

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра радиоп физики и нелинейной динамики

**Исследование динамики цепочки
осцилляторов Рэлея с нелинейной связью**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 21 группы
направления 03.04.03 «Радиофизика»
физического факультета
Елизарова Евгения Михайловича

Научный руководитель
профессор, д.ф.-м.н., профессор

_____ Четвериков А. П.

Зав. кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

_____ Анищенко В.С.

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Такая модель, как связанные осцилляторы уходит своими корнями в прошлое, к моменту, когда человек впервые решил механически связать двое маятниковых часов, и были открыты такие потрясающие и широко известные сегодня эффекты как взаимная синхронизация и биение. С тех пор было рассмотрено множество различных случаев, а с открытием нелинейных колебаний и систем, демонстрирующих такие колебания, вопросов и возможных случаев стало ещё больше.

Колебания молекул в жидкостях и твёрдых телах, электрические цепи, состоящие из нескольких взаимосвязанных контуров, два математических маятника, связанные между собой пружиной, всё это - примеры таких систем. Многие эффекты, проявляющиеся в системе с двумя степенями свободы, характерны и для более сложных систем, поэтому так важен подробный анализ систем из двух и более связанных осцилляторов. Такой подход позволяет в пределе перейти к сплошной среде.

Среди наиболее простых систем такого типа известны ансамбли точечных частиц, связанных потенциальными силами и находящихся под влиянием внешней среды подобно броуновским частицам. Такие ансамбли делятся на два больших класса – ансамбли пассивных частиц и ансамбли активных частиц. Важно отметить что частицы не являются осцилляторами.

Целью данной работы было выявить при каких значениях собственной частоты осцилляторов Рэлея в исследуемой системе возникают локализованные возмущения типа дискретных бризеров, а также найти интервал собственных частот, в котором данные возмущения существуют и исследовать влияние управляющих параметров на интервал существования таких локализованных возмущений.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Нахождение значения собственной частоты осцилляторов при котором в системе наблюдается локализованное возмущение
2. Исследование поведения системы в случае использования фрагмента с возмущением в качестве начальных условий для большей цепочки.
3. Исследование влияния управляющих параметров на интервал существования.

Для выполнения поставленных задач применялось компьютерное моделирование, которое включало в себя написание программного кода, и визуализацию полученных данных с помощью программы Gnuplot.

Глава "Описание известных моделей и результатов" содержит информацию о цепочке активных частиц Рэлея, связанных нелинейными силами посредством потенциала Морзе. В ней описываются основные свойства такой цепочки, её стационарные моды, и их основные характеристики. Описывается синхронизация осцилляторов Рэлея. Приводятся известные факты о поведении солитонов и бризеров.

Глава "Изучаемая модель ансамбля осцилляторов с нелинейной связью" содержит описание цепочки частиц Морзе-Рэлея как предельного случая осцилляторов с бесконечным периодом. В этой главе описан переход от цепочки частиц Морзе-Рэлея к цепочке осцилляторов с безразмерными параметрами.

Глава "Экспериментальная часть" содержит постановку задачи. В этой главе описаны полученные результаты, приводятся диаграммы скорости и пространственные профили системы, изображающие диссипативные дискретные бризеры. Показаны границы существования бризеров. Исследован волновой режим в цепочке, приведена зависимость длины волн от управляющих параметров системы.

Основное содержание работы

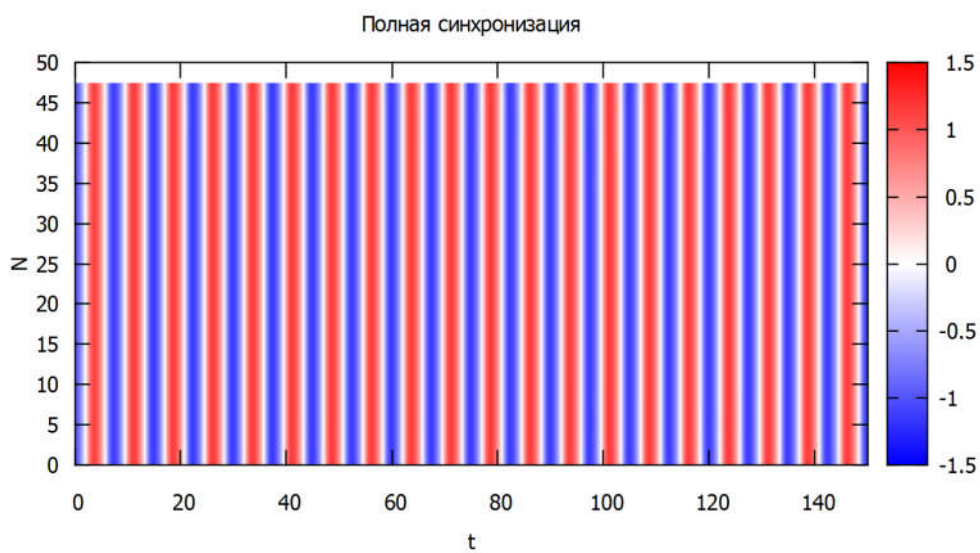
Исследуемая модель цепочки осцилляторов Рэля, связанных силами потенциала Морзе, имеет, очевидно, более богатую динамику по сравнению с неосциллирующими частицами Рэля¹. Однако, при некоторых значениях параметров цепочка осцилляторов «наследует» некоторые моды цепочки частиц.

В частности, цепочка осцилляторов демонстрирует так называемую «оптическую» моду (рисунок 1(б)), в которой соседние осцилляторы колеблются в противофазе. Например, для двадцати частиц десять будут иметь начальную скорость, направленную условно "влево", а остальные 10, соответственно, начальную скорость, направленную "вправо". В таком случае средняя скорость во всей цепочке равна нулю

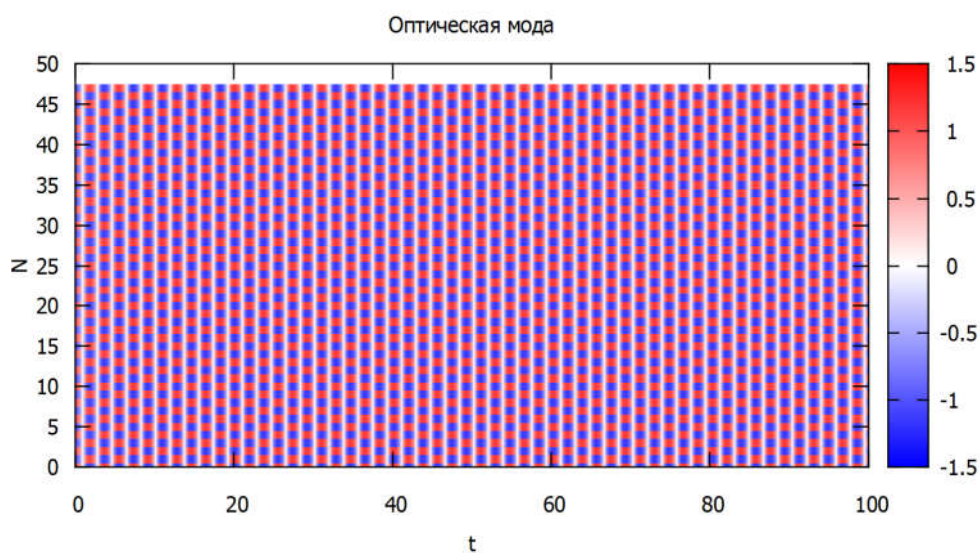
Характерный для Рэлеевских частиц режим трансляции – состояние, когда все частицы движутся в одном направлении и с одинаковой скоростью – в цепочке осцилляторов выглядит как режим полной синхронизации (рисунок 1(а)), когда скорости всех частиц одинаковы и сонаправлены и синхронно меняются во времени. Как видно из (рисунок 1(а)), в режиме полной синхронизации частицы двигаются в одном направлении и временная реализация $v(t)$ для всех частиц имеет весьма характерный для осциллятора Рэля вид (рисунок 2).

Однако перечисленные выше k -солитонные моды в цепочке осцилляторов ведут себя иначе.

¹ К. С. Сергеев, А. П. Четвериков. Нелинейная динамика. 2016. Т. 12. № 3. С. 341–353.



(а)



(б)

Рисунок 1 - Диаграммы скоростей для режимов полной синхронизации (а), и "оптической моды" (б).

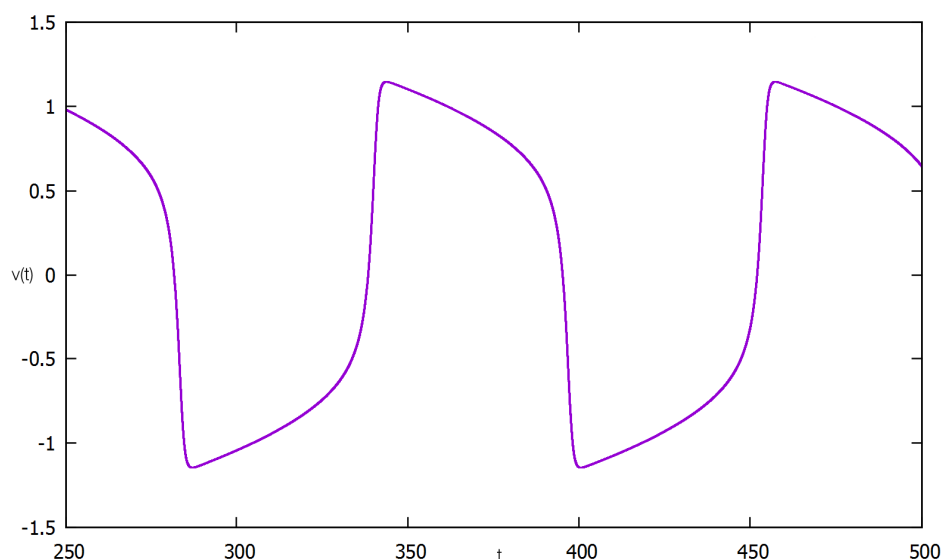


Рисунок 2 - Временная реализация $v(t)$ для режима полной синхронизации.

При малой собственной частоте осцилляторов по ансамблю могут распространяться солитоны, как по цепочке частиц. Такие моды условно назовём режимом «диссипативных солитонов». Однако, солитоны существуют в течение одного периода осцилляций. Затем следует переход к режиму полной синхронизации, либо, что чаще, к волновым режимам.

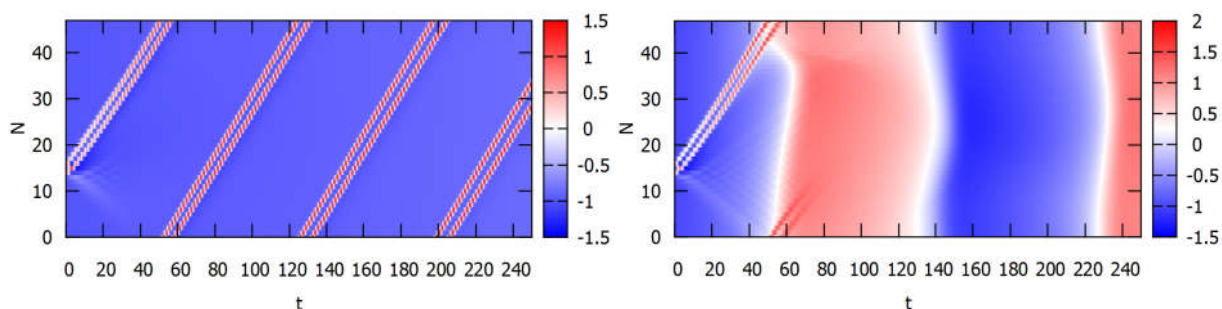


Рисунок 3 - Диаграммы скорости иллюстрирующие режим диссипативных солитонов.

Но существует некоторый интервал частот, в котором солитоны не исчезают, а превращаются в некоторое локализованное возмущение. Это происходит не сразу, а после некоего переходного процесса.

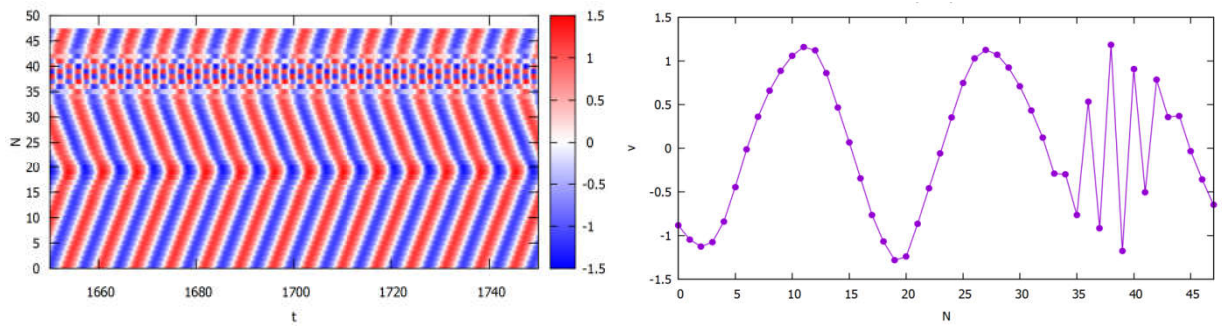


Рисунок 4 - Диаграмма скорости и пространственный профиль системы, иллюстрирующие полученное локализованное возмущение.

Теперь попробуем использовать фрагмент с возмущением как начальные условия для другой цепочки, и посмотрим, как оно себя поведёт.

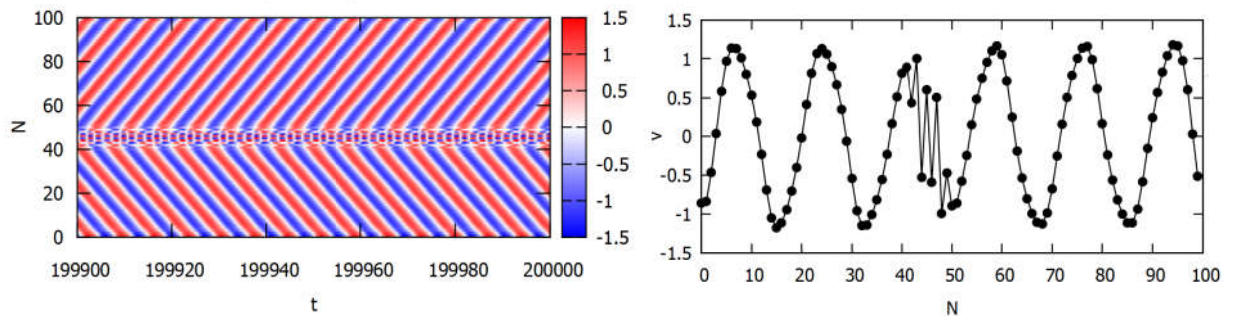


Рисунок 5 - Диаграмма скорости и пространственный профиль системы после "вклейки" полученного возмущения.

Как можно видеть из диаграммы скорости, возмущение выжило и осталось в той же конфигурации, что косвенно говорит о том, что рассматриваемое возбуждение является локализованным и по своим свойствам подобно дискретному бризеру².

² Канаков О. И., Флах С., Шалфеев В. Д. Введение в теорию дискретных бризеров //Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. – 2008. – Т. 16. – №. 3. – С. 112-128.

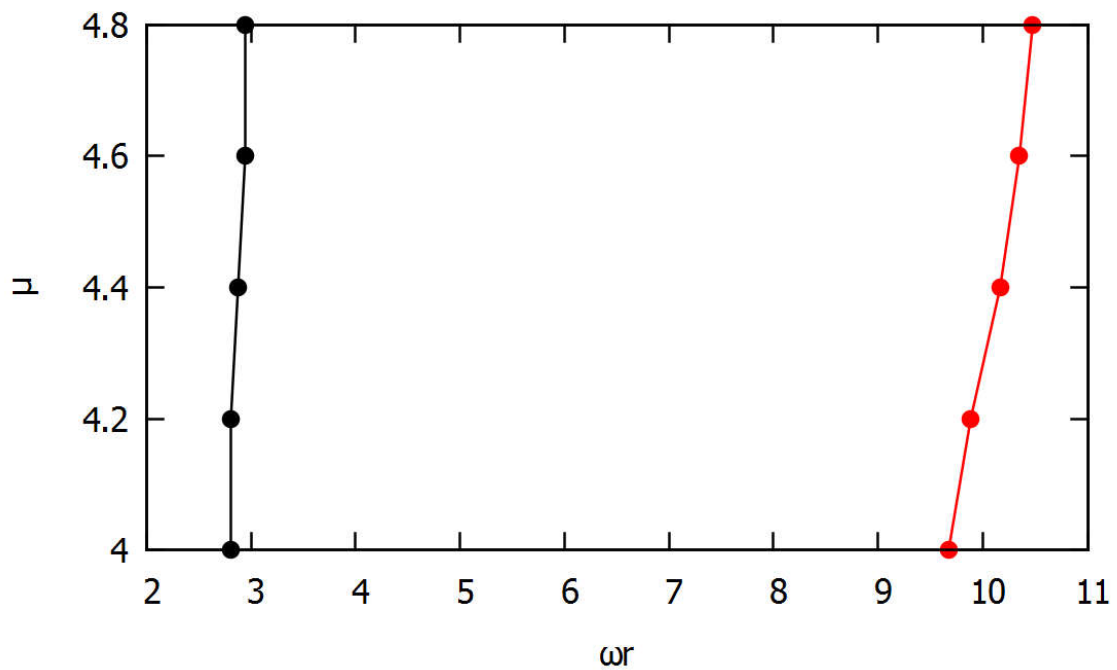


Рисунок 6 - Зависимость интервала существования бризеров от параметра μ .

На приведённом графике изображена зависимость ширины интервала от параметра μ . Примечательно, что слева и справа от интервала находятся режимы стоячих волн.

Как можно увидеть из представленных диаграмм скорости и пространственных профилей (рисунок 4, 5), бризер излучает волны и устанавливает в цепочке некоторую моду. В настоящей работе была исследована зависимость длины волн в устанавливаемой бризером моде от управляющих параметров системы (рисунок 7, 8).

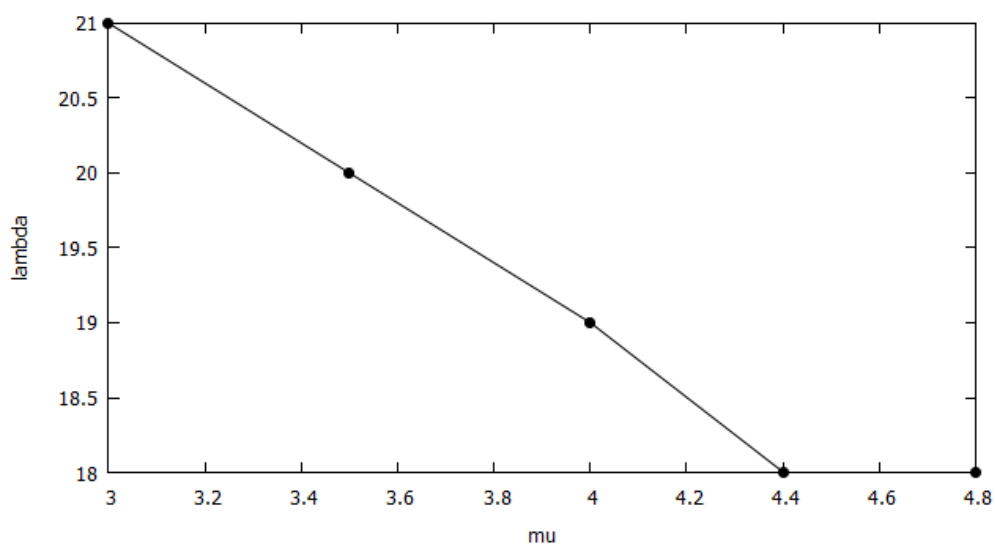


Рисунок 7 - Зависимость длины волн, излучаемых бризером, от параметра μ .

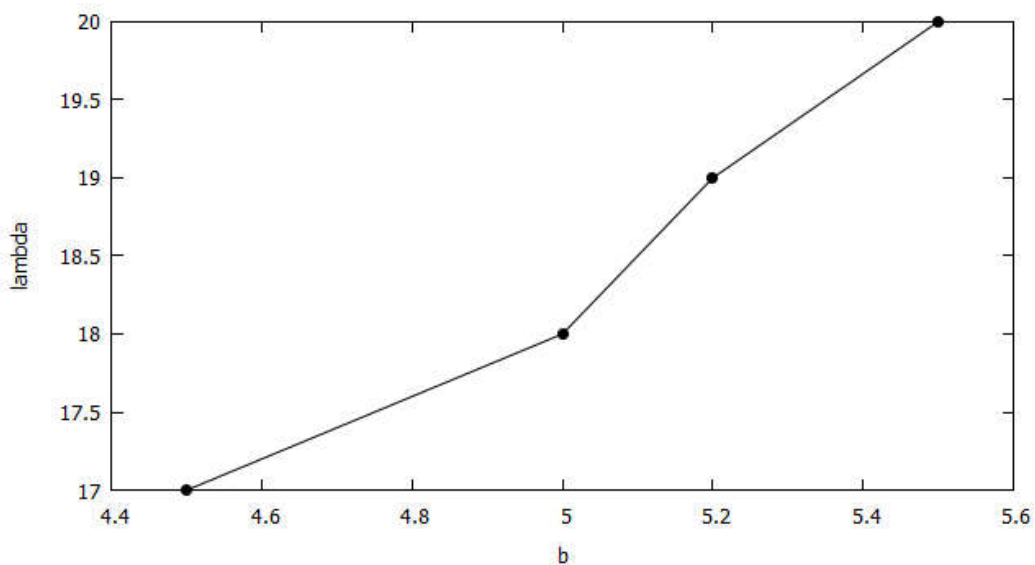


Рисунок 8 - Зависимость длины волн, излучаемых бризером от жесткости потенциальных сил b .

Как можно видеть из графика, с ростом параметра b , длина волн в возбужденной бризером моде увеличивается. В случае с зависимостями от жёсткости потенциала b и нелинейного коэффициента отрицательного линейного трения μ , изменение происходит в некотором интервале значений. Это обусловлено тем, что именно в этом интервале значений управляющих параметров, при конкретном фиксированном значении собственной частоты

осцилляторов Рэлея ω_R в системе наблюдаются диссипативные дискретные бризеры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы методами численного моделирования была исследована цепочка осцилляторов Рэлея связанных посредством нелинейных сил с потенциалом Морзе.

Было показано, что в некотором интервале собственных частот осцилляторов Рэлея. в системе существуют локализованные возмущения типа дискретных диссипативных бризеров. Были определены диапазоны значений параметров, при которых в данной системе существуют бризеры.

Также было показано что бризеры излучают волны и устанавливают в системе некоторую моду. Были найдены и построены зависимости длины волн в данной моде от управляющих параметров системы: жесткости потенциальных сил b и нелинейного коэффициента отрицательного линейного трения μ .