

Development of software for modeling and visualization of dynamics charged particle beams

Krushinevskiy E.¹, Shavidze G.², Batjarkin A.³, Popov D.⁴

Создание программного обеспечения для моделирования и визуализации динамики пучков заряженных частиц

Крушиневский Е. А.¹, Шавидзе Г. Г.², Батяркин А. В.³, Попов Д. А.⁴

¹Крушиневский Евгений Александрович / Krushinevskiy Evgeniy Aleksandrovich – магистрант;

²Шавидзе Григорий Григорьевич / Shavidze Grigoriy Grigor'evich – магистрант, факультет прикладной математики – процессов управления;

³Батяркин Александр Викторович / Batjarkin Aleksandr Viktorovich – магистрант, экономический факультет,

Санкт-Петербургский государственный университет;

⁴Попов Дмитрий Анатольевич / Popov Dmitry Anatol'evich – магистрант, факультет технологического менеджмента и инноваций,

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

Аннотация: физика пучков частиц – быстро развивающаяся и актуальная область современной науки, которая требует активного использования информационных технологий. Практически все программные пакеты, созданные в этой области, имеют мощный недостаток – отсутствие наглядной визуализации и интуитивно понятного пользовательского интерфейса. В данной статье рассматривается создание программного обеспечения для моделирования и визуализации динамики пучков заряженных частиц с учетом недостатков существующих программ.

Abstract: beam particles physics is the quickly developing and actual area of the modern science that requires the active usage of information technologies. The main idea of the article is absence of evident visualization and clear user interface in existing physical software. The aim of the article is to develop the software for beamline systems simulation and visualization taking into account shortcomings of the existing programs.

Ключевые слова: пучки частиц, система управления, программное обеспечение, интерфейс, визуализация.

Keywords: particle beamline, control system, software, interface, visualization.

Введение

Физика пучков частиц – быстро развивающаяся область современной науки, которая имеет широкую сферу применения. Использование физики пучков активно используются в микроскопии, томографии, рентгеновских установках, имплантации материалов, нано- и биотехнологических разработках, народном хозяйстве [1]. Одной из крупных областей применения является лечение раковых заболеваний, так называемая протонная терапия [2] – лечение труднодоступных злокачественных опухолей, не вызывающее значительных повреждений здоровых окружающих тканей.

Применение теоретических наработок на практике является проблематичным в области физики пучков. Это объясняется тем обстоятельством, что проведение реальных экспериментов в физике очень дорогостояще. Решением данной проблемы является математическое и компьютерное моделирование, которое позволяет исследовать системы управления пучками частиц в зависимости от различного рода параметров, и в соответствии с результатами оптимизировать их.

На сегодняшний день существуют программные пакеты для исследования динамики пучков заряженных частиц (MAD [3], Accelsoft [4] и другие), но они имеют мощный недостаток – отсутствие наглядной визуализации и графического интерфейса. А ведь визуальная информация понятней воспринимается, что значительно ускоряет исследование. Более того, использовать данные технологии новичку будет тяжело, так как придется изучить сотни страниц специализированной документации. К тому же, многие программы давно не обновляются, следовательно, возникают трудности с совместимостью с операционной системой, согласованием версий и т. д.

Постановка задачи

Разработать интерактивный конструктор для моделирования систем управления пучками частиц, обладающий удобным пользовательским интерфейсом, разнообразной визуализацией и широким математическим функционалом.

Поставленная цель приводит к упрощению работы специалистов и обучению студентов в области физики пучков заряженных частиц, повышению эффективности проводимых экспериментов и уменьшению ошибок при расчетах.

Обзор существующих программ

В области исследования физики пучков разработано множество программных пакетов: MAD-X [3], PBO Lab (Accelsoft [4]), Beamline Simulator (Accelsoft), LIDOS RFQ Designer (Accelsoft), COSY INFINITY [6], OptiM. Несмотря на широкую функциональность, данные программы имеют массу недостатков, которые существенно затрудняют их использование на практике.

Во-первых, это отсутствие наглядной визуализации и возможности рассмотреть исследуемую систему целиком, а не только ее составные части. Например, в программе MAD-X [3], которая является набором библиотек C++ для расчета ускорителей частиц, полностью отсутствует графический интерфейс. Пользователю необходимо писать строки кода для вызова отдельных функции, а также ввода и вывода данных. Таким же значительным недостатком наделен еще один мощный вычислительный инструмент — COSY INFINITY [6]. Эта система предназначена для крупных математических расчетов, обладает богатым функционалом, предоставляет данные в удобных оптимизированных типах, которые можно использовать в сторонних приложениях. Но выходные данные представлены в виде, удобном только для машинного чтения. Человеку достаточно проблематично работать с подобного рода информацией, что, несомненно, ограничивает количество пользователей данного программного обеспечения при всех его вычислительных достоинствах.

Во-вторых, практически все программные пакеты для физики пучков имеют информационно-нагруженный пользовательский интерфейс, работать с которым возможно только специалисту, имеющему достаточно глубокие знания в области физики пучков. Отсутствие пояснений к элементам и большое количество информации, необходимой для ввода пользователем, значительно увеличивает время выполнения задачи и число ошибок при расчетах.

В-третьих, следует отметить, что программное обеспечение стареет, а обновления не было уже 4 года (по данным сайта компании Accelsoft [4]).

На основе проведенного анализа существующих программ можно сформулировать основные требования, которым должен удовлетворять разрабатываемый программный комплекс:

- наличие визуализации (возможность построения графиков и схем как составных частей, так и всей модели);
- простой в использовании интерфейс, обладающий визуальной привлекательностью и необходимой функциональностью, при этом вводимый пользователем объем информации должен быть минимален;
- мощный математический инструментарий;
- возможность расширения функциональности путем добавления новых модулей, а также связи со сторонними программами;
- функционирование не зависит от выбора операционной системы.

Выбор технологии для разработки

Существует множество критериев, зависящих от конкретной задачи и цели: скорость работы, кроссплатформенность, стоимость. Очень важно, чтобы выбранная технология соответствовала современным стандартам и имела перспективы развития.

Таким образом, для разработки приложения, которое соответствует приведенным в предыдущем параграфе требованиям, был выбран пакет прикладных программ для математического моделирования – MATLAB [7].

MATLAB — это интерактивная среда для программирования, с помощью которой можно создавать модели, производить численные расчеты, а также обеспечить свое приложение разнообразной визуализации. Программы, написанные на MATLAB, можно объединять в библиотеки (.dll), которые возможно использовать в приложениях, написанных на различных языках программирования (C++, C#, Delphi, Visual Basic). Это позволяет расширять приложение и использовать идеологию компонентного программирования. Также следует отметить, что язык MATLAB является платформенезависимым языком, т. е. приложения запускаются на большинстве современных операционных систем (Microsoft Windows, Mac OS, Linux), что решает популярную на сегодняшний день проблему кроссплатформенности.

Разработка

Порядок выполнения программы состоит из четырех этапов:

- инициализация начальных параметров системы и матриц огибающих, а также формирование матрицы начального фазового портрета [5];
- преобразование матрицы начального фазового портрета в соответствии с выбранным управляющим элементом, заполнение матриц огибающих;
- выбор точек для построения огибающих и фазовых портретов в соответствии с выбранной плоскостью;
- рисование изображения.

Разработанный интерфейс позволяет построить систему управления пучком частиц и пронаблюдать ее поведение в зависимости от входных параметров на графиках огибающих и текущего фазового портрета в различных плоскостях.

Для выполнения вычислений и построения графиков пользователю необходимо выполнить определенную последовательность действий:

1. Ввести в поле «Начальные параметры» исходные параметры системы: количество частиц в пучке, радиусы диафрагм, через которые последовательно проходят частицы, и расстояние между диафрагмами.

2. Создать систему управления пучком частиц путем добавления управляющих элементов из предложенных на панели «Управляющие элементы». Для этого необходимо выбрать элемент и ввести его характеристики

3. После создания модели и задания входных параметров можно переходить к построению изображений огибающих и текущих портретов. Для этого в поле «Огибающие» необходимо в выпадающем меню выбрать плоскость, в которой требуется построить огибающую и нажать на кнопку «построить».

4. Для удаления существующих изображений или создания новой управляющей системы необходимо нажать на кнопку «очистить» в соответствующем поле.

Заключение

В ходе выполнения данной работы были получены следующие результаты:

- проведен анализ существующих программных пакетов для физики пучков;
- на основе проведенного анализа установлено, что основным недостатком программ является отсутствие наглядной визуализации и удобного в использовании интерфейса;
- сформулированы требования к программному обеспечению;
- с учетом указанных требований разработано приложение для моделирования систем управления пучками частиц с использованием пакета прикладных программ MATLAB.

Достоинства разработанного приложения:

- возможность создания системы управления пучками частиц;
- визуализация результатов (построение огибающих и фазовых портретов);
- возможность использования в других приложениях.

Литература

1. *Комар Е. Г.* Использование ускорителей в медицине и народном хозяйстве. Вестник РФН, № 12, 1973. С. 23-28.
2. PROTON THERAPY - The National Association for Proton Therapy [Электронный ресурс]: URL: <http://www.proton-therapy.org> (дата обращения: 15.12.2015).
3. MAD - Methodical Accelerator Design - CERN [Электронный ресурс]: URL: <http://madx.web.cern.ch/madx/> (дата обращения: 23.12.2015).
4. AccelSoft Inc. - GHGA [Электронный ресурс]: URL: <http://www.ghga.com/accelsoft/> (дата обращения: 28.12.2015).
5. *Андреанов С. Н.* Динамическое моделирование систем управления пучками частиц. Изд-во СПбГУ, СПб, 2004, 368 с.
6. COSY Infinity - Michigan State University [Электронный ресурс]: URL: http://www.bt.pa.msu.edu/index_cosy.htm (дата обращения: 23.12.2015).
7. MATLAB - высокоуровневый язык технических расчетов [Электронный ресурс]: URL: <http://matlab.ru/products/matlab> (дата обращения: 17.10.2015).