

**Отзыв**

на автореферат диссертации Кена Войцеха Олеговича «Корреляционная обработка РСДБ – данных в режиме квазиреального времени на графических процессорных устройствах», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия

Радиоинтерферометрия со сверхдлинными базами (РСДБ) широко используется, как для решения проблем астрофизики и звёздной астрономии, так и для решения прикладных задач: определения координат, временных измерений, определения параметров вращения Земли с высокой точностью, что позволяет совершенствовать системы координатно-временного обеспечения объектов различного назначения.

Методы и средства радиоинтерферометрии постоянно совершенствуются в направлении повышения чувствительности, точности измерения, роста объёма обрабатываемой информации в квазиреальном времени. Важное место в решении задач в квазиреальном времени занимает коррелятор, который на основе данных наблюдений вычисляет взаимно-корреляционные спектры, и на их основе различные параметры корреляционного отклика.

Поэтому исследования, направленные на совершенствование корреляционной обработки в квазиреальном времени в условиях возрастающего объёма данных, являются актуальными.

В первой главе автор детализирует задачи коррелятора, обосновывает выбор коррелятора, работающего в частотной области (FX) и удовлетворяющего требованиям обработки со скоростью не ниже скорости регистрации. Требования к коррелятору формируются в соответствии со стандартом VGOS, принятым научным сообществом. Формулируются задачи исследования с учётом выбранных направлений реализации.

Во второй главе выполнен анализ построения программной модели коррелятора. Показано, что целесообразно коррелятор FX типа реализовать на процессорах общего назначения совместно с графическими процессорными устройствами (ГПУ). Разработка программ для ГПУ выполнялась на основе CUDA – программной модели Nvidia. Для всех алгоритмов, кроме быстрого преобразования Фурье (БПФ), разработаны методы оптимизации их реализации на элементах вычислительного комплекса с целью достижения максимальной производительности при наименьших материальных затратах.

Применительно к задаче БПФ выполнено исследование, позволяющее использовать библиотечную функцию CUFFT. Эти результаты были использованы при создании программных блоков Программного коррелятора РАН (RASFX), позволяющего решать: сопровождение по доплеровскому смещению частоты и задержке, БПФ, выделение сигналов фазовой коррекции (СФК) при обработке РСДБ – сеансов.

В третьей главе разрабатываются методы исследования точных характеристик коррелятора. Для этого предлагается использовать: программный генератор псевдослучайных последовательностей с детерминированными свойствами; программную



модель двухэлементного интерферометра с имитацией задержки, отношение сигнал/шум и частоты интерференции, а также аппаратный макет радиоинтерферометра на базе двух приёмных систем радиотелескопа, выполняющих роль аппаратных генераторов шумового сигнала. Исследования показали высокую точность коррелятора. На аппаратном макете высокая точность сохраняется при определённых ограничениях по скорости изменения задержки.

В четвёртой главе выполнено сравнение коррелятора РАН с зарубежным аналогом DIFX при обработке регулярных РСДБ – сеансов. В составе коррелятора РАН внедрены разработанные автором алгоритмы FX обработки. Показано, что во всех режимах обработки Программный коррелятор РАН (RASFX) имеет преимущества по производительности (по скорости и количеству требуемых средств). Результаты по точности хорошо согласуются.

Анализ работы позволяет отметить следующие достоинства:

- работа отличается полнотой материала исследований от обзора состояния проблемы до исследования точностных характеристик;
- все основные положения обоснованы: выбор состава вычислительного комплекса, варианта построения FX, методов исследования точности;
- диссертация имеет ярко выраженную практическую направленность. Результаты были использованы при создании программных блоков Программного коррелятора РАН.

Особо следует отметить работу автора по оптимизации реализации алгоритмов на избранном вычислительном комплексе, что позволило получить результаты по производительности, превосходящей зарубежные аналоги.

Однако работа не лишена недостатков:

- при сравнительном анализе характеристик, оцениваемых СКО, не используются статистические методы определения значимости различий. Обоснование возможности исключить статистический анализ отсутствует;
- автореферат не содержит рисунков, блок-схем, таблиц, что ограничивает восприятие материала.

Приведённые выше недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Содержание автореферата позволяет сделать вывод, что диссертация Кена Войцеха Олеговича «Корреляционная обработка РСДБ – данных в режиме квазиреального времени на графических процессорных устройствах» соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия.

Доктор технических наук, профессор  
Главный специалист



С.Б. Болошин

«12» 04 2021 г.

Подпись Болошина С.Б. заверяю  
Заместитель генерального конструктора



В.Н. Ваняев  
М.П.