

Отчет о работе на кластере Информационно-вычислительного центра НГУ

В.Е. Захаров, Р.В. Шамин, С.И. Бадулин

1. Наименование работы

Вычислительные эксперименты по обнаружению и статистическому исследованию волн-убийц в океане

2. Состав коллектива исполнителей

1. В.Е. Захаров, академик РАН, Новосибирский государственный университет, Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Department of Mathematics University of Arizona.
2. Р.В. Шамин, доктор физико-математических наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Новосибирский государственный университет.
3. С.И. Бадулин, доктор физико-математических наук, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Новосибирский государственный университет.
4. А.В. Юдин, аспирант, Российский университет дружбы народов.
5. А.И. Смирнова, студент, Российский университет дружбы народов.

3. Контактное лицо

Шамин Роман Вячеславович
e-mail: roman@shamin.ru
Телефон: +7-916-372-88-42
Twitter: rwsh

4. Научное содержание работы

4.1. Постановка задачи

Волны-убийцы представляют собой важную океанологическую проблему. Основной задачей, решаемой в настоящем проекте является проведение вычислительных экспериментов по моделированию динамики поверхностных волн идеальной жидкости с целью обнаружения волн-убийц. Исследование статистических и качественных характеристик этих волн.

4.2. Современное состояние проблемы

В настоящее время тематика волн-убийц является очень популярной, как среди океанологов, так и среди физиков и математиков. Поскольку серьезные научные исследования волн-убийц начались сравнительно недавно (два-три десятилетия назад), то в данной теме существует большое количество нерешенных проблем. Поскольку волны-убийцы являются внезапными волнами большой амплитуды, то натурное исследование таких волн является затруднительным. С другой стороны, учитывая, что волны-убийцы представляют собой сугубо нелинейный эффект, то аналитическое

исследование уравнений, описывающих эти волны также крайне затруднено. Лабораторное исследование волн-убийц возможно лишь в очень ограниченных условиях. Поэтому наиболее мощным средством для исследования поверхностных волн аномально большой амплитуды является вычислительный эксперимент. Достижения последних лет в области компьютерных технологий дают основания так говорить.

4.3. Полученные результаты

В результате вычислительных экспериментов, проведенных на вычислительном кластере в Информационно-вычислительном центре НГУ были получены следующие важные научные результаты.

Была подтверждена гипотеза о стохастической природе волн-убийц. В частности, было показано, что возникновение волн-убийц описывается распределением Пуассона.

Во время проведения отдельного вычислительного эксперимента волна-убийца могла возникать несколько раз, поэтому в качестве стохастической модели возникновения волн-убийц мы используем распределение Пуассона:

$$P(n, T) = \frac{(\lambda T)^n e^{-\lambda T}}{n!}.$$

Это распределение дает вероятность появления n волн-убийц в течение T периодов. Значения параметра λ , имеющего смысл интенсивности появления волн-убийц, приведены на рис. 0.1 для различных параметров начального волнения. Согласно формуле Литтла среднее число возникающих волн-убийц в течение T периодов равно

$$N^* = \lambda T.$$

Были получены качественные характеристики волн-убийц такие, как: геометрические параметры профилей волн-убийц, энергетические характеристики, времена жизни волн-убийц. На рис. 0.2 приведены средние значения количества периодов существования волн-убийц.

Как правило, при возникновении волн-убийц происходило обрушение этой волны, что выразилось в резкой диссипации энергии. На рис. 0.3 приведены графики максимальной диссипации энергии (в процентах) при обрушении волны-убийцы в зависимости от начальных параметров.

4.4. Эффект от использования кластера в достижении целей работы

Поскольку исследования волн-убийц в настоящем проекте носят статистический характер и требуют большого объема вычислений по однотипным схемам, то использования вычислительного кластера, позволило провести масштабные вычисления в достаточно сжатые сроки.

Другим эффектом от использования кластера является возможность проведения «пристрелочных» экспериментов для отработки методики масштабных экспериментов и для изучения различных гипотез относительно волн-убийц.

Также применение кластера оказывается эффективным, как единая площадка для проведения вычислительных экспериментов коллективом ученых.

4.5. Иллюстрации, визуализация результатов

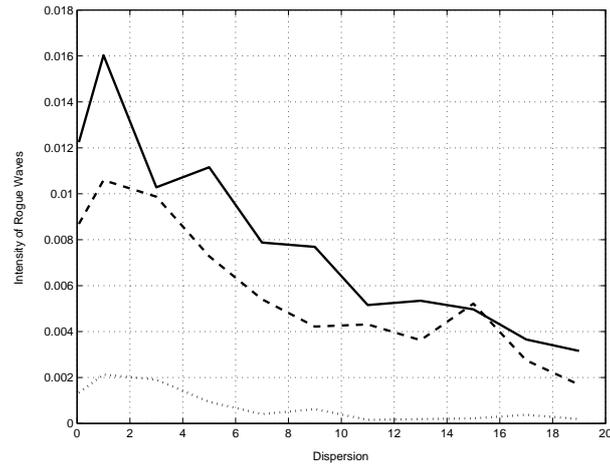


Рис. 0.1: Интенсивность возникновения волн-убийц. Точечная линия — $\mu^2 = 2.06 \cdot 10^{-3}$; «тире» — $\mu^2 = 3.08 \cdot 10^{-3}$; сплошная линия — $\mu^2 = 4.10 \cdot 10^{-3}$

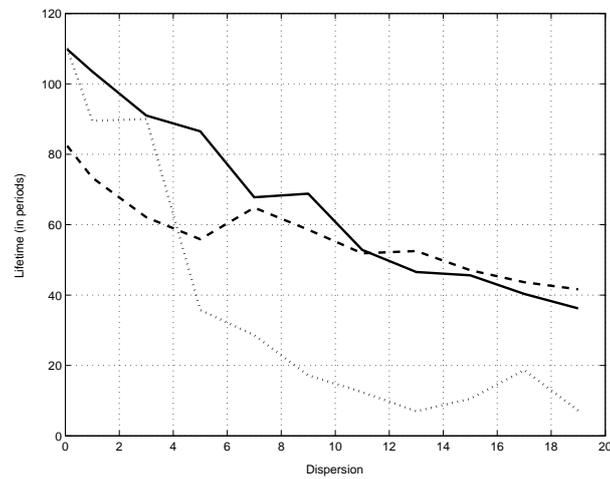


Рис. 0.2: Среднее время существования волн-убийц. Точечная линия — $\mu^2 = 2.06 \cdot 10^{-3}$; «тире» — $\mu^2 = 3.08 \cdot 10^{-3}$; сплошная линия — $\mu^2 = 4.10 \cdot 10^{-3}$

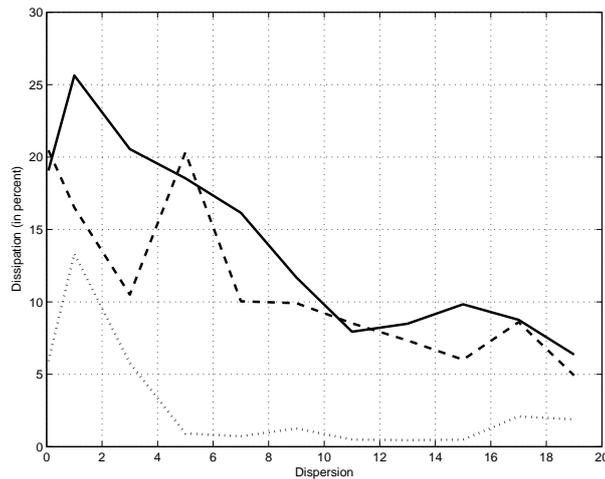


Рис. 0.3: Максимальная диссипация энергии при обрушении волны-убийцы. Точечная линия — $\mu^2 = 2.06 \cdot 10^{-3}$; «тире» — $\mu^2 = 3.08 \cdot 10^{-3}$; сплошная линия — $\mu^2 = 4.10 \cdot 10^{-3}$

5. Перечень публикаций, содержащих результаты работы

Публикации в рецензируемых журналах:

1. ШАМИН Р.В. Описание динамики волн на воде на основе дифференциальных включений // Доклады Академии наук. 2011. Т. 438. N 4. С. 453-455.
2. ШАМИН Р.В. Моделирование волн-убийц на основе эволюционных дифференциальных включений // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2012. Т. 15. N 1.

Публикации в тезисах конференций:

1. SHAMIN R.V., SMIRNOVA A.I. The Description of Freak Waves by Functional-Differential Inclusions // The Sixth International Conference on Differential and Functional Differential Equations Moscow, Russia, August 14–21, 2011. Abstracts. P 65.
2. ШАМИН Р.В. Волны-убийцы в мировом океане // Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе: научная конференция, посвященная 65-летию ИМГиГ ДВО РАН: тезисы докладов: Южно-Сахалинск, 26-30 сентября 2011 г. С. 133
3. SHAMIN R.V. Statistics of Rogue Waves with Forcing and Dissipation. Book of Abstracts of the international workshop on Wave Interactions. 7-12 February 2012, Linz, Austria.

6. Ваши впечатления от работы вычислительной системы и деятельности ИВЦ НГУ, а также Ваши предложения по их совершенствованию.

Использование кластера на ИВЦ НГУ позволило во многом интенсифицировать работы по исследованию волн-убийц с помощью вычислительных экспериментов. Особенно хочется отметить добродушное и компетентное отношение к пользователям Владислава Калужного.

Использование RSA-ключей оставляет впечатление, что администраторы внимательно относятся к безопасности функционирования серверов и это правильно.

В качестве пожелания можно предложить, чтобы команды для настройки окружения для использования Intel Compiler были как-то описаны в вики-документации (или я не нашел?), а также была бы возможность это автоматизировать, чтобы одной командой можно было настраивать окружение и запускать компиляцию.