярных волн на поверхности жидкости в кювете прямоугольной формы ($f = 73 \text{ Гц}$, $h = 6 \text{ мм}$). Каждая последовательность картин поля представлена в виде шести кадров, расположенных в двух строках (1 и 2 строки представляют один сценарий, а 3 и 4 строки – другой).

На рис. 1 в первой и третьей строках слева изображена картина, с которой начинаются оба сценария. Выяснено, что все сценарии начинаются с одинаковой картины поля. Эта картина устанавливается после того, как фронты ряби после включения достигают середины кюветы и устанавливается двумерная роликовая структура.

Подобная картина изображена первой слева в верхнем ряду. На этой картине три домена, два из которых представляют собой прямоугольные треугольники. Гипотенузы этих треугольных доменов лежат на коротких сторонах прямоугольной кюветы, а катеты совпадают с диагоналями в углах кюветы и служат границами раздела между доменами. Третий домен с наибольшей площадью по форме напоминает фигуру с двумя трапециями, совмещенными верхними сторонами, а их основания

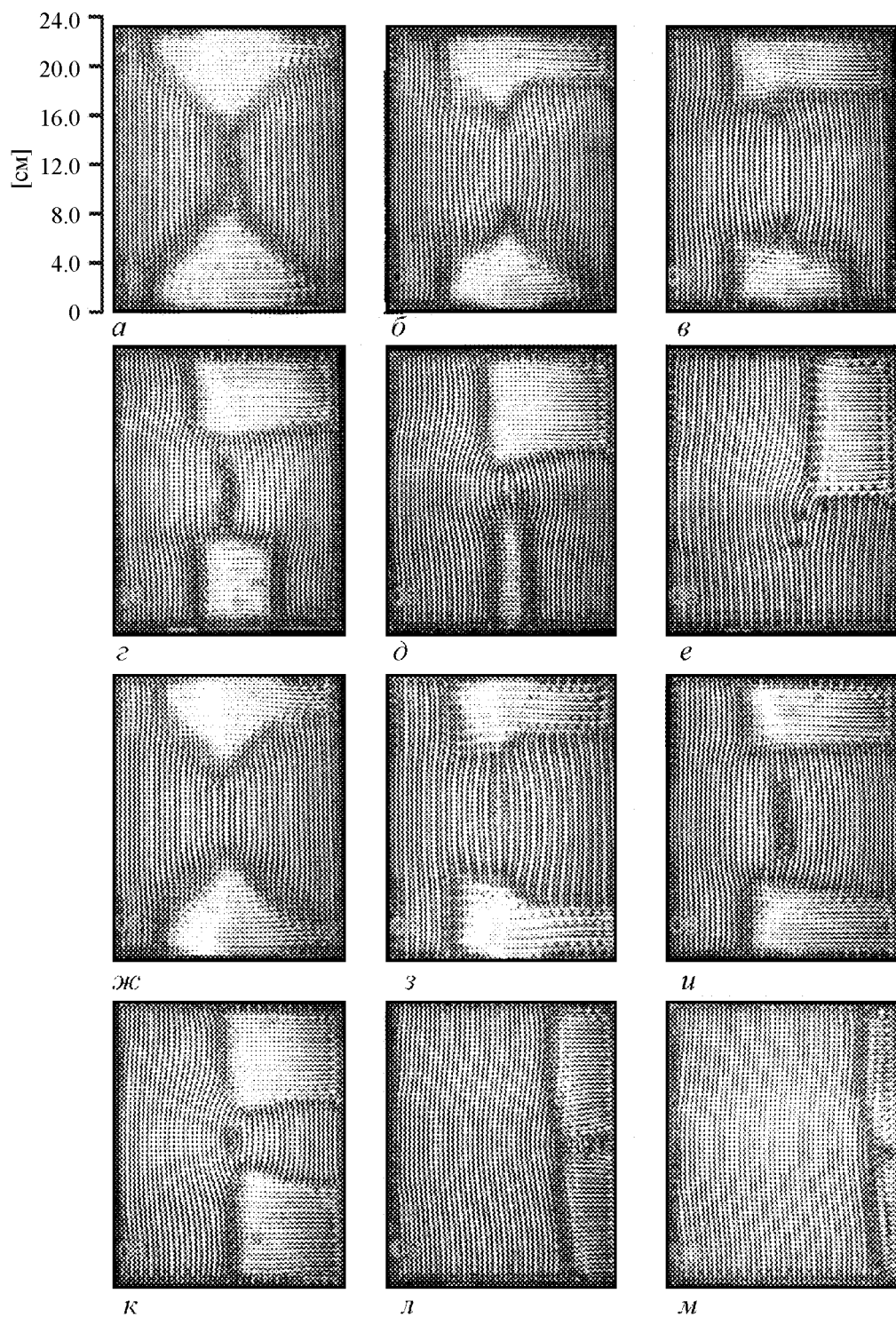


Рис. 1. Последовательная эволюция доменов в кювете 23×18 см

лежат на боковых длинных сторонах кюветы. Сравнивая картины поля в различных сценариях, можно видеть, что в углах кюветы начинают возникать фронты, расположенные перпендикулярно стенке и параллельно роликам другого домена. Далее эти фронты двигаются равномерно, при этом один край скользит вдоль границы раздела исходных треугольных доменов, а другой лежит на границе кюветы.

Такое движение фронтов, разделяющих домены с различной ориентацией роликов, приводит к тому, что треугольные домены плавно трансформируются в квадратные, а затем в прямоугольные (вторая строка) или сжимаются в линию. Так как каждый квадратный домен имеет две границы с перпендикулярным расположением роликов, а границы движутся параллельно роликам в одном домене и перпендикулярно роликам другого домена, то домен квадратной формы будет неустойчивым. Конкуренция на границе двух роликовых доменов исследована ранее в работе [11].

На границе доменов фронты продолжают двигаться равномерно со скоростью $V_{\text{фр}}$ вдоль каждой из сторон кюветы. В результате квадратные домены далее превращаются в прямоугольные, а площади непрерывно уменьшаются до нуля, и устанавливается однородная роликовая структура. Заметим, что при различных сценариях квадратные домены могут возникнуть в различных углах кюветы и однородная роликовая структура может иметь ориентацию вдоль одной из сторон кюветы. Нами измерена зависимость площадей конкурирующих доменов от времени после того, как сформировались домены треугольной формы. На рис. 2 представлены данные измерений зависимости площадей доменов от времени. Экспериментальные данные отмечены точками, сплошные линии соответствуют расчету по теоретической модели, предложенной далее, в разделе 3. Круглые точки соответствуют размеру кюветы (1×0.8) , а квадратные – (1×0.5) (длина большей стороны принята за единицу). На графике видно, что до момента образования домена квадратной формы верхний домен сложной формы имеет площадь неизменной и равной площади треугольного домена $\sim 0.25a^2$ (где a – длина короткой стороны). Нижний домен к этому моменту времени непрерывно уменьшается (первый сценарий – рис. 1, $a-e$).

На рис. 1, $ж-м$ (третья и четвертая строки) представлен другой сценарий, отличающийся тем, что после доменов треугольной формы возникают два симметричных квадратных домена, переходящие в

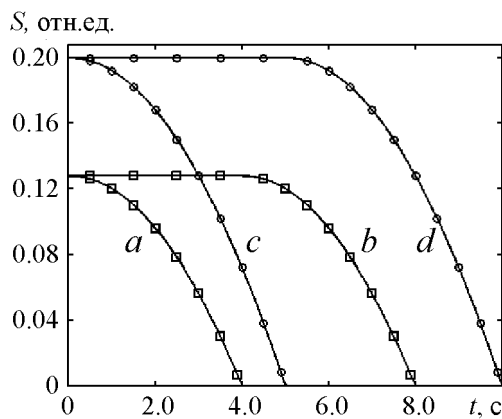


Рис. 2. Графики зависимости площадей доменов от времени в безразмерных единицах: a, b – нижний треугольный домен, c, d – верхний треугольный домен, соответствующие сценарию динамики доменов на рис. 1, $a-e$

уменьшающиеся прямоугольные домены. В результате измерений найдено 16 различных сценариев при конкуренции доменов, причем 7 основных, а остальные отличаются от них зеркальной или осевой симметрией. С ростом надкритичности увеличивается общая скорость движения фронтов, так как при этом возрастает скорость движения фронтов конкурирующих доменов, а сценарии в динамике фронтов не изменяются. При изменении соотношения длин сторон кюветы сценарии качественно повторяются, а изменяются лишь относительные площади треугольных доменов (см.рис. 2).

При равенстве длин сторон кюветы (квадратная кювета) в сценариях динамики доменов наступает вырождение и часть сценариев не реализуется, и почти всегда существуют не три, а четыре домена.

3. Обсуждение результатов эксперимента

На основе экспериментальных данных о динамике доменов сложной формы можно сделать вывод, что основные свойства в поведении доменов состоят в следующем.

1. Процесс динамики доменов начинается с возникновением трех доменов, два из которых треугольные и их основания совпадают с короткими границами кюветы.
2. Границы роликовых доменов, расположенные по диагоналям углов, неустойчивы к возникновению фронтов доменов, параллельных роликам в одном домене и перпендикулярных роликам в другом домене.
3. Возникающие фронты движутся с постоянной скоростью, причем один край фронта скользит вдоль границы кюветы, а другой вдоль диагональной границы, уменьшая при этом ее длину.

Учитывая эти экспериментальные данные, можно построить теоретическую модель, которая может позволить описать динамику двумерных доменов сложной формы, начиная с момента образования доменов треугольной формы. Из известных экспериментов с жидкостью большой вязкости выяснено, что влияние твердых границ приводит к тому, что ролики вблизи границы с течением времени стремятся принять положение параллельно или перпендикулярно ей [10]. Так как диагональная граница симметрична по отношению к близлежащим роликовым доменам, она остается устойчивой в центре кюветы. Диагональная граница вблизи стенок кюветы оказывается неустойчивой по отношению к возникновению фронта, параллельного роликам в одном из доменов, а при такой ориентации роликов фронт будет двигаться с максимальной скоростью.

Предположим, что с точностью по времени, равной нескольким периодам внешней силы, во всех углах кюветы возникли фронты, параллельные роликам либо в одном, либо в другом домене. То, параллельно какому из доменов возникнет этот фронт в каждом из углов кюветы, определяет, какой сценарий конкуренции доменов будет реализован в эксперименте, а выбор одной из двух возможных ориентаций случаен в каждом из 4-х углов. Далее возникшие фронты будут двигаться равномерно, как описано в п. 3, и такое движение фронтов полностью определяет динамику возникших двумерных доменов сложной формы.

Два возможных сценария в динамике доменов сложной формы, построенные в рамках сделанных исходных предположений, показаны на рис. 3, *a-e* (первый сценарий), *ж-м* (второй сценарий), последовательные картины представлены через одинаковые интервалы времени.

Рассмотрим в качестве примера один из возможных сценариев в процессе динамики доменов сложной формы. Пусть у нас возникли четыре новых коротких фронта (рис. 3, *ж*) – два вертикальных на нижнем треугольном домене и один вертикальный, а другой горизонтальный на верхнем треугольном домене. Тогда с те-

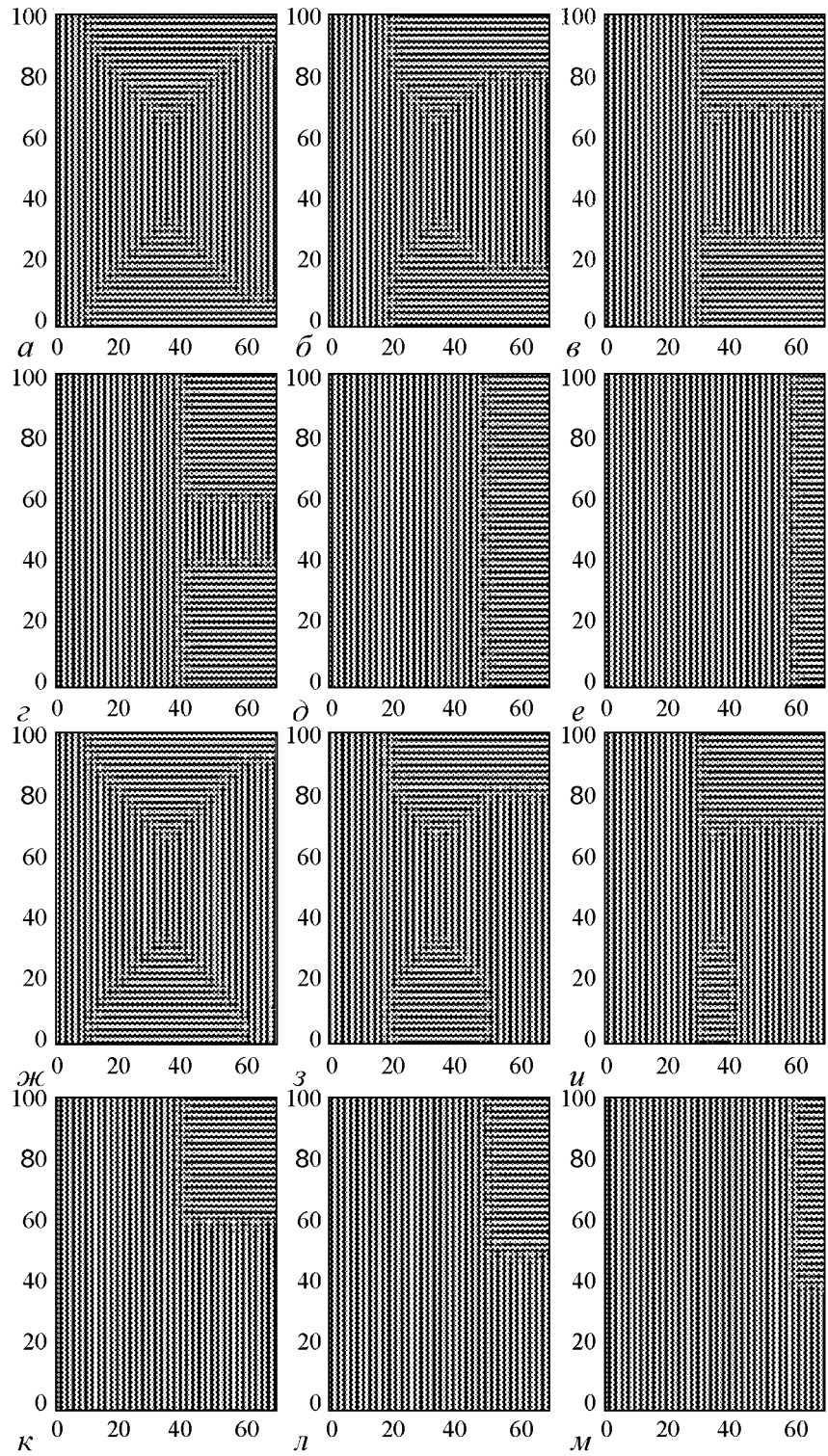


Рис. 3. Последовательные картины поля, полученные при компьютерном моделировании динамики доменов для двух ($a-e$, $ж-м$) из 16 возможных сценариев

чением времени верхний домен будет изменять свою форму так, что он будет превращаться в квадратный, оставаясь неизменным по площади (рис. 3, з-и). Затем он будет превращаться в домен прямоугольной формы, а площадь его будет непрерывно уменьшаться до нуля (рис. 3, к-м). Площадь нижнего домена будет непрерывно уменьшаться до нуля.

На основании сделанных выше предположений, основанных на результатах экспериментов о движении доменных стенок, можно предложить простые феноменологические уравнения. Для рассмотренного выше сценария это будут уравнения для четырех доменных стенок. Так как доменные стенки представляют собой отрезки прямых линий, то для описания их движения достаточно записать уравнения для изменения координат их концов. Обозначим координаты концов доменных стенок таким образом, что нижний индекс обозначает координату одного или другого конца доменной стенки, а верхний индекс обозначает номер доменной стенки по порядку. Пусть левая и правая нижние вертикальные доменные стенки имеют номера 1 и 2, соответственно, горизонтальная доменная стенка, расположенная в правом верхнем углу, имеет номер 3, а вертикальная – номер 4. Запишем уравнения для координат концов первой доменной стенки (x_1^1, y_1^1 – координаты нижнего конца, x_2^1, y_2^1 – координаты верхнего конца)

$$\frac{dx_1^1}{dt} = V_{\text{фр}}, \quad \frac{dx_2^1}{dt} = V_{\text{фр}}, \quad \frac{dy_1^1}{dt} = 0, \quad \frac{dy_2^1}{dt} = V_{\text{фр}};$$

решения с учетом начальных условий

$$x_1^1 = x_2^1 = V_{\text{фр}} t, \quad y_1^1 = \text{const} = 0, \quad y_2^1 = V_{\text{фр}} t, \quad \text{при } t \in \left[0, \frac{a}{2V_{\text{фр}}}\right].$$

Уравнения для второй доменной стенки

$$\frac{dx_1^2}{dt} = \frac{dx_2^2}{dt} = -V_{\text{фр}}, \quad \frac{dy_1^2}{dt} = 0, \quad \frac{dy_2^2}{dt} = V_{\text{фр}};$$

решения с учетом начальных условий

$$x_1^2 = x_2^2 = a - V_{\text{фр}} t, \quad y_1^2 = \text{const} = 0, \quad y_2^2 = V_{\text{фр}} t, \quad \text{при } t \in \left[0, \frac{a}{2V_{\text{фр}}}\right],$$

где a – длина короткой стороны кюветы.

Уравнения для третьей доменной стенки (левый конец с координатами x_1^3, y_1^3)

$$\frac{dx_1^3}{dt} = -V_{\text{фр}}; \quad \frac{dx_2^3}{dt} = 0, \quad \frac{dy_1^3}{dt} = \frac{dy_2^3}{dt} = -V_{\text{фр}};$$

решения с учетом начальных условий

$$x_1^3 = a - V_{\text{фр}} t, \quad x_2^3 = \text{const} = 0, \quad y_1^3 = y_2^3 = b - V_{\text{фр}} t, \quad t \in \left[0, \frac{a}{2V_{\text{фр}}}\right],$$

где a – длина короткой и b – длинной стороны кюветы.

Уравнения для четвертой доменной стенки (нижний конец с координатами x_1^4, y_1^4)

$$\frac{dx_1^4}{dt} = \frac{dx_2^4}{dt} = V_{\text{фр}}, \quad \frac{dy_1^4}{dt} = -V_{\text{фр}}, \quad \frac{dy_2^4}{dt} = 0;$$

решения с учетом начальных условий

$$x_1^4 = x_2^4 = V_{\text{фр}} t, \quad y_1^4 = b - V_{\text{фр}} t, \quad y_2^4 = \text{const} = 0, \quad \text{при } t \in \left[0, \frac{a}{2V_{\text{фр}}}\right].$$

В момент времени $t = a/2V_{\text{фр}}$ 1-я и 2-я стенка аннигилируют (рис. 3, κ), а 3-я и 4-я доменные стенки встречаются точками x_1^3, y_1^3 и x_1^4, y_1^4 ; динамика оставшегося прямоугольного домена описывается движением этой общей точки

$$\frac{dx_1^{3,4}}{dt} = V_{\text{фр}}, \quad \frac{dy_1^{3,4}}{dt} = -V_{\text{фр}};$$

решения с учетом начальных условий

$$x_1^{3,4} = a/2 + V_{\text{фр}} t, \quad y_1^{3,4} = b - a/2 - V_{\text{фр}} t, \quad \text{при } t \in \left[\frac{a}{2V_{\text{фр}}}, \frac{a}{V_{\text{фр}}}\right].$$

Движения концов стенок, находящихся на границе кюветы, тривиальны. В момент времени $t = a/V_{\text{фр}}$ точка $x_1^{3,4}, y_1^{3,4}$ аннигилирует на правой длинной стороне кюветы, и в системе устанавливается стационарное состояние в виде роликов, параллельных стороне b . Используя полученные решения, можно вычислить зависимость площадей доменов от времени

$$S_1 = 0,25 a^2 - V_{\text{фр}}^2 t^2, \quad t \in [0, t_1],$$

$$S_2 = \begin{cases} 0,25 a^2, & t \in [0, t_1], \\ 0,25 a^2 - V_{\text{фр}}^2 t^2, & t \in [t_1, 2t_1], \end{cases}$$

где t – текущее время, a – длина короткой стороны кюветы, $t_1 = 0.5a/V_{\text{фр}}$. На рис. 2 представлены графики зависимости площади доменов от времени в безразмерных единицах. Расчет по формулам представлен сплошными линиями, а точки соответствуют экспериментальным данным для двух величин соотношения длин сторон прямоугольной кюветы при величине надкритичности $\varepsilon = 0.043$, глубине жидкости в мм и частоте внешней силы 73 Гц. В обоих случаях скорость фронта бралась из данных эксперимента.

Видно, что найденная в эксперименте зависимость площади доменов от времени с точностью до ошибки измерения близка к квадратичной и хорошо согласуется с вычисленной в рамках предложенной модели.

Заключение

Экспериментально исследована динамика роликовых доменов, которые возникают на поверхности жидкости большой вязкости при параметрическом возбуждении капиллярных волн. Установлено, что в зависимости от граничных и начальных

условий на краях кюветы возникают двумерные домены различной формы, а динамика доменов определяется движением их фронтов, при этом наблюдалось 16 различных сценариев перехода к одному из двух устойчивых состояний в виде прямых роликов, параллельных одной из сторон кюветы. Выбор сценария зависит от ориентации возникающих фронтов доменных стенок в углах кюветы. По-видимому, это связано с тем, что в углах кюветы жидкость на стенках образует мениски и при вибрациях кюветы возникают разные начальные условия для возникновения доменных стенок. Было также замечено, что частота появления разных сценариев была различна, что требует дальнейших исследований.

Измерены зависимости площади доменов от времени для различных соотношений длин сторон прямоугольной кюветы и различных надкритичностей. Предложена модель наблюдаемого явления, численные расчеты в соответствии с которой хорошо согласуются с экспериментом.

Библиографический список

1. Васильев В.А., Романовский Ю.М., Яхно В.Г. Автоволновые процессы. М.: Наука, 1987.
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984.
3. Львов В.С. Нелинейные спиновые волны. М.: Наука, 1987.
4. Физика и техника мощного ультразвука. Т. 3 / Под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1970.
5. Захаров В.Е., Львов В.С., Мушер С.Л. О нестационарном поведении системы параметрически возбужденных спиновых волн // Физика твердого тела. 1972. Ш4. С. 2913.
6. Езерский А.Б., Рабинович М.И., Реутов В.П., Старобинец И.М. Пространственно-временной хаос при параметрическом возбуждении капиллярной ряби // ЖЭТФ. 1986. Т. 91, вып. 6, № 12. С. 2070.
7. Ezersky A.B., Nazarovsky A.V., Kiyashko S.V. Bound states of topological defects in parametrically excited capillary ripples // Physica D. 2001. Vol. 152–153. P. 310.
8. Матусов П.А., Цимринг Л.Ш. Распространение фронта параметрически возбуждаемой капиллярной ряби // Препринт № 225, Горький, ИПФ АН, 1988.
9. Ezersky A.B., Kiyashko S.V., Matusov P.A., Rabinovich M.I. Domain, domain walls and dislocations in capillary ripples // Europhys. Lett. 1994. Vol. 26, № 3. P. 183.
10. Kiyashko S.V., Korzinov L.N., Rabinovich M.I., Tsimring L.S. Rotating spirals in a Faraday experiment // Phys. Rev. E. 1996. Vol. 54, № 5. P. 5037.
11. Афенченко В.О., Кияшко С.В., Пискунова Л.В. Движение фронта при конкуренции роликовых доменов параметрически связанных волн // Изв. РАН. Сер. Физ. 2004. Т. 68, № 12. С. 1771.
12. Кияшко С.В. Динамика роликовых доменов параметрически возбуждаемых капиллярных волн // Изв. вузов. Радиофизика. 2008. Т. LI, № 4. С. 359.
13. Кияшко С.В., Назаровский А.В. Структуры при параметрическом возбуждении капиллярной ряби в слое с периодической неоднородностью глубины // Изв. РАН. Сер. Физ. 2000. Т. 64, № 12. С. 2405.

Институт прикладной физики РАН

Поступила в редакцию
После доработки

21.06.2013
11.11.2013

DYNAMICS OF ROLLER DOMAINS AT PARAMETRIC EXCITATION OF CAPILLARY WAVES IN RECTANGULAR GEOMETRY BOUNDARY

S. V. Kiyashko, V. O. Afenchenko, A. V. Nazarovsky

The work presents the results of experimental investigation of roller domains parametrically excited by the capillary waves. Domains rollers were oriented parallel to the different borders of the rectangular cell and perpendicular to each other. Found that depending on the initial and boundary conditions on the edges of the cell can emerge two-dimensional domains of different forms. The dynamics of the domain is determined by the movement of their fronts. A model is proposed to explain the observed phenomena, numerical calculations by which agree well with experiment.

Keywords: Pattern formation, capillary waves, roller structure, competition of domains.



Кияшко Сергей Васильевич – родился в 1942 году, окончил Горьковский государственный университет (1969). После окончания ГГУ работает в Институте прикладной физики РАН, в настоящее время – ведущим научным сотрудником. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (НИРФИ, 1980) и доктора физико-математических наук по специальности механика жидкости и плазмы (2004). Область научных интересов – теоретическое и экспериментальное исследование динамики волновых процессов в нелинейных средах с неустойчивостью. Опубликовал более 50 статей в отечественных и иностранных журналах.

603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 46
Институт прикладной физики Российской академии наук
E-mail: kiyashko@appl.sci-nnov.ru



Афенченко Владимир Олегович – родился в 1973 году, окончил Нижегородский государственный университет (1995) по специальности радиофизика. Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (НГТУ, 2002). В настоящее время – научный сотрудник Института прикладной физики РАН. Область научных интересов – волновые процессы, структурообразование в неравновесных средах, динамика вязкой жидкости. Имеет более 30 публикаций в отечественных и иностранных журналах.

603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 46
Институт прикладной физики Российской академии наук
E-mail: afen@appl.sci-nnov.ru



Назаровский Александр Владимирович – родился в 1974 году. Окончил радиофизический факультет Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (1998). Защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. В настоящее время – младший научный сотрудник Института прикладной физики РАН. Область научных интересов – волновые процессы, хаос и формирование структур в неравновесных средах. Имеет более 30 публикаций в отечественных и иностранных журналах.

603950 Нижний Новгород, ул. Ульянова, д. 46
Институт прикладной физики Российской академии наук
E-mail: nazarovskiy@appl.sci-nnov.ru