

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Белова Юрия Ивановича на диссертационную работу

Зотова Максима Борисовича

Приемная система для компактной антенны передвижной РСДБ-станции
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия»

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Зотова М.Б.. посвящена разработке и конструированию специализированной высокочувствительной радиоастрономической приемной системы для реализации проекта передвижной РСДБ-станции, исследованию проблем, так называемой, «мобильной» РСДБ. Концепция «мобильной» РСДБ является одним из наиболее эффективных способов решения **актуальной задачи** улучшения отечественной навигационной системы ГЛОНАСС — связанной с существенным уточнением опорной системы геоцентрических координат, опирающейся на пункты космической геодезической сети (КГС). Данная концепция подразумевает уточнение координат пунктов КГС относительно опорных пунктов фундаментальных станций РСДБ-комплекса «Квазар-КВО» с помощью передвижной РСДБ-станции. Радиointерферометрический комплекс «Квазар-КВО» состоящий из трех РСДБ-станций («Светлое», «Зеленчукская» и «Бадары»), которые входят в состав Международной РСДБ службы (IVS — International VLBI Service), ведут наблюдения по международным программам и участвуют в процессе уточнения опорных систем координат на небе (ICRF — International Celestial Reference Frame) и на поверхности Земли (ITRF — International Terrestrial Reference Frame), а также в непрерывном мониторинге параметров вращения Земли (ПВЗ).

Анализ содержания диссертации

Диссертация изложена на 146 страницах, включая 65 рисунков и список цитируемой литературы из 73 наименований. Работа состоит из введения, 4-х глав, заключения и приложения.

Во введении изложены актуальность и разработанность темы, цели и задачи исследований, сформулированы научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе диссертации проанализированы основные способы снижения ошибки измерения групповой задержки, как основного параметра радиointерферометра, определяющего качество разрабатываемой диссертантом приемной системы. Приведена оценка возможности использования малых антенн для РСДБ-наблюдений с радиотелескопами комплекса «Квазар-КВО» по программам наблюдений IVS.

Во второй главе приведено обоснование конструктивных решений, использованных при разработке, и изготовлении облучателя и приемной системы, для передвижной РСДБ-станции. Представлены результаты экспериментального исследования основных характеристик блоков системы.

Проведен детальный анализ основных источников потерь в тракте, предложены способы минимизации шумовой температуры, позволяющие создать высокочувствительную приемную систему. Для охлаждения усилителей и разделителя поляризаций использована микрокриогенная система водородного уровня охлаждения, работающая по циклу

Джиффорда-МакМагона, что является уникальным решением для компактных радиотелескопов.

В третьей главе диссертации рассмотрены методики и результаты исследований созданной в работе приемной системы. В частности, приведены результаты измерения шумовой температуры приемной системы без облучателя и волноводного тракта, а также с волноводным трактом. Данные измерения позволили проверить корректность расчета вкладов различных узлов в шумовую температуру системы и правильность выбранных конструктивных решений. В главе также описано исследование нелинейных характеристик (искажений) блока приемного криостатируемого (БПК) и всей приемной системы, необходимое для оценки ее характеристик. Приведены результаты оценки динамического диапазона и устойчивости приемной системы к воздействию помех.

В четвертой главе диссертации представлены результаты комплексного исследования аппаратуры прототипа передвижной станции, заключающегося в измерениях шумовой температуры приемной системы вместе с облучателем на радиотелескопе РТ-4 и исследовании параметров системы радиотелескоп-радиометр в радиометрическом режиме одиночного радиотелескопа. Опираясь на полученные значения эквивалентной плотности потока системы (SEFD), для радиотелескопа РТ-4, были определены минимально различимые потоки излучения радиоисточников и спланированы их наблюдения. Результаты позволяют говорить об успешном применении концепции «мобильных» РСДБ-станций и о возможности их применения в труднодоступных регионах совместно только с одной большой опорной станцией, в частности, комплекса «Квазар-КВО».

В заключении к диссертации сформулированы основные результаты, полученные в ходе её выполнения. Констатируется, что достигнутые параметры разработанной приемной системы близки к предельно достижимым параметрам для передвижной РСДБ-станции.

В приложении приведен список источников, наблюдавшихся в сеансе IVS-R1875 с указанием их потоков в S и X диапазонах частот.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат адекватно и полно отражает содержание диссертации.

Научная новизна работы состоит в том, что в результате выполнения диссертации:

1. Создан инструмент для отработки принципов «мобильного» РСДБ, как наиболее эффективного способа решения актуальной задачи улучшения отечественной навигационной системы ГЛОНАСС, связанной с существенным уточнением опорной системы геоцентрических координат. Приемная система передвижной РСДБ-станции обеспечивает значение $SEFD = 18000$ Ян для компактной антенны РТ-4 — прототипа передвижной РСДБ-станции. Результат выполненной диссертантом работы реализован впервые в отечественной радиоастрономии и соответствует, а в ряде параметров и превосходит, аналогичные характеристики лучших мировых аналогов.

2. Впервые разработана и детально исследована криогенная приемная система на компактном радиотелескопе передвижной РСДБ-станции. В пояснение результата

отметим, что малые размеры антенны передвижной станции накладывают существенные ограничения на ее приемную систему, и, в первую очередь, на допустимый объем и массу аппаратуры, размещаемой на антенне. Подобные ограничения также влияют на выбор типа криогенной системы и микроохладителя (как наиболее массивного элемента). Компактная конструкция антенны передвижной станции не позволяет использовать длиннофокусные облучатели. Диссертанту удалось минимизировать потери непосредственно перед охлаждаемыми входными усилительными каскадами для обеспечения минимально возможных значений шумовой температуры системы.

3. Впервые в Российской Федерации были проведены успешные РСДБ-наблюдения с использованием компактной антенны прототипа передвижной РСДБ-станции, оснащенной, разработанной диссертантом, приемной системой. Полученные результаты убедительно подтверждают реализуемость концепции «мобильного» РСДБ в составе РСДБ-комплекса «Квазар-КВО», что позволит дополнительно расширить возможности комплекса в решении задач астрофизики и космической геодезии за счет лучшего заполнения UV-плоскости.

4. По результатам РСДБ-наблюдений с участием прототипа передвижной станции в составе комплекса «Квазар-КВО» получены трехмерные координаты передвижной станции с ошибкой порядка одного сантиметра.

Обоснованность и достоверность результатов работы подтверждается экспериментальными результатами; апробацией предложенных подходов и методов на международных и всероссийских конференциях. В результатах диссертации отсутствуют противоречия известным положениям фундаментальных и прикладных научных дисциплин: звездной астрономии, теории статистической радиотехники, теории информации, математической статистики.

Практическое использование результатов работы

Неоспоримо. Тезис подтверждается вышеприведенной частью текста отзыва. В доказательство следует также сказать, что успешный опыт эксплуатации приемной системы на антенне РТ-4 в обсерватории «Светлое» показал правильность заложенных при проектировании технических решений. Кроме того, данный опыт помог разработать особый подход к планированию РСДБ-наблюдений, характерный для компактных антенн передвижных РСДБ-станций.

Публикации результатов.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, из них 5 статей в журналах, входящих в перечень ВАК и 2 статьи в изданиях, включенных в международную реферативную базу Scopus.

Замечания к работе

В целом текст диссертации оставляет очень хорошее представление выверенностью формулировок и порядком изложения материала, но отметим некоторые стилистические замечания к тексту.

1) чрезмерная императивность формулировок описания ряда экспериментов, выполненных автором. Для примера можно привести главу 4, в которой содержатся «призывы» на стр. 113: «...необходимо оценить...», «...необходимо определить...». Или

раздел 4.2, на стр. 118: «...необходимо провести...» и «...необходимо выйти...» и другие аналогичные места текста диссертационной работы.

2) нет в списке сокращений диссертации некоторых аббревиатур, например, - НСС (Наземная спутниковая станция).

Заключение

Диссертация «Приемная система для компактной антенны передвижной РСДБ-станции» Зотова Максима Борисовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые, научно обоснованные, технические, технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для астрофизики, астрометрии, небесной механики, космической геодезии, координатно-временного обеспечения технических и специальных систем и полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ.

Диссертационная работа «Приемная система для компактной антенны передвижной РСДБ-станции», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует паспорту специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а её автор, Зотов Максим Борисович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Отзыв составил официальный оппонент, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского радиофизического института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского)

Кандидат физико-математических наук, с.н.с,
Белов Юрий Иванович.

 14.12.2021
(подпись, дата)

Нижний Новгород, 603950, ул. Большая Печерская 25/12а,
тел. сл. +7 8314325764, эл. почта: belov@nirfi.unn.ru

Подпись Белова Юрия Ивановича заверяю:

Ученый Секретарь Совета ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
кандидат социологических наук, Черноморская Лариса Юрьевна


(подпись, дата)

