

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шокира Фархода на тему «Математическое моделирование динамических и топологических локализованных решений нелинейных эволюционных уравнений», представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Научное описание явлений окружающего нас макро- и микромира осуществляется посредством математического моделирования. Современные математические модели, реалистично отражающие динамику исследуемых природных процессов, описываются существенно нелинейными пространственно-неоднородными, зависящими от времени, дифференциальными уравнениями в частных производных. Необходимость решения нелинейных эволюционных уравнений возникает при моделировании большого количества процессов в самых различных областях, таких как физика, механика, материаловедение, биохимия и др. Поэтому развитие методов решения нелинейных эволюционных уравнений и исследования свойств этих решений является важнейшим направлением исследований на стыке вычислительной математики, математического анализа и математического моделирования. Заметим, что высокий уровень производительности вычислительных систем делает компьютерное моделирование достаточно эффективным инструментом для проведения масштабных высокоточных расчетов, необходимых для анализа математических моделей изучаемых нелинейных процессов.

Одним из интересных объектов исследования с точки зрения фундаментальной и прикладной физики являются нелинейные волны – фундаментальные физические объекты, имеющие широкий спектр приложений во многих областях физики (гидродинамика, физика плазмы, акустика, физика конденсированного состояния, ультрахолодные атомные газы, оптика и т. д.). В частности, локализованные уединённые волны – солитоны (в более широком понимании – локализованные структуры) имеют ряд практических приложений в различных технологических сферах техники и имеют ключевое значение в таких активно развивающихся в последние годы научно-прикладных направлениях как нелинейная оптика, фотоника, телекоммуникации и передача данных, включая проблемы целостности передаваемых данных и снижения потерь сигнала при передаче на большие расстояния.

Тем самым, исследование структуры и свойств локализованных решений нелинейных эволюционных уравнений различного типа является актуальной научной задачей, на решение которой направлена докторская диссертация Шокира Фархода.

Автором диссертации представлен подробный анализ решаемой научной проблемы и теоретических идей, теоретико-методологические основы

исследования, актуальность поставленных задач, новизна полученных результатов и их влияние в общий контекст исследуемой темы. Судя по автореферату, структура и логическое построение диссертации соответствует заявленной теме работы, приведенной во введении, шести главах, заключении и трех приложениях, оформленной в 353 страницах машинописного текста. Автореферат даёт полное представление о теоретической и структурной составляющих диссертационной работы, а также о её высоком научном уровне.

В первых четырех главах представлен аналитический вид нового найденного автором двумерного осциллирующего (бризерного) решения, а также результаты исследования стационарных, движущихся и взаимодействующих локализованных динамических и топологических структур, выявлен ряд новых свойств полученных решений.

Пятая глава диссертационной работы посвящена вопросам математического моделирования многомерных квантовых спиновых систем, где на основе представления Майорана получены выражения для корреляционных функций, так называемых ориентированных состояний систем с высоким значением спина. В шестой главе обсуждаются полученные результаты с точки зрения перспектив их практического применения.

Численные подходы в диссертационной работе построены с применением алгоритмов и конечно-разностных схем, разработанных А.А.Самарским. Подробные сведения о разработанном алгоритме и компьютерной реализации даны в Приложении. Для получения аналитической формы осциллирующего (бризерного) решения двумерного уравнения синус-Гордона использован метод усреднения лагранжиана. Устойчивость новых бризерных решений продемонстрирована численным моделированием их эволюции в стационарном, движущемся и взаимодействующих (с аналогичным бризерным решением и с топологическим решением в виде доменной стенки) состояниях. Исследование динамических и топологических локализованных решений проведено в рамках $O(N)$ инвариантной нелинейной сигма-модели ($N = 3$) и теории скалярных полей, отображающей пространство-время в риманово целевое многообразие (в данном случае – в единичную сферу в \mathbb{R}^3): $\phi: \Sigma \rightarrow S^{N-1}$. Также в данной работе наглядно показано и подтверждено свойство Т-инвариантности исследуемой модели, где методом обращения времени ($t = -t'$) получены эволюционные численные модели процессов восстановления начального состояния возмущенного состояния поля плотности энергии (процессов взаимодействия локализованных решений).

Работа прошла основательную и достаточно полную апробацию, в частности, результаты представлены на более чем 50 республиканских и международных научных конференциях, семинарах и симпозиумах. Результаты по теме диссертации опубликованы в 129 печатных материалах, включая 3 монографии (в соавторстве с научным консультантом) и 21 статья в рецензируемых научных журналах, в том числе 11 работ в журналах перечня ВАК РФ. Также соискателем получены 12 свидетельств о регистрации

разработанных комплексов компьютерных программ, включая 8 в ФСИС РФ «Роспатент».

В качестве замечания, следует отметить, что численное моделирование в диссертационной работе выполнено на основе регулярной дискретной сетки, что зачастую требует большого количества узлов для достижения необходимой точности вычислений. Количество узлов и соответственно объем вычислений могли бы быть значительно уменьшены за счет использования динамически адаптированных сеток.

Данное замечание не снижает научную ценность диссертационной работы, не влияет на высокую оценку полученных результатов и может рассматриваться как пожелание для дальнейших исследований соискателя.

Таким образом, на основании ознакомления с авторефератом можно с полной уверенностью заключить, что работа Шокира Фархода на тему «Математическое моделирование динамических и топологических локализованных решений нелинейных эволюционных уравнений» отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а автор диссертационного исследования Шокир Фарход, несомненно достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Е. В. Земляная

доктор физико-математических наук
(докторская степень по специальности 05.13.18 присвоена в 2006г.)
начальник сектора №4 расчетов сложных физических систем
Научного отдела вычислительной физики
Лаборатории информационных технологий им. М.Г. Мещерякова,
Объединенного института ядерных исследований

Международная межправительственная научно-исследовательская
организация «Объединенный институт ядерных исследований», ул. Жолио
Кюри, 6, Дубна 141980, РФ

Рабочий телефон: +7 49621-647-28

Адрес электронной почты: elena@jinr.ru

Подпись Е.В. Земляной заверяю:
ученый секретарь ЛИТ ОИЯИ, к.ф.-м.н.

Дереновская О.Ю.

