Утверждаю  
  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ руководитель проекта   
д.ф.-м.н. В.А.Вшивков

# Отчет по проекту РНФ № 16-11-10028 А.В.Снытникова за май 2017 года

Аннотация

Статья «Asynchronous particle reordering in GPU implementation of Particle-In-Cell method» подготовлена к отправке отправлена в журнал Future Generation Computer Systems.   
Запущены расчеты для экспериментального определения характеристик масштабируемости и параллельной эффективности программы на нексольких отечественных кластерах. (Какой программы? В каком отчёте её описание?)

Contents

[Отчет по проекту РНФ № 16-11-10028 А.В.Снытникова за апрель (или май?) 2017 года 1](#_Toc481500159)

[Персональный план 2](#_Toc481500160)

[Отправка статьи 2](#_Toc481500161)

[Описание используемой модели 2](#_Toc481500162)

[Проведение расчётов по моделированию взаимодействия электронных пучков с плазмой 4](#_Toc481500163)

[Расчет на грубой сетке, 80×20×20 узлов. 5](#_Toc481500164)

[Расчет на промежуточной (отладочной) сетке, 400×100×20 узлов. 6](#_Toc481500165)

[Оптимизация параллельного алгоритма расчёта взаимодействия электронных пучков с плазмой 8](#_Toc481500166)

[Оптимизация межпроцессорных пересылок и переход к асинхронным пересылкам в случае необходимости 12](#_Toc481500167)

Персональный план работы А.В.Снытникова на май 2017 с соотвествии с планом работ по проекту РНФ № 16-11-10028, согласованный с Руководителем проекта

Реализация нескольких вариантов распределения вычислительной нагрузки между процессорами, основанных на разделении частиц и эйлерово-лагранжевой декомпозиции, Запуск расчетов для определения эффективности распараллеливания и масштабируемости разработанных алгоритмов для вычислительных комплексов современной архитектуры – «Ломоносов» (МГУ), НКС-30Т (ССКЦ СО РАН) и суперкомпьютер НГУ (Новосибирск).

Кроме того, к данному планы были рукописным шрифтом добавлены составление **регистрация** разработанной в 2016 в рамках проекта **программы в ФАП СО РАН** и **отправка одной статьи**.

## Отправка статьи

Статья «Asynchronous particle reordering in GPU implementation of Particle-In-Cell method»,авторы А.В.Снытников и А.А.Романенко. Статья посвящена оптимизации пересылок частиц между ячейками при реализации метода частиц в ячейках на графических ускорителях, подготовлена к отправке в журнал Future Generation Computer Systems (база данных Scopus). Отправка статьи состоится после проведения дополнительных измерений на кластере корпорации Nvidia (это единственное на настоящий момент место, где можно провести эксперименты с наиболее современным графическому ускорителем Pascal). **Текст статьи приложен к отчету.** (значит, статья ещё не отправлена?)

## Регистрация программы в ФАП СО РАН

В Фонде алгоритмов и программ СО РАН была зарегистрирована разработанная в 2016 при частичной поддержке гранта РНФ программа для трехмерного моделирования динамики плазмы методом частиц в ячейках на графических ускорителях, регистрационный номер PR17003 от 17 мая 2017 г. Копия регистрационного свидетельства приводится ниже, и также **приложена к тексту отчета**.



## Подбор оптимальной декомпозиции области

Основная задача текущего месяца формулируется следующим образом: «Реализация нескольких вариантов распределения вычислительной нагрузки между процессорами, основанных на разделении частиц и эйлерово-лагранжевой декомпозиции, Запуск расчетов для определения эффективности распараллеливания и масштабируемости разработанных алгоритмов для вычислительных комплексов современной архитектуры».

На текущий месяц **запланирован только лишь запуск расчетов** в связи с тем, что время ожидания задачи в очереди неопределенно и для крупных суперЭВМ может быть порядка месяца.

Данные расчеты проводятся для разрабатываемой в рамках проекта программы по **моделированию взаимодействия электронного пучка с плазмой и генерации излучения** на суперЭВМ классической архитектуры (выше приведено свидетельство регистрации программы для графических ускорителей, т.е. для суперЭВМ гибридной архитектуры). Описание используемой модели приведено в отчете за апрель 2017.

(Ответов на замечания по отчёту за апрель нет.)

### Краткое описание программы

Краткое описание программы, для которой в текущем разделе описан подбор оптимальной декомпозиции:

* Язык программирования: Фортран 90
* Средства распараллеливания: MPI, OpenMP
* Целевая архитектура: суперЭВМ классической архитектуры на основе, в первую очередь, процессоров Intel Xeon и ускорителей Intel Xeon Phi
* Преимущества по сравнению с программой для графических ускорителей (т.е. почему сейчас разрабатывается именно эта программа):
  1. более развитый вариант крупноблочного распараллеливания (с использованием MPI), что важно с точки зрения проведения больших расчетов
  2. большая простота отладки вычислительного алгоритма, а также проверки физической корректности расчета

Фактически речь идет о подборе оптимального (с точки зрения расчета на сетках размером порядка 1 млрд. узлов и более 10 млрд. модельных частиц с использованием нескольких тысяч процессорных ядер) варианта декомпозиции области и разделения нагрузки по расчету движения модельных частиц и по расчету электромагнитных полей. При этом необходимо комбинировать эйлерову декомпозицию (вариант, когда между процессорами разделяются и ячейки сетки по слоям, и находящиеся в них модельные частицы) и эйлерову декомпозицию (вариант, когда между процессорами разделяются модельные частицы, вне зависимости от положения в пространстве, и добавляется суммирование токов во всей расчетной области по всем процессорам).

Здесь необходимо сделать два важных замечания:

1. Расчеты должны проводится именно на реальных машинах, теоретически предсказать поведение программы на 1000 и более процессов невозможно.
2. Расчеты должны быть проведены на разных суперЭВМ в силу того, что все они имеют различное устройство коммуникационной сети, и таким образом реальные свойства параллельной программы могут быть правильно оценены только в сравнении результатов тестирования на «быстрых» и «медленных» коммуникационных сетях.

Расчеты по подбору оптимального варианта декомпозиции области проводятся на «Ломоносов» (МГУ), НКС-30Т (ССКЦ СО РАН) и суперкомпьютер НГУ, и кроме того, на суперкомпьютере «Политехник» (СПбГТУ). суперкомпьютере «Политехник» располагает наииболее быстрой из отечественных машин коммуникационной сетью и даже большим количеством ядер в основном разделе, и кроме того, его загрузка пока несколько меньше, чем у «Ломоносов».

### Краткое описание текущего состояния используемых суперЭВМ

* Кластер НГУ: временное ограничение на запуск более 128 ядер
* НКС-30Т: теоретически около 500 ядер, реально доступно не более 200
* «Ломоносов»: в основном разделе 4000 ядер
* «Политехник» (СПбГТУ): в основном разделе более 10 тыс. ядер

### Описание запущенных расчетов

Ниже в таблицах использованы следующие обозначения

* NPE – количество процессоров в эйлеровой декомпозиции (количество частей, на которые равномерно делится расчетная сетка)
* NPL – количество процессоров в лагранжевой декомпозиции (количество процессоров, между которыми распределяются частицы в каждой из частей сетки)
* Полное число используемых в расчете процессов равно NPL×NPE
* Знаком «х» помечены комбинации NPE и NPL, для которых запущен расчет

Кластер НГУ. Сетка 100х100х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 2 | 4 | 10 |  |
| 1 | x | х | х | х |  |
| 2 | х | х | х | х |  |
| 4 | х | х | х | х |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 100 | х |  |  |  |  |

НКС-30Т. Сетка 100х100х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 2 | 4 | 10 |  |
| 1 | x | х | х | х |  |
| 2 | х | х | х | х |  |
| 4 | х | х | х | х |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 100 | х | х |  |  |  |

Ломоносов. Сетка 100х100х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 2 | 4 | 10 |  |
| 1 | x | х | х | х |  |
| 2 | х | х | х | х |  |
| 4 | х | х | х | х |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 100 | х | х | х | х |  |

Кластер НГУ. Сетка 500х500х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 5 | 10 | 20 |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 20 | х | х |  |  |  |
| 50 | х |  |  |  |  |
| 100 | х |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

НКС-30Т. Сетка 500х500х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 5 | 10 | 20 |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 20 | х | х | х |  |  |
| 50 | х |  |  |  |  |
| 100 | х |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

«Ломоносов». Сетка 500х500х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 5 | 10 | 20 |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 20 | х | х | х | х |  |
| 50 | х | х | х | х |  |
| 100 | х | х | х | х |  |
|  |  |  |  |  |  |

«Политехник». Сетка 500х500х20, 100 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 5 | 10 | 20 |  |
| 10 | х | х | х | х |  |
| 20 | х | х | х | х |  |
| 50 | х | х | х | х |  |
| 100 | х | х | х | х |  |
|  |  |  |  |  |  |

«Ломоносов». Сетка 500х500х20, 1000 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 5 | 10 | 20 | 50 |
| 10 | х | х | х | х | х |
| 50 | х | х | х | х | х |
| 100 | х | х | х | х |  |
| 200 | х | х | х |  |  |

«Политехник». Сетка 500х500х20, 1000 частиц в ячейке, 50 временных шагов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| NPL\NPE | 1 | 5 | 10 | 20 | 50 |
| 10 | х | х | х | х | х |
| 50 | х | х | х | х | х |
| 100 | х | х | х | х | х |
| 200 | х | х | х | х |  |

### Заключение

В отчете представлен запущенный на суперЭВМ широкий набор тестов, позволяющий делать достоверные прогнозы о том, какой вариант может быть просчитан на суперЭВМ, на какой именно и за какое время.

Несмотря на то, что результаты расчетов частично доступны уже сейчас, все результаты будут приведены в следующем отчете для целостности картины.

(По-прежнему остаётся вопрос: существует ли программа для решения физической задачи по гранту РНФ? Поэтому непонятно, для какой программы проводятся тесты?

Нет ответов на замечания к мартовскому и апрельскому отчёту.)