

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА

СМИРНОВА В.В., КАМЛАЧ П.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Минск, Беларусь)

Аннотация. Выполнен обзор пакетов для моделирования в медицине различных воздействий физических факторов на тело человека. Рассмотрены пакеты для моделирования ELCUT, Sim4Life. Проведен сравнительный анализ рассмотренных программных пакетов.

Ключевые слова: Моделирование, физические факторы, программное средство.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

MODELING THE IMPACT OF PHYSICAL FACTORS ON THE HUMAN BODY

SMIRNOVA V.V., KAMLACH P.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Belarus)

Abstract. A review of packages for modeling in medicine of various effects of physical factors on the human body is carried out. The packages for modeling ELCUT, Sim4Life are considered. A comparative analysis of the considered software packages is carried out.

Keywords: Modeling, physical factors, software.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Развитие медицинской электроники является одной из наиболее актуальных задач современного мира. Целый ряд исследований становится невозможно выполнить экспериментальным путем, в то время как метод моделирования подходит для этих целей

Моделирование – один из эффективных методов изучения различных воздействий на тело человека. Рассмотрим некоторые пакеты программ для проведения моделирования.

Программа ELCUT способна проводить инженерный анализ, а также двумерное моделирование. Модули ELCUT позволяют проводить анализ физических полей и получать решение связанных междисциплинарных задач в таких видах анализа [1]:

- магнитное поле переменных токов;
- магнитное поле постоянных токов и/или постоянных магнитов;
- нестационарное магнитное поле;
- электростатическое поле;
- электрическое поле постоянных токов;
- электрическое поле переменных токов;
- нестационарное электрическое поле;

- стационарное и нестационарное температурное поле;
- механические напряжения и упругие деформации.

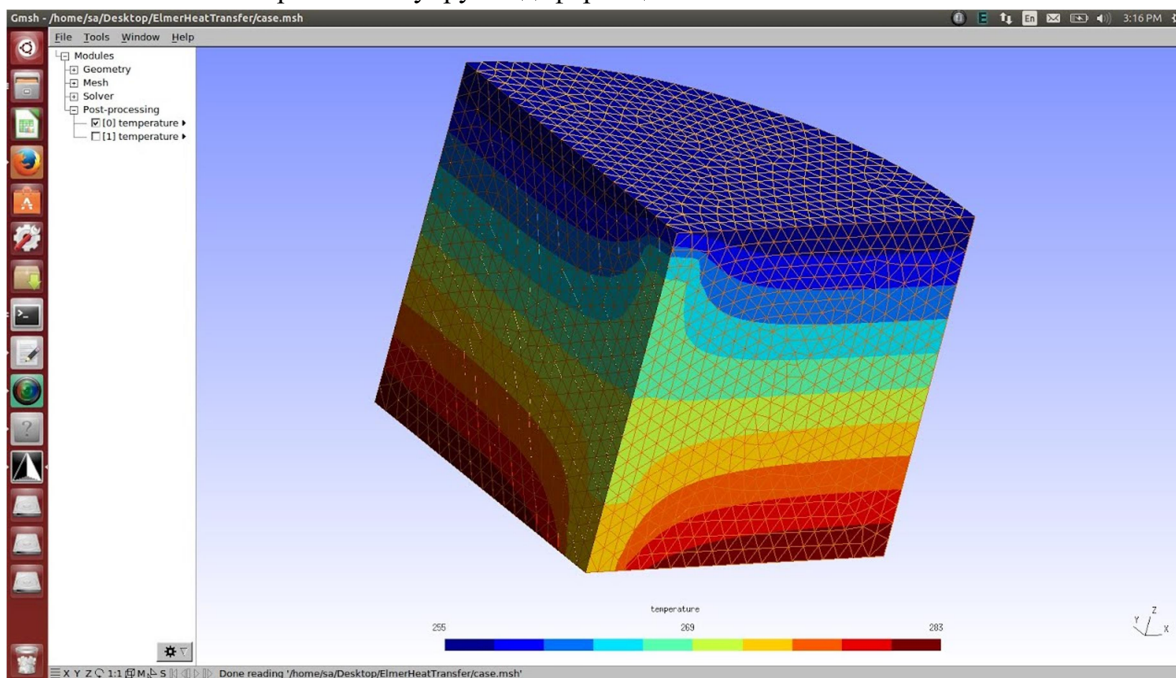


Рисунок 1 – Фотография моделирования в Elmer

ELCUT имеет некоторые ограничения. В основном это объясняется желанием авторов создать простой и компактный инструмент компьютерного моделирования. Во-первых, используется один вид конечного элемента, треугольник (нет выбора между типами конечных элементов). Во-вторых, виды анализа задач механики и теплопередачи ограничены по функциональности.

Elmer – программное обеспечение для моделирования различных физических задач (рисунок 1). Elmer состоит из нескольких разных частей:

- ElmerGrid – инструмент преобразования сетки, который можно использовать для преобразования различных форматов сетки в сетки, подходящие для Elmer.
- ElmerGUI – графический интерфейс, который можно использовать в существующей сетке для назначения физических моделей, он генерирует «файл дела», в котором описывается проблема, которую необходимо решить. Не показывает всю функциональность ElmerSolver в GUI.
- ElmerSolver – числовой решатель, который выполняет вычисления конечных элементов, используя файлы сетки и дела.
- ElmerPost – модуль постобработки и визуализации. На данный момент разработка остановлена в пользу других инструментов постобработки, таких как ParaView, VisIt и т. д.

Программный пакет Sim4Life (рисунок 2) сочетает в себе разнообразие физических решателей для широкого спектра задач и библиотеку высококачественных моделей частей человеческого тела. Он предназначен для симуляции и анализа явлений, происходящих в биологической среде под воздействием сложных технических устройств, в частности современной электроники. Также немаловажным достоинством пакета является подробная и доступная документация, идущая в комплекте поставки [2].

Мощные решатели Sim4Life специально разработаны для решения сложных вычислительных задач; HPC ускоряется для новейших компьютерных кластеров; и плавно интегрируется в самую передовую структуру связи. Платформа уже включает в себя электромагнитные, термоакустические и потоковые решатели [3].

Интегрированные модели тканей позволяют моделировать и анализировать физиологические процессы. Модели перфузии, модели повреждения тканей и нейронные модели также включены в пакет Sim4Life [3].

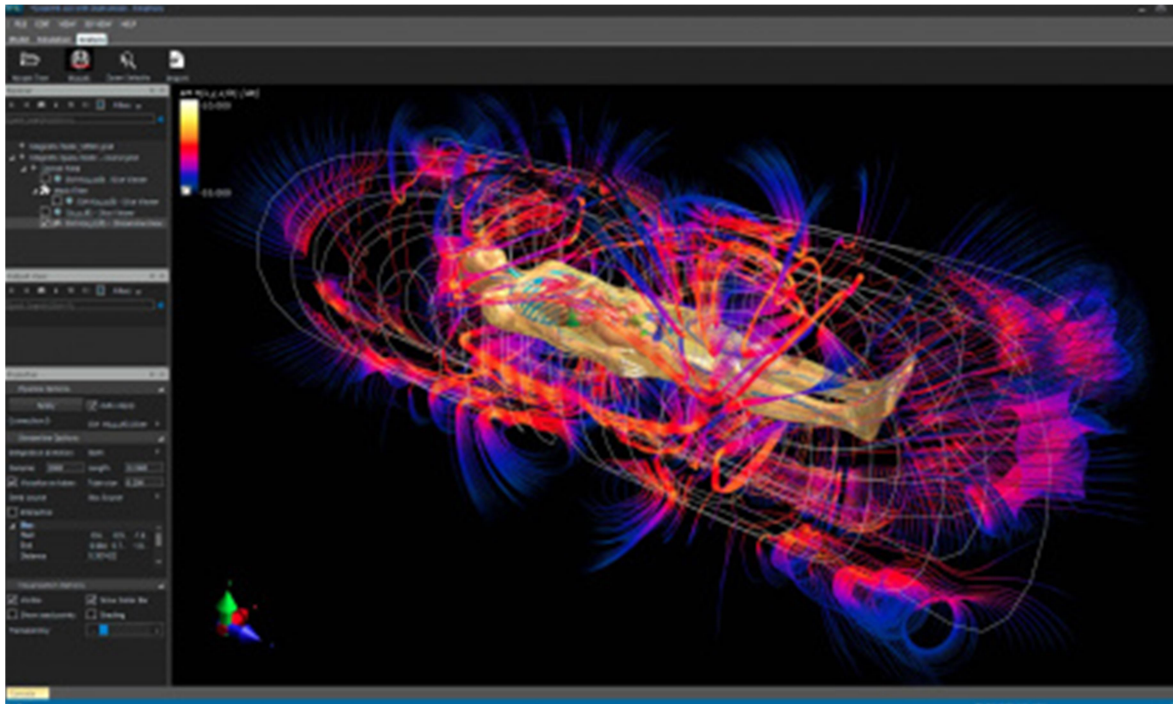


Рисунок 2 – Скриншот моделирования в пакете Sim4Life

Платформа Sim4Life облегчает все этапы сложного моделирования – от определения проблемы, дискретизации, моделирования и анализа до визуализации результатов с четкостью и гибкостью [3].

АСЕЗР (Advanced Computational Electromagnetics 3P) — это полный набор параллельных конечно-элементных электромагнитных кодов с мультифизическими возможностями в интегрированном электромагнитном, тепловом и механическом моделировании. АСЕР имеет две уникальные особенности. Во-первых, АСЕЗР использует криволинейные конечные элементы высокого порядка для высокоточного конформного моделирования сложных геометрий и повышения точности решения. Во-вторых, АСЕЗР реализован на массивно-параллельных компьютерах, чтобы воспользоваться преимуществами увеличенной памяти и ускорить выполнение моделирования с использованием многих вычислительных ядер одновременно. Исходя из потребностей в точности и сложности проектирования ускорителей, в АСЕЗР было разработано шесть прикладных модулей, и их возможности моделирования суммируются следующим образом [4]:

- Omega3P – частотный преобразователь для расчета собственных частот и затухания;
- S3P – преобразователь частотной области для вычисления рассеяния или S-параметра;
- T3P – преобразователь временной области для вычисления переходных процессов;
- Track3P – модуль отслеживания частиц для моделирования темного тока;
- Pic3P – полноволновой решатель метода частиц в ячейках для расчета поля частиц в устройствах с преобладающим пространственным зарядом;
- TEM3P – модуль для тепловых, структурных и механических расчетов собственных колебаний.

Проведем сравнительный анализ программных пакетов Sim4Life и ELCUT. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительный анализ программных пакетов

Сравнительная характеристика	ELCUT	Sim4Life
Размерность моделируемой среды	2D (с ограниченными возможностями 3D)	3D
Включаемые решатели и их типы	Электромагнитный; Тепловой; Механический (на основе метода конечных элементов)	Электромагнитные (на основе метода конечных разностей во временной области), Тепловой, Акустический, Гидродинамический, Нейронный
Средства анализа	Визуальные картины полей, графики, таблицы и анимации на основе выбранных физических величин, поддерживает экспорт в сторонние средства анализа	Визуальные картины полей, изоповерхности, графики, таблицы, агрегированная статистика на базе международных стандартов (например, IEEE/IEC 62704-1) и анимации на основе выбранных физических величин
Библиотека готовых моделей	Нет	Поддерживает специально созданную внешнюю библиотеку человеческих фантомов с разной степенью детализации

Sim4Life является узкоспециализированной интегрированной средой и не может решать задачи квантовой физики, однако имеет широкие возможности в исследовании взаимодействия электронных устройств и биологической среды. ELCUT оптимален для проектов, где будет симуляция в плоскости. Elmer зависим от внешних средств моделирования и анализа, но представляет широкие возможности в решении физических задач. ACE3P подходит для электродинамического моделирования, однако достаточно сложен в использовании.

Список литературы

- [1] Дубицкий С.Д. Поднос В.Г. ELCUT – инженерная система моделирования двумерных физических полей / С.Д. Дубицкий, В.Г. Поднос // CADmaster – 2001. – №1. – С.17-21.
 [2] Sim4Life light Reference Guide Release 5.0 / Zurich Med Tech. – Sim4Life Application and Support Team, Zurich, Switzerland, 2019.
 [3] Sim4Life [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zmt.swiss/sim4life/>
 [4] Cho-Kuen Ng, Electromagnetic Modeling of Human Body Using High Performance Computing / Cho-Kuen Ng // Physics Procedia. – 2017. – №90. – С. 110.

Сведения об авторах

Смирнова В.В., магистрант кафедры электронной техники и технологии Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Камлач П.В., доцент кафедры электронной техники и технологии, кан. техн. наук, доцент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Петруся Бровки, 6,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Тел. +375 (29) 3212680
E-mail: lera.smirnova.flok@gmail.com
Смирнова Валерия Викторовна

Information about the authors

V. V. Smirnova, master's student of the Department of electronic engineering and technology of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

Kamlach P. V., associate Professor of the Department of electronic engineering and technology, Kan. tech. associate Professor of the Belarusian state University of Informatics and Radioelectronics.

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovki str. 6,
Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics
tel. +375 (29) 3212680
E-mail: lera.smirnova.flok@gmail.com
Smirnova Valeria Viktorovna