

Важным моментом при подборе гибридной модели является выбор подходящего метода декомпозиции. Большую популярность при исследовании нестационарных временных рядов получил метод эмпирической модовой декомпозиции (empirical mode decomposition, EMD). Данным методом можно разложить гидрологический временной ряд на интерпретируемые аддитивные составляющие, не требуя при этом стационарности ряда и знания типа тренда, а также сведений о наличии в ряде периодических составляющих [3].

Результаты многочисленных исследований доказывают, что использование гибридных моделей снижает сложность прогнозирования гидрологических временных рядов и превосходит одиночные модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kisi, O. Wavelet regression model as an alternative to neural networks for river stage forecasting / O. Kisi // *Water Resour Manag* 25. – 2011. – P. 579–600.

2. Nourani, V. A multivariate ANN-Wavelet approach for Rainfall-Runoff modeling / V. Nourani, M. Komasi, A. Mano // *Water Resour Manag* 23. – 2009. – P. 2877–2894.

3. Сидак, С. В. Прогнозные оценки речного стока на основе гибридной модели EMD-ARIMA / С.В. Сидак, А. А. Волчек // *Соврем. проблемы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды на пространстве СНГ : Междунар.науч.-практ. конф., посвящ. 90 – летию Рос. гос. гидрометеорол. ун-та, Санкт-Петербург, 22–24 окт. 2020 г. – СПб., 2020. – С. 318–320.*

УДК 372.853, 621.382

С. В. ЧУГУНОВ¹, Э. В. ЧУГУНОВА²

¹Брест, БрГТУ;

²Брест, гимназия № 4

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

Современный мир требует новых подходов в обучении. Образовательное пространство невозможно представить без использования новых информационных технологий. Среди учебных дисциплин физика – один из наиболее поддающихся компьютеризации предметов.

С развитием современных компьютерных технологий и программных продуктов, позволяющих относительно легко и быстро создавать различные модели устройств, элементов, структур, узлов и т. д., остро стоит во-

прос о внедрении в образовательный процесс передовых, инновационных наукоемких программ [1].

На наш взгляд, студенты вузов старших курсов обладают достаточными умениями и навыками для работы с узконаправленными (специализированными) программными продуктами, благодаря которым можно осуществлять моделирование физических, технологических и других процессов.

Создавать новые модели и изучать их основные преимущества перед уже существующими образцами, предлагать различные решения по усовершенствованию, улучшению основных характеристик созданных моделей, оптимизировать такие устройства – основная задача современных программных продуктов такого типа.

Основными проблемами внедрения современных программных продуктов в процесс обучения, на наш взгляд, являются:

1. Стоимость таких программ. Производители стараются реализовывать лицензионное ПО для обучения по ценам ниже, чем для предприятий, но не каждый ВУЗ может себе позволить программы даже при этих условиях.

2. Недостаточное оснащение учебных кабинетов рабочими компьютерными станциями высокой производительности.

3. Квалификация преподавателей. Для работы с современными программными продуктами преподавателю необходимо в совершенствовании владеть данными программами, это требует высокого уровня подготовки.

4. Недостаточный уровень сотрудничества выпускающих кафедр вузов с высокотехнологичными предприятиями, на которых есть возможность организовать выполнение студентами старших курсов курсовых проектов, дипломных работ. Участвовать в совместных проектах, которые помогли бы раскрыть потенциал студентов и они смогли бы, еще находясь в стенах университета, зарекомендовать себя перспективными специалистами.

5. Многообразие программного обеспечения. На рынке ПО существует огромное количество похожих друг на друга программных продуктов, которые решают большой спектр задач, но есть и узконаправленные программы. При выборе ПО необходимо найти компромисс между многими факторами: ценой, функциональностью, простотой в использовании, актуальностью.

В БрГТУ на кафедре физики ведется научно-исследовательская работа «Моделирование физических процессов в р-і-п и Шоттки диодах и транзисторах на основе гетероструктур AlGaN», в которой принимают активное участие студенты. При моделировании гетероструктур используются программные продукты, такие как FETIS, Comsol, Mathematica и др.

Программное обеспечение FETIS разработано для моделирования полевых транзисторов с высокой электронной подвижностью на основе нитрида III группы (HEMT). Он включает в себя 1D симулятор зонной диа-

граммы и распределение потенциала по гетероструктуре устройства и графическую оболочку, обеспечивающую удобную работу с кодом и визуализацию результатов моделирования. В FETIS имеются как квазиклассическое, так и точное квантово-механическое рассмотрение удержания несущей в структуре НЕМТ, основанной на самосогласованном решении уравнений Пуассона и Шредингера. Этот код позволяет предсказать такие важные характеристики и параметры НЕМТ, как профиль концентрации носителей, концентрации носителей листа, число и энергетическое положение двумерных подзонов электронов и дырок и т. д., а также их изменение при смещении затвора.

COMSOL Multiphysics – это мощная интерактивная среда для моделирования и расчетов большинства научных и инженерных задач, основанных на дифференциальных уравнениях в частных производных (PDE) методом конечных элементов [2]. С этим программным пакетом можно расширять стандартные модели, использующие одно дифференциальное уравнение (прикладной режим) в мультифизические модели для расчета связанных между собой физических явлений. Расчет не требует глубокого знания математической физики и метода конечных элементов. Это возможно благодаря встроенным физическим режимам, где коэффициенты PDE задаются в виде понятных физических свойств и условий в зависимости от выбранного физического раздела. Преобразование этих параметров в коэффициенты математических уравнений происходит автоматически. Взаимодействие с программой возможно стандартным способом: через графический интерфейс пользователя Программное обеспечение запускает конечноэлементный анализ вместе с сеткой, учитывающей геометрическую конфигурацию тел и контролем ошибок с использованием разнообразных численных решателей.

Благодаря научно-исследовательской работе, проводимой на кафедре физики, у студентов БрГТУ есть возможность изучать и использовать современные программные продукты при моделировании различных физических процессов. Они успешно используют полученные знания при создании моделей транзисторов и фотоприемников на основе гетеропереходов, способны исследовать их основные характеристики, предлагать способы повышения эффективности этих устройств по требуемым характеристикам, решать задачи по оптимизации этих устройств.

Являясь членами научно-исследовательского коллектива, студенты принимают активное участие в работе конференций, проводимых по теме исследований, и участвуют в различных студенческих конкурсах.

Результаты научно-исследовательской работы студентов активно внедряются в учебный процесс. Так результаты НИР включены в содержание учебной дисциплины «Физические основы электронной техники» для спе-

циальности «Промышленная электроника». Это создает возможность студентам следить за передовыми достижениями в области создания электронного оборудования.

На наш взгляд, активное внедрение современных программных продуктов, таких как Comsol, Mathcad, Mathematica, Matlab и др. в процесс обучения позволит повысить уровень профессиональных компетенций студентов, поможет понять изменения, происходящие в различных сферах науки, производства, сделает их грамотными специалистами, владеющими глубокими знаниями и умениями для решения разнообразных производственных задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чугунов, С. В. Применение компьютерного моделирования на факультативных и стимулирующих занятиях по физике / С. В. Чугунов, Э. В. Чугунова // Физико-математическое образование: цели, достижения и перспективы : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. Минск. – 2017. – С. 182–183.
2. Егоров, В. И. Применение ЭВМ для решения задач теплопроводности : учеб. пособие / В. И. Егоров. – СПб. : СПб ГУ ИТМО, 2006. – 77 с.

УДК 517.968.25

У. А. ШЫЛІНЕЦ

Мінск, Міжнародны ўніверсітэт «МІТСО»

МЕТАДЫ ГІПЕРКАМПЛЕКСНАГА АНАЛІЗУ ПРЫ ДАСЛЕДАВАННІ ДЫФЕРЭНЦЫЯЛЬНЫХ РАЎНАННЯЎ

Адным з метадаў даследавання дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных з’яўляецца метада функцый, манагенных у сэнсе У. С. Федарава (F-манагенных) [1–10]. У прыватнасці, пры дапамозе F-манагенных функцый удаецца пабудаваць функцыянальна-інварыянтныя рашэнні сістэмы Максвэла для электрамагнітнага поля ў пустаце [11; 12], а таксама функцыянальна-інварыянтных вектар-аналітычных функцый [13; 14]. Акрамя гэтага, пры дапамозе адзначаных функцый удаецца для асобных відаў дыферэнцыяльных раўнанняў і сістэм дыферэнцыяльных раўнанняў будаваць рашэнні ў замкнутай форме. У дадзенай працы пры дапамозе F-манагенных гіперкамплексных функцый даследуецца сістэма трох дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных. Разгледзім сістэму (1) дыферэнцыяльных раўнанняў у частковых вытворных выгляду