

УДК 004.021

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.А. Безгодов, С.В. Иванов, А.В. Бухановский

Предлагается подход к созданию программного комплекса для исследования динамики морских объектов в экстремальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: динамика судна, экстремальная ситуация, компьютерное моделирование

Проектирование и эксплуатация судов и объектов океанотехники требует решения задачи исследования и прогноза их поведения в экстремальных ситуациях в условиях неопределенности и неполноты исходной информации. Это обусловлено тем, что в сложных погодных условиях статические характеристики морских объектов (например, остойчивость, характеризуемая метацентрической высотой) становятся невозможным измерить прямыми методами, а их динамические аналоги изменяются нерегулярным образом в силу воздействия на объект внешних сил и моментов стохастической природы, порождаемых ветром, морским волнением и течениями [1]. Как следствие, учет данных факторов требует применения комплексного подхода, включающего последовательное определение характеристик внешних воздействий (ветра, волнения, течений), расчет вызванных ими возмущающих сил и моментов стохастической природы, а также моделирование нелинейных колебаний объекта в условиях нестационарных изменений внешних условий, неопределенности параметров и пр.

Анализ гибели судов в различных условиях эксплуатации позволяет выделить условия, которые способствуют возникновению экстремальных ситуаций. В частности, при движении судов лагом к волне выделяют такие ситуации, как воздействие на судно ветрового шквала в условиях сильной качки, потеря остойчивости по причине затопления палубного колодца, а также ударное воздействие гребня разрушающейся волны. Напротив, при попутном волнении начинают играть роль совершенно другие критические факторы, а именно: параметрический резонанс бортовых колебаний, потеря управляемости на гребне волны, захват судна волной (брочинг). В свою очередь, развитие каждой из вышеперечисленных ситуаций может усложняться за счет внутренних факторов, определяющих характеристики самого объекта. К ним относятся, например, смещение навалочного груза, затопление отсеков, интенсивное обледенение [2]. Многообразие набора экстремальных ситуаций и разнородность определяющих их факторов приводит к тому, что в настоящее время для компьютерных экспериментов в области динамики судна не существует единой (универсальной) модели, одинаково удобной во всех случаях. Потому основным способом решения такой задачи является использование набора имитационных моделей на основе стохастических внешних возмущений.

На рис. 1 приведена диаграмма потоков данных в процессе имитационного моделирования динамики судна, определяющая основные элементы соответствующего высокопроизводительного программного комплекса. К ним относятся скриптовая система для задания и изменения параметров моделирования и формирования сценариев, модуль имитационного моделирования (генератор морского волнения и ветра, компонент моделирования локальных сил, действующих на судно, компонент интегрирования), а также визуализатор для отображения динамических сцен.

Для получения информации о внешних возмущениях (ветре, волнении и течениях) в составе комплекса применяются современные стохастические модели, основанные на формализме многомерных динамических систем, параметрически связанных друг с другом в различных диапазонах изменчивости [3]. Эти модели позволяют воспроизводить климатические спектры с заданной повторяемостью (включая спектры, возможные 1 раз в заданное число лет), а также индуцируемые ими ансамбли пространственно-временных полей морского волнения с учетом нелинейных эффектов (это позволяет моделировать, в том числе, возникновение волн-убийц, *freak waves*).

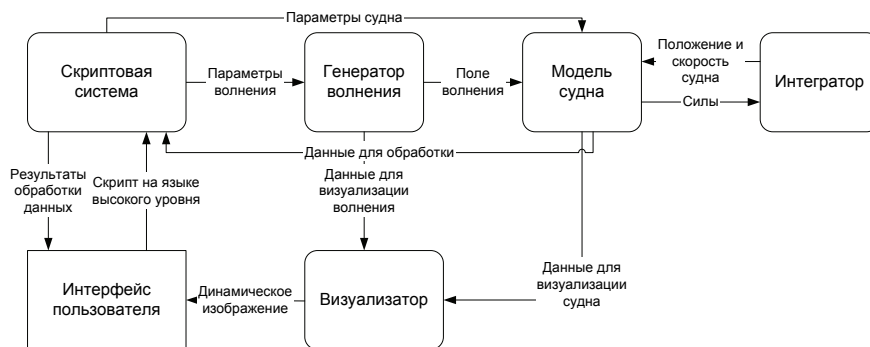


Рис. 1. Диаграмма потоков данных в процессе имитационного моделирования динамики морских объектов

Высокопроизводительный программный комплекс позволяет изучать существенно нелинейные эффекты динамики судна (параметрический резонанс, брочинг и пр.), что принципиально важно при моделировании экстремальных явлений. При этом для детального анализа всей картины поведения объекта используются технологии динамической трехмерной визуализации. Подсистема визуализации в программном комплексе реализована на основе технологий DirectX и OpenGL, что позволяет эффективно отображать трехмерные динамические сцены с использованием встроенных аппаратных возможностей как графических карт на компьютере пользователя, так и управляющих видео-серверов в полномасштабных системах стереовизуализации.

Работа выполнена при поддержке проектов «Интеллектуальная система навигации и управления морским динамическим объектом в экстремальных условиях эксплуатации», «Интеллектуальные технологии поддержки процессов исследовательского проектирования судов и технических средств освоения океана» и «Высокопроизводительный программный комплекс моделирования динамики корабля в экстремальных условиях эксплуатации» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2007–2013 годы».

1. Интеллектуальные системы в морских исследованиях и технологиях // Под ред. Ю.И.Нечаева. – Санкт-Петербург, ГМТУ, 2001 – 352 с.
2. Нечаев Ю.И., Ярисов В.В. Выбор элементов формы корпуса исходя из требований к остойчивости судна на волнении // Морские интеллектуальные технологии. №2(4), 2009, с.45 – 52.
3. Справочные данные по режиму ветра и волнения Баренцева, Охотского и Каспийского морей: справ. изд. / Л.И. Лопатухин, А.В. Бухановский, А.Б. Дегтярев, В.А. Рожков; Российский морской регистр судоходства. – СПб.: РМРС, 2003. – 214 с.

Безгодов Алексей Алексеевич – НИИ наукоемких компьютерных технологий СПбГУ ИТМО, аспирант, demiuorgh@gmail.com

Иванов Сергей Владимирович – НИИ наукоемких компьютерных технологий СПбГУ ИТМО, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, svivanov@mail.ifmo.ru

Бухановский Александр Валерьевич – НИИ наукоемких компьютерных технологий СПбГУ ИТМО, директор, доктор технических наук, avb_mail@mail.ru