

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Ганкевича Ивана Геннадьевича на тему «Имитационное моделирование нерегулярного волнения для программ динамики морских объектов», представленной к защите ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Целью диссертационной работы Ганкевича Ивана Геннадьевича является исследование математических моделей для имитационного моделирования морского волнения с учетом связанных с ним гидродинамических давлений под свободной поверхностью.

Имитационное моделирование взволнованной морской поверхности применяется в программных комплексах для расчета качки судна на этапе проектирования и в различного рода тренажерах для экипажей военных кораблей и судоводителей. В большинстве комплексов для моделирования волн используются упрощения, которые справедливы в рамках линейной теории волн. В диссертации Ганкевича Ивана Геннадьевича предлагается альтернативный подход: использовать модель авторегрессии скользящего среднего, формула которой не выводится из уравнений, описывающих физический процесс, но которая статистически воспроизводит высоту, длину и период реальных морских волн. При этом верифицируется гидродинамическая адекватность воспроизводимого волнения, поскольку получаемые ветроволновые пространственно-временные поля отражают особенности морского волнения, не являющиеся исходными данными для описанной модели. Для воспроизведения разных волновых профилей на вход модели подаются соответствующие автоковариационные функции, вывод которых сделан в работе. Поскольку модель генерирует волны произвольных амплитуд, для вычисления давлений выводится формула поля потенциала скорости. Разработанный математический аппарат реализуется в программном комплексе для многопроцессорных систем с общей и распределенной памятью.

В первой главе приведены основные формулы модели APCC, методы определения коэффициентов модели, описан способ имитации асимметричности распределения волновых аппликат, выведены формулы автоковариационных функций для стоячих и прогрессивных волн, произведена верификация интегральных характеристик волн поверхности, генерируемой моделью.

Вторая глава посвящена выводу формулы поля потенциала скорости для трехмерного и двухмерного случая. Задача сводится к уравнению Лапласа со смешанным граничным условием, которое решается методом Фурье. При выводе не используется предположение о малости амплитуд волн. В двухмерном и трехмерном случае используется физическое упрощение (замена гиперболического синуса на косинус), что дает схожие результаты вдали от дна водоема. В трехмерном случае используется математическое упрощение, которое делает ядра интегралов радиально симметричными. Окончательная формула записывается с помощью преобразований Фурье и верифицируется путем сопоставления поля потенциала скорости, полученного по ней, с полем, полученным по формуле из линейной теории волн.

Третья глава состоит из двух частей: в первой части описывается реализация разработанного математического аппарата для многопроцессорных систем с общей и распределенной памятью, во второй части описывается планировщик задач, используемый в реализации для систем с распределенной памятью. Математический аппарат реализуется как для процессоров, так и для сопроцессоров (видеокарт) и сравнивается производительность двух реализаций. В планировщике задач основное внимание уделяется отказоустойчивости. В качестве абстракции для распределенных вычислений используются управляющие объекты, ключевой особенностью которых является наличие иерархических связей, упрощающих обеспечение отказоустойчивости и позволяющих отказаться от абстракций на основе ациклических направленных графах задач. В конце главы приводится программная реализация генерации взволнованной поверхности, использующая эти абстракции для вычислений на нескольких узлах кластера.

Замечания по диссертационной работе:

1. В формулах 18 и 24 потерян знаменатель в правой части уравнения, который, однако, присутствует в формуле из приложения 10.2. Так ли нужен знаменатель в этих формулах, содержащий квадраты пространственных производных, которые малы для океанских волн, поскольку их длина в несколько раз больше их высоты?
2. Разница между выведенной в работе формулой для поля потенциала скорости и формулой из линейной теории волн показана на обыкновенных синусоидах, а не на морских волнах (рис. 7). На сколько велика разница в форме и магнитуде поля потенциала скорости для волн, соотношение высоты и длины которых соответствует реальным морским волнам?

Диссертация Ганкевича Ивана Геннадьевича на тему «Имитационное моделирование нерегулярного волнения для программ динамики морских объектов» соответствует критериям, установленным приказом от 01.09.2016 №6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Ганкевич Иван Геннадьевич заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Председатель диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор, заведующий кафедрой теории  
систем управления электрофизической  
аппаратурой



Овсянников Дмитрий Александрович

07.06.2018