

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Греневой Кристины Валерьевны** «Численные стохастические модели поверхности морского волнения и гигантских океанических волн» по специальности 01.01.07 – Вычислительная математика на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

1. Актуальность темы исследований

Естественно, что использование стохастического моделирования находит всё большее распространение при исследовании и изучении проблем, имеющих место в океанологии, гидрологии, гидромеханике и смежных областях, так как приходится учитывать и динамику, и статистические свойства поверхности морского волнения, представляющего собой сложный неоднородный процесс.

Актуальность исследований, проводимых в диссертационной работе Греневой Кристины Валерьевны и связанных с развитием вычислительной математики, подчеркивает также наличие явлений, до настоящего момента не получивших досконального объяснения, примером которых являются гигантские океанические волны, резко выделяющиеся по величине на фоне процесса.

Содержание работы соответствует всем четырём основным направлениям паспорта специальности 01.01.07, включая создание алгоритмов численного решения, анализ и обоснование алгоритмов, повышение эффективности вычислений и решение прикладных задач, возникающих при математическом моделировании естественнонаучных проблем.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

Результаты, полученные в диссертационной работе, являются новыми, опубликованы в 16 работах автора, включая 4 статьи в журналах из списка, рекомендованного ВАК, зарегистрированный программный комплекс и разработанный электронный ресурс..

Диссертация объемом 102 страницы включает введение, 3 главы основного содержания, заключение, список обозначений, список использованных источников из 110 наименований, приложение.

Во **введении** (11 стр.) обоснована актуальность исследований, степень разработанности, сформулированы цели исследований, подчеркивается новизна проведенных исследований, перечислены используемые методы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. Приведено краткое содержание глав работы.

В **первой главе** (19 стр.) диссертации рассматриваются спектральные модели морской поверхности. Утверждается, что экспериментальные данные о ветровом волнении морской поверхности говорят о том, что оно с высокой точностью может быть описано однородным гауссовским полем

возвышений относительно среднего уровня. А для построения гауссовских случайных полей могут использоваться спектральные модели. В этой связи в разделе 1.1 рассматриваются основные принципы применения спектрального разложения для моделирования гауссовских процессов и полей. В основе спектрального метода лежит использование различных аппроксимаций для спектрального представления случайного поля. И для каждого случайного поля можно построить множество спектральных моделей. Рассматриваются нерандомизированные и рандомизированные схемы моделирования. В разделе 1.2 рассматриваются пространственные спектральные модели морской поверхности. Описывается аппроксимация частотного и углового спектров, а также данные наблюдений за морской поверхностью, используемые далее в работе. Вводятся пространственная СММП (спектральная модель морской поверхности), пространственная СММП-Н, где спектр модели сосредоточен в центрах прямоугольных областей, и рандомизированные пространственные СММП-Р₁ и СММП-Р₂. В разделе 1.3 обсуждаются пространственно-временные спектральные модели поверхности морского волнения. Подчеркивается, что в работе рассматриваются задачи, связанные с моделированием поверхности на глубокой воде. Вводятся пространственно-временные аналоги введённым ранее пространственным моделям СММП. Рассмотрен конкретный пример моделирования пространственно-временной СММП-Н.

Во второй главе диссертации (21 стр.) исследуются спектральные модели морской поверхности. В частности, исследуется влияние размеров спектральной области на точность воспроизведения дисперсии поля возвышений морской поверхности (на конкретной модели и заданной аппроксимации частотного спектра). Изучаются корреляционные погрешности спектральных моделей морской поверхности. Исследуется поведение корреляционных функций на конкретных моделях СММП. Исследуются погрешности оценивания функций корреляции для пространственно-временных моделей СММП. В разделе 2.3 приведен вариант сравнительного анализа оценок функционала с известным значением средней длительности интервала между выбросами процесса за уровень C при использовании различных спектральных моделей. Сравниваются нерандомизированная спектральная модель, рандомизированная модель, где частоты в подобластях задаются случайным образом, и рандомизированная без разбиения на подобласти. Показано, что наиболее близкие к известному значению функционала дают оценки интервала при использовании рандомизированной модели с разбиением спектральной области на подобласти. В разделе 2.4 исследуется сходимость спектральных моделей морской поверхности. Для пространственных и пространственно-временных СММП приводятся и доказываются достаточные условия сходимости соответствующих спектральных моделей.

В третьей главе диссертации (20 стр.) исследуются условные спектральные модели морской поверхности и аномально высоких волн.

Представлена общая информация об условных спектральных моделях гауссовских полей. В разделе 3.2 рассматривается применение условных спектральных моделей к моделированию морской поверхности с экстремально высокими волнами. Вводится пространственная условная спектральная модель морской поверхности (УСММП) (поля, проходящего через фиксированную точку), и пространственно-временная модель УСММП. При известных аппроксимациях частотного и углового спектра на примере реализации пространственно-временной модели иллюстрируется появление ситуаций, аналогичных наблюдаемым природным явлениям аномально высоких волн. В разделе 3.3 рассматриваются вопросы сходимости условных спектральных моделей морской поверхности, доказывается соответствующая теорема. В 3.4 рассматриваются вопросы применения моделей морской поверхности для оценки частоты появления аномально высоких волн. Приводятся оценки частоты, полученные с использованием моделей в условиях гипотетических ситуаций, а также в условиях записанной «новогодней волны».

В **заключении** (2 стр.) кратко сформулированы основные результаты диссертационной работы.

В **Приложении** (11 стр.) приводятся аппроксимации спектров поверхности морского волнения (аппроксимации частотных спектров морской поверхности и аппроксимации угловых спектров морской поверхности), а также шкала Бофорта.

Основные результаты диссертации опубликованы и представлены на ряде научных конференций и семинаров, в том числе международного уровня.

Диссертация написана четко и грамотно. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

3. Обоснованность и достоверность полученных результатов

Обоснованность и достоверность полученных в диссертации результатов подтверждается строгостью использования математического аппарата при выводе формул и соотношений, при доказательстве утверждений и теорем, а также использованием зарекомендовавших себя аппроксимаций частотного и углового спектра. Достоверность результатов численных экспериментов подтверждается корректным использованием методологии и методов Монте-Карло. Результаты моделирования морской поверхности не противоречат имеющимся наблюдениям аномально высоких волн.

4. Научная и практическая ценность основных положений диссертации

Научная ценность диссертации заключается в следующем.

Предложен новый класс стохастических пространственных и пространственно-временных численных моделей взволнованной морской

поверхности, опирающийся на спектральное представление однородных случайных полей и позволяющий учитывать информацию о спектре морского волнения. Встроенные параметры дают возможность настраивать модели с учетом особенностей задач и требований к точности моделирования.

Получены условия, гарантирующие функциональную сходимость разработанных численных алгоритмов. Проведено исследование погрешности в зависимости от параметров стохастических моделей.

Практическая ценность заключается в том, что предложенный класс моделей открывает возможность для решения значимых задач в области океанологии, оптики океана, гидромеханики и других, чему может способствовать разработанный программный комплекс.

5. Рекомендации по возможности использования результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы Греневой К.В., модели и программное обеспечение, целесообразно рекомендовать для использования при прогнозировании таких редких, но опасных явлений, как аномально высокие волны.

6. Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертации Греневой К.В. могут быть сделаны следующие замечания:

1. По мнению оппонента, присутствие по завершении каждой главы выводов, конкретизирующих полученные в ней результаты, несомненно, украсили бы диссертацию, очертив всю совокупность выполненных исследований и подчеркнув завершённость каждого этапа (направления) исследования.

2. В разделе 1.1 говорится, что моделирование случайного поля $w(x)$ с использованием спектрального представления (1) предполагает аппроксимацию этого стохастического интеграла. Для этого можно построить множество спектральных моделей. А для эффективного решения задачи важно удачно подобрать приближенную модель. Но не говорится, в каком смысле, эффективного решения?

3. Во вступлении ко второй главе говорится, что проблема выбора оптимальной модели часто оказывается сложно формализуемой и трудоёмкой задачей, но не конкретизируется, что понимается под оптимальностью модели в контексте рассматриваемой задачи.

4. В таблице 1 (стр. 37) приведены значения D_{mn}/D , а не D/D_{mn} .
5. В соотношениях на стр. 43 требует пояснения нижний индекс N.
6. Из вида гистограммы для μ_{ij} , представленной на рис. 12, вытекает ли что-то весомое для предмета исследований?

7. Каким образом строилась гистограмма возвышений на рисунке 21, и каким образом проверялась её адекватность распределению Гаусса?

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и не влияют на положительную оценку результатов исследований.

7. Заключение о работе

Представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержит подходы к решению важной научной задачи, имеющей практическую значимость, и выполнена на высоком научном уровне. Представленные в работе исследования обладают научной новизной и достоверностью, все полученные выводы научно обоснованы. Основные положения диссертационной работы достаточно полно освещены в научных публикациях автора. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Вышесказанное позволяет утверждать, что диссертационная работа Греневой Кристины Валерьевны соответствует требованиям пунктов 9–14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.07 – вычислительная математика.

Официальный оппонент,
профессор кафедры теоретической
и прикладной информатики НГТУ,
д.т.н., профессор

21.04.2021 г.

Лемешко Борис Юрьевич

Контактные данные: тел.: +7(383)346-06-00, e-mail: Lemeshko@ami.nstu.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 05.13.16 – «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях» соответствует специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Адрес места работы: 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет». Тел.: (383) 346-50-01, rector@nstu.ru, www.nstu.ru

Подпись профессора Б.Ю. Лемешко заверяю.

Начальник ОК НГТУ

Пустовалова Ольга Константиновна

