

**Отчет о проделанной работе на оборудовании
информационно-вычислительного центра НГУ
Автор: Соседкин Александр Павлович
Темы работы: “Распараллеливание вычислений
программного комплекса для моделирования плазменного
кильватерного ускорения” и “Поиск оптимальных
конфигураций для эксперимента CERN AWAKE”**

Сведения о пользователе

Соседкин Александр Павлович, магистрант второго года обучения НГУ, физический факультет, кафедра ФТИ, группа 09362.

Состав коллетива

Лотов Константин Владимирович (K.V.Lotov@inp.nsk.su, научный руководитель), Соседкин Александр Павлович, Минаков Владимир Алексеевич.

Общее описание работы

Работа велась в двух направлениях: разработка параллельной версии программы LCODE и исследование плазменного кильватерного ускорения с протонными пучками — перспективного способа ускорения заряженных частиц, обещающего ускоряющие градиенты порядка десятков и сотен ГэВ/м за счет способности плазмы выдерживать без разрушения огромные электрические и магнитные поля. Специфика плазменного кильватерного ускорения состоит в том, что основные физические процессы в плазме происходят на очень малых масштабах (десятки-сотни микрон) и очень коротких временах (десятки-сотни фемтосекунд). Непосредственно зарегистрировать эти процессы крайне сложно, поэтому значительную роль в исследованиях играет численное моделирование. Только моделирование позволяет по интегральным характеристикам, таким как энергетический спектр частиц или излучения на выходе из плазмы,

восстановить картину происходящих явлений. Новые явления также сперва предсказываются в моделировании, а уже потом фиксируются экспериментально. Так как задача моделирования данного явления по сути своей является задачей моделирования взаимодействия макроскопического числа частиц, ее ресурсоемкость на современном этапе развития вычислительной техники неприемлемо велика. Исследования в данной области полагаются на программы, ориентированные именно на это явление. Но даже с использованием такого узкоспециализированного программного обеспечения моделирование наиболее востребованных конфигураций ведущих экспериментов занимает сотни часов процессорного времени.

Разработка параллельной версии программы LCODE

За отчетный период мной была разработана параллельная версия одной из таких программ (LCODE)¹, использующая конвейерную схему распараллеливания. Для передачи данных между процессами используется MPI. Производительность параллельной версии была оптимизирована, измерена и проанализирована, на широком круге тестовых задач были получены результаты, идентичные таковым для последовательной версии программы LCODE. Данная работа легла в основу моей магистерской дипломной работы “Распараллеливание вычислений программного комплекса для моделирования плазменного кильватерного ускорения”, прилагающейся к данному отчету. Работа заслужила оценку “отлично”, удостоена дипломов первой степени на МНСК-2015 и конкурсе молодых ученых ИЯФ СО РАН. Применение параллельной версии позволяет сократить ожидание результатов моделирования с недель до часов — результат, тепло принятый коллективом.

¹<http://www.inp.nsk.su/~lotov/lcode>

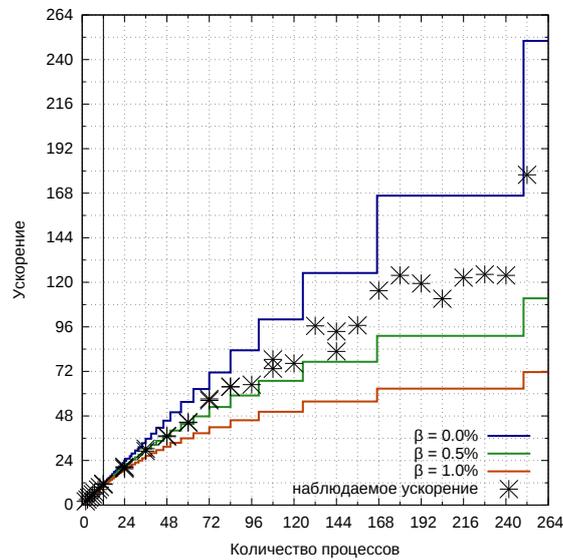


Рис. 1: Зависимость продемонстрированного прироста производительности от количества исполнителей, сплошной линией отображен теоретическом предел с учетом некрратность числа шагов числу исполнителей

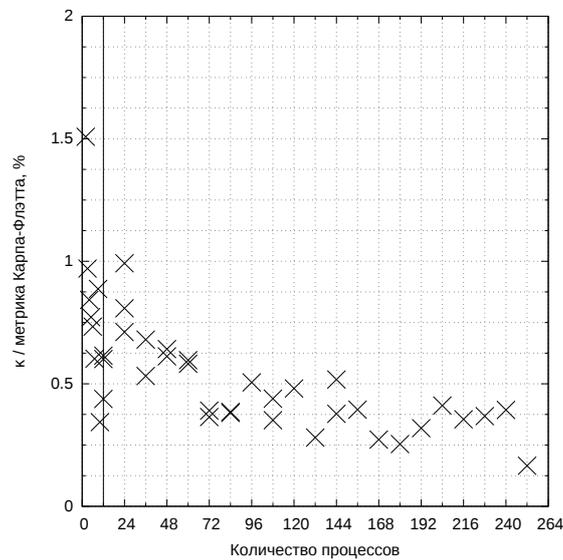


Рис. 2: Зависимость метрики Карпа-Флэтта от количества исполнителей.

Поиск оптимальных конфигураций для эксперимента CERN AWAKE

Также за отчетный период мной было произведено несколько серий моделирования, связанных с оптимизацией условий проведения эксперимента AWAKE¹. По мере "взросления" параллельной версии был осуществлен переход на ее использование. Впервые в мире было произведено полномасштабное моделирование плазменного кильватерного ускорения на расстояниях до 1 км, однако то, что было принято мной за революционный физический эффект на поверку оказалось лишь ошибкой в программе LCODE. Также были обнаружены оптимальные параметры проведения эксперимента для "ступенчатого" продольного профиля плотности плазмы и пониженного эмиттанса продольного пучка, однако революционное для эксперимента AWAKE изменение², приведшее в конечном итоге к отказу от использования клапанов на входе и выходе из плазменной камеры и предложившее использовать линейно нарастающий продольный профиль плотности плазмы, значительным образом обесценило полученные результаты. В настоящий момент ведется исследование новой схемы эксперимента с учетом новых представлений о продольном профиле плотности плазмы и фазовых портретах протонного и электронного пучков, промежуточные обзорные результаты представлены на графиках 3–5.

Публикации

Соседкин Александр. Распараллеливание вычислений программного комплекса для моделирования плазменного кильватерного ускорения. Материалы 53-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2015: Инструментальные методы и техника экспериментальной физики. Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2015.

¹<http://awake.web.cern.ch/>

² <https://indico.cern.ch/event/376747/session/6/contribution/18>

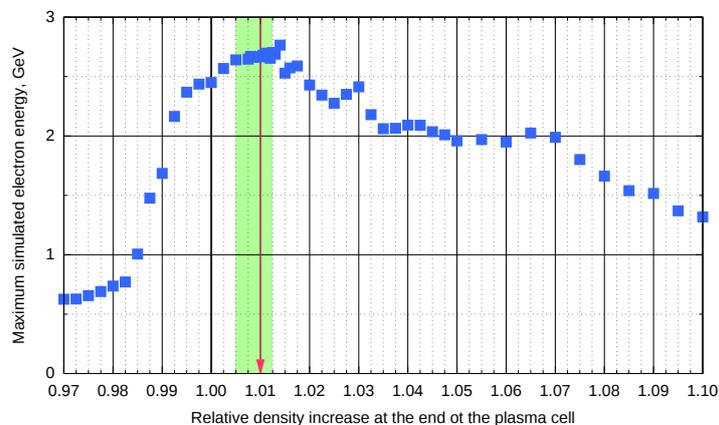


Рис. 3: Иллюстрация, демонстрирующая зависимость максимальной энергии частицы от прироста плотности на протяжении плазменной камеры. Зеленым цветом обозначена зона оптимального значения прироста, красной чертой — предлагаемое значение этого параметра.

Комментарии о работе ИВЦ НГУ

Впечатление от работы сотрудников ИВЦ НГУ строго положительное. Также отдельно хотелось бы отметить высокую полезность материалов, представленных в разделе “Документация” на сайте ИВЦ НГУ¹.

¹<http://www.nusc.ru/wiki/doku.php>

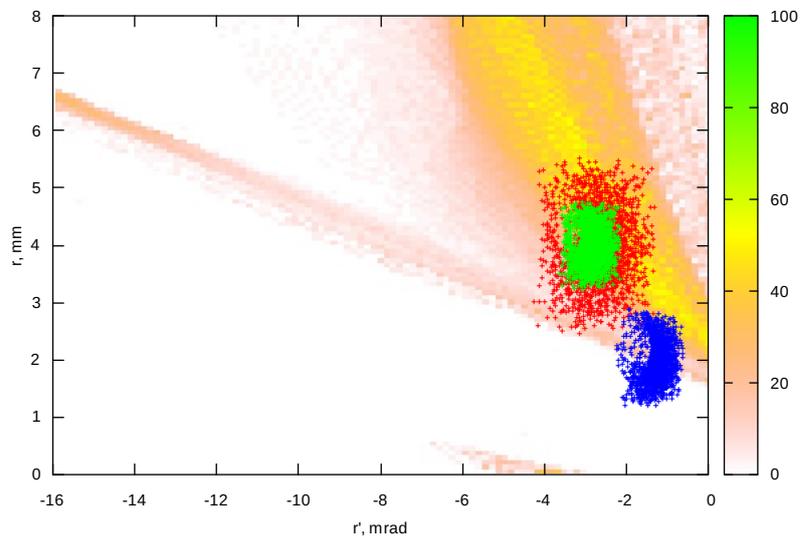


Рис. 4: Иллюстрация, демонстрирующая фазовые портреты различных электронных пучков, нарисованные поверх акцептанса кильватерной волны.

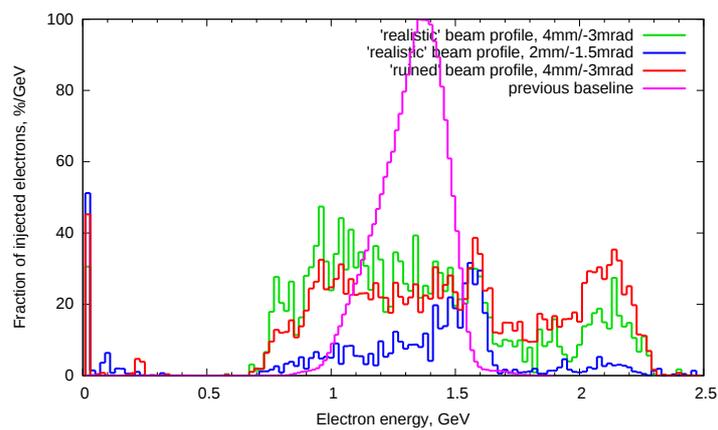


Рис. 5: Иллюстрация, демонстрирующая энергетические спектры пучков с графика 4, используются те же цвета. Фиолетовым цветом отмечен результат для предыдущей базовой конфигурации.