

## ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета Богданова Александра Владимировича о диссертации **Альзаяди Лаис Х. Малек** на тему: *«Программно-математическое обеспечение автоматизированного управления микро-и нанозондовыми системами»*, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности **1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.**

. В ряду фундаментальных проблем современности ускорительные технологии занимают особое место. Более того, сейчас они находят многочисленные выходы и в технологические и медицинские приложения. При этом, несмотря на кажущуюся простоту постановки фундаментальной проблемы динамики пучка частиц в сложной конфигурации полей, каждый конкретный случай требует особого подхода из-за сложностей конструктивной реализации, а также применения специфических вычислительных технологий из-за требований высокой точности. Учитывая это, тему диссертационного исследования Альзаяди Лаис Х. Малек, посвященного построению и использованию специального программного обеспечения, основанного на современных программных методах и технологиях, следует безусловно признать актуальной.

В основе данной работы рассматриваются возможные технологии, которые могут использоваться при описании процессов эволюции частиц в канале. Для этого применяются математические методы анализа скалярного и векторного магнитного потенциала, вычисляется, с учетом симметрий канала, магнитное поле структурных элементов. Производится выбор и классификация разложений потенциала на основе физических соображений, указываются преимущества такого подхода. Применение матричного формализма для описания магнитного поля позволяет рассмотреть все этапы расчета динамики единообразно. В работе в основном используются электромагнитные системы, состоящие из систем запуска начального пучка, систем транспортировки частиц и т. д. Сама система транспортировки частиц

состоит из отдельных (структурных) элементов, например, управляющих электромагнитных и дрейфовых. Электромагнитные структурные элементы разделены друг от друга отрезками без магнитного поля – дрейфовыми структурными элементами, где на движущиеся частицы не действуют никакие внешние силы.

В рецензируемой диссертации особое внимание уделено построению набора «конструктивных» инструментов, которые позволяют пользователю, как в игре LEGO, составлять набор элементов электромагнитодинамической системы, которые требуются для решения той или иной задач.

Следует отметить, что приложенные в работе формулы являются универсальными. Их использование реализуется по мере необходимости. Подобный подход существенно сокращает соответствующие численные вычисления, необходимые для получения виртуальных объектов для получения искомых решений. В частности (при проведении традиционных вычислительных исследований), исследователь должен многократно повторять сложные вычисления при изменении параметров, например, для поиска некоторого оптимального результата. В предлагаемом подходе пользователь просто задает желаемые характеристики, а в формулы, которые выбираются в зависимости от рассматриваемых задач, подставляет необходимые численные данные.

Подобный подход существенно эффективнее классических вычислительных процедур. В частности, его можно использовать для поиска оптимальных решений с учетом некоторых выбранных требований.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи.

1. Концептуальный анализ проблем существующих управляющих элементов и их формализация.
2. Выбор и разработка инструментальных технологий, с использованием, как математических, так и информационных технологий.

3. Разработка специализированного программного обеспечения компьютерного моделирования, осуществляющего необходимые вычислительные процессы.
4. Экспериментальная оценка вычислительных процессов с точки зрения вычислительной эффективности.

Решение перечисленных задач позволило добиться следующих новых научных результатов:

1. развитие аппарата «разбиения» сложных составных объектов управления на систему управляющих (абстрактных), разработка новых методов поиска контрольных точек;
2. проведение системного анализа существующих систем управления пучками частиц и создание баз данных для широкого класса практических задач;
3. разработка технологий управляющих элементов с учетом многофакторных систем управления на основе распараллеливания и распределения вычислительных процедур;
4. создание систем абстрактных объектов, которые позволят осуществлять процедуры модернизации исследуемых систем с использованием технологии LEGO.
5. усовершенствование моделей физических объектов и создание базы данных управляющих объектов.

Достоверность научных положений диссертации Альзаяди Лаис Х. Малека подтверждают корректность выкладок, обоснованность используемых ограничений, а также приведенные оценки точности подхода.

В качестве замечаний по работе можно отметить, что

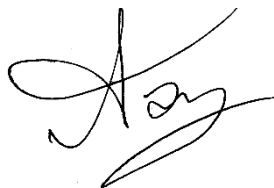
1. Проведенные исследования позволяют оптимальным образом рассчитать динамику отдельной частицы, однако непонятно, как их переносить на динамику пучка частиц.
2. Работа выполнена на достаточно высоком математическом уровне. При этом несколько инородно выглядят пассажи о применении нейросетей или объектно – ориентированного моделирования.

Отмеченные замечания, однако, не снижают научной и практической ценности диссертационной работы Альзаяди Лаис Х Малека, результаты которой являются решением научных проблем, имеющих важное практическое значение.

Диссертация **Альзаяди Лаис Х. Малек** на тему: *«Программно-математическое обеспечение автоматизированного управления микро-и нанозондовыми системами»* соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель **Альзаяди Лаис Х. Малек** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Председатель диссертационного совета

Профессор, доктор физ.-мат. наук,  
Профессор кафедры ФИиРС СПбГУ



**Богданов А.В.**

20.12.2021