

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИПА РАН
к.ф.-м.н.

Д.В. Иванов

« 19 » октября 2021 г.

ВЫПИСКА

из протокола заседания Ученого совета

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Института прикладной астрономии Российской академии наук

от 19 октября 2021 г., протокол № 4

Число членов Ученого совета ИПА РАН – 22, присутствовало 15: к.ф.-м.н. Иванов Д.В., д.т.н. Ипатов А.В., к.ф.-м.н. Васильев М.В., д.ф.-м.н. Гаязов И.С., к.ф.-м.н. Ильин Г.Н., д.т.н. Кайдановский М.Н., к.т.н. Маршалов Д.А., д.ф.-м.н. Медведев Ю.Д., д.ф.-м.н. Питьева Е.В., д.ф.-м.н. Рахимов И.А., к.т.н. Сальников А.И., к.ф.-м.н. Стэмповский В.Г., к.ф.-м.н. Суркис И.Ф., д.т.н. Федотов Л.В., к.ф.-м.н. Шуйгина Н.В.

Из них члены диссертационного совета Д 002.067.01: д.т.н. Ипатов А.В., д.ф.-м.н. Гаязов И.С., д.т.н. Кайдановский М.Н., д.ф.-м.н. Медведев Ю.Д., д.ф.-м.н. Питьева Е.В., д.ф.-м.н. Рахимов И.А., д.т.н. Федотов Л.В.

СЛУШАЛИ:

Доклад Векшина Ю. В. «Аппаратно-программный комплекс и методы исследования стабильности приемных систем радиотелескопов комплекса «Квазар-КВО» (представление диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 - «Астрофизика и звездная астрономия»)

РЕШЕНИЕ УЧЕНОГО СОВЕТА:

Рекомендовать к защите диссертацию Векшина Ю. В. «Аппаратно-программный комплекс и методы исследования стабильности приемных систем радиотелескопов комплекса «Квазар-КВО» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 - «Астрофизика и звездная астрономия».

Принять представленное комиссией Ученого совета заключение ИПА РАН по диссертации Векшина Ю.В.

Заключение

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института прикладной астрономии Российской академии наук**

по диссертационной работе Векшина Ю. В.

**«Аппаратно-программный комплекс и методы исследования стабильности
приемных систем радиотелескопов комплекса «Квазар-КВО»
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 01.03.02 - «Астрофизика и звездная астрономия».**

Диссертация посвящена созданию аппаратно-программного комплекса и разработке методик для исследования стабильности приемных систем радиотелескопов комплекса «Квазар-КВО». Аппаратно-программный комплекс и методики позволяют исследовать стабильность выходной мощности, коэффициента передачи и его фазы, групповой задержки приемной системы как в целом, так и её отдельных каскадов. Разработан и реализован метод измерения и компенсации нестабильности коэффициента усиления приемной системы. Представлены результаты исследований стабильности трех типов приемных систем комплекса «Квазар-КВО», определены основные источники нестабильности и пути повышения чувствительности. Разработан метод определения оптимального времени накопления корреляционного отклика радиоинтерферометра, обеспечивающий снижение погрешности определения поправок всемирного времени. Приведены результаты измерений характеристик радиотелескопов РТ-13, впервые полученные с помощью созданного аппаратно-программного комплекса.

Актуальность работы

Наблюдения слабых источников на пределе чувствительности в радиометрии и необходимость высокоточного измерения задержки сигнала при радиоинтерферометрических наблюдениях со сверхдлинной базой (РСДБ) в целях определения параметров вращения Земли предъявляют высокие требования к амплитудной и фазовой стабильности приемной аппаратуры радиотелескопов. Для выявления источников нестабильности актуальной задачей является создание методик и аппаратуры, позволяющих исследовать нестабильность не только приемной системы в целом, но и отдельных её каскадов. Для этого необходимо проводить регистрацию сигнала не только в полосах промежуточных частот, в которой работают выходные штатные системы регистрации комплекса «Квазар-КВО», но и непосредственно в полосах частот входных каскадов приемников, т.е. на сверхвысоких частотах.

Идентификация и устранение источников нестабильности (или уменьшение их влияния) позволят повысить чувствительность радиоастрономической приемной аппаратуры и дадут возможность наблюдать более слабые источники, а также повысить точность определения поправок всемирного времени в РСДБ-наблюдениях.

Наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем

Созданный аппаратно-программный комплекс и разработанные методики позволяют исследовать амплитудную и фазовую стабильность приемных систем радиотелескопов и их отдельных каскадов.

Разработан и реализован метод компенсации нестабильности коэффициента усиления приемной системы, позволяющий повысить чувствительность на интервалах усреднения от 1 секунды.

Разработан метод определения оптимального времени накопления корреляционного отклика радиоинтерферометра, при котором достигается минимальная погрешность измерения групповой задержки, что обеспечивает снижение погрешности определения поправок всемирного времени.

С применением созданного аппаратно-программного комплекса впервые при вводе радиотелескопов РТ-13 обсерваторий «Бадары», «Зеленчукская», «Светлое» в эксплуатацию измерены их характеристики: шумовая температура, эквивалентная плотность потока системы (SEFD), коэффициент использования поверхности антенны, диаграмма направленности при работе с трехдиапазонной и широкополосной приемными системами.

Новизна и достоверность результатов

В диссертации корректно использованы научно обоснованные методы исследований. Основные научные результаты подкреплены аналитически и проверены на практике.

Результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в 18 научных статьях, в том числе 12 статей в изданиях из списка ВАК, 4 статьи, входящие в международную реферативную базу данных Scopus.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на научных семинарах ИПА РАН. Они также апробированы на 7 всероссийских и 6 международных научных конференциях.

Практическая ценность работы

Разработанные методики и аппаратно-программный комплекс позволяют проводить исследования стабильности выходной мощности, коэффициента передачи и его фазы, шумовой температуры, групповой

задержки приемных систем радиотелескопов, как в целом, так и их отдельных каскадов, в том числе непосредственно на радиотелескопе.

Определен вклад нестабильности отдельных блоков приемных систем радиотелескопов комплекса «Квazar-КВО» и показано, что преобладающим источником амплитудной нестабильности на интервалах до 100 с являются криогенные блоки, а нестабильности фазы и задержки – блоки преобразования частоты.

Определены пути повышения чувствительности приемных систем: настройка режимов транзисторов маломощных криогенных усилителей с оптимизацией по чувствительности (учитывающей как шумовую температуру, так и стабильность), стабилизация напряжений на электродах транзисторов усилителей, улучшение термостабилизации блока преобразования частот.

Установлено, что при тестировании работы комплекта аппаратуры радиоинтерферометра в лабораторных условиях (т. н. «нулевая база») неточность установки частоты или нестабильность фаз гетеродинов при наложении спектров зеркальных зон Найквиста аналого-цифрового преобразователя приводят к увеличению среднеквадратичного отклонения групповой задержки корреляционного отклика.

С применением созданного аппаратно-программного комплекса проведены настройка и исследование характеристик приемных систем радиотелескопов РТ-13, что позволило ввести РТ-13 в эксплуатацию.

Применение метода определения оптимального интервала накопления корреляционного отклика радиоинтерферометра позволяет снизить погрешность определения поправок всемирного времени.

Использование созданного аппаратно-программного комплекса повысило чувствительность (приблизило к теоретической) радиотелескопа РТ-13, что позволило точнее проводить фокусировку радиотелескопа, а на радиотелескопе РТ-32 позволило реализовать потенциальное преимущество по чувствительности радиометра полной мощности по сравнению с модуляционным на интервалах усреднения до 10 секунд.

Заключение

Диссертационная работа Ю. В. Векшина является законченным самостоятельным исследованием, которое позволило создать аппаратно-программный комплекс, разработать методики для исследования стабильности приемных систем радиотелескопов и их отдельных каскадов, определить источники нестабильности приемных систем и пути повышения их чувствительности, обеспечить успешное развитие фундаментальных и прикладных радиоастрономических исследований.

Учитывая научное значение работы и ее соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, Федеральное государственное

бюджетное учреждение науки Институт прикладной астрономии Российской академии наук рекомендует к защите диссертацию Ю. В. Векшина «Аппаратно-программный комплекс и методы исследования стабильности приемных систем радиотелескопов комплекса «Квазар-КВО», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 - «Астрофизика и звездная астрономия».

Председатель Учёного совета ИПА РАН,
Директор ИПА РАН,
кандидат физ.-мат. наук



Д. В. Иванов

Секретарь Учёного совета ИПА РАН,
кандидат физ.-мат. наук

М. В. Васильев