

Отзыв комиссии диссертационного совета Д002.023.01 ФИАН

на диссертацию Цыбулёва Петра Григорьевича «Развитие систем регистрации радиоастрономических данных и повышение чувствительности радиотелескопа РАТАН-600», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия).

Работа выполнена в лаборатории радиометров континуума РАТАН-600 Специальной астрофизической обсерватории РАН (САО РАН), пос. Нижний Архыз, Карачаево-Черкесская Республика РФ. Научный руководитель: доктор физико-математических наук, академик РАН Парийский Юрий Николаевич, главный научный сотрудник САО РАН, ответственный ученый РАН по РАТАН-600. Заявленной специальности и отрасли наук тема и содержание диссертации соответствуют. Материалы диссертации достаточно полно изложены в 64 публикациях диссертанта. Основные результаты опубликованы в 15 рецензируемых журналах, входящих в *Перечень ВАК*, и удовлетворяют требованиям к кандидатским и докторским диссертациям, содержащимся в пп. 11 и 13 действующего *Положения о присуждении ученых степеней*. Цитирование соответствует п. 14 *Положения*: форма цитирования своих и заимствованных результатов корректна и позволяет отличить результаты, полученные лично диссертантом, от полученных соавторами или совместно с соавторами.

Диссертация посвящена научно-техническим разработкам приемной радиоастрономической аппаратуры и их внедрениям в штатную круглосуточную эксплуатацию на радиотелескопе РАТАН-600 САО РАН для постоянного использования в плановых наблюдениях с 1995 года. Программно-аппаратные разработки диссертанта (несколько поколений системы регистрации и сбора радиоастрономических данных--- для 30 радиометров в последние годы --- и помехоподавление в дециметровых диапазонах длин волн) в течение 15-20 лет эффективно используются на РАТАН-600 наблюдательными программами по внегалактической и галактической тематике в диапазонах волн от 1 до 30 см.

Новыми разработками соискателя -- впервые в радиоастрономии -- в основном, устранена известная проблема избыточных НЧ-флуктуаций в *радиометре полной мощности*, которые принято относить к так называемому «компоненту аномальных эквивалентных собственных шумов приемника», резко снижающая идеальную теоретическую чувствительность, из-за чего этот радиометр почти не применялся на практике. Схему такого радиометра привычнее отнести к простейшему компенсационному типу (но -- без компенсации продетектированного уровня полной мощности собственных шумов в данном случае). Его идеальная расчетная чувствительность выше, чем для любого другого типа. Однако до сих пор считалось, что реализовать ее невозможно из-за избыточных НЧ-флуктуаций, которые обычно принимаются за изменения усиления – см., например, об этом с. 257 и главы 11-13 в книге: *Есейкина Н.А., Корольков Д.В. и Парийский Ю.Н. Радиотелескопы и радиометры*, Наука, М.: 1973.

Усилиями диссертанта найдены и устранены основные источники избыточных НЧ-флуктуаций выходного уровня (т.е. – источники спектрального НЧ-компонента шума системы, возрастающего в сторону низких частот), и реальная чувствительность *радиометра полной мощности* впервые стала конкурентноспособной, сравнялась или превысила чувствительность широко используемых приемников модуляционного типа на временах накопления сигнала 10-100 с (см. убедительный рис. 1 в автореферате). Выполненное внедрение этих разработок в штатную эксплуатацию высокочувствительного приемного комплекса радиометров на Облучателе №1 РАТАН-600 существенно повысило чувствительность радиотелескопа для исследований в непрерывном спектре см-диапазона длин волн.

Суммируем основные результаты, полученные диссертантом:

1. Разработана аппаратно-программная унифицированная прецизионная сетевая измерительная система регистрации многочастотных радиоастрономических данных. Система встраивается в радиометр, включает в себя СВЧ-детектор на туннельном обращенном диоде, последетекторный блок усилителей постоянного тока с автокомпенсацией

нулевого уровня и аналого-цифровой преобразователь. Отличительная особенность: практически устранен аномальный компонент эквивалентного собственного низкочастотного шума измерительной системы.

2. На основе этой системы выполнена полная модернизация систем сбора данных и управления 30 радиометрами в трех приемных комплексах РАТАН-600 в диапазонах сантиметровых и дециметровых длин волн от 1 до 49 см.
3. С использованием разработанной измерительной системы в совокупности с современными СВЧ-усилителями впервые в радиоастрономической практике устранены основные источники шума вида $1/f$ в радиометре и практически реализован приемник полной мощности с чувствительностью, близкой к предельной теоретической на временах интегрирования до 10 с.
4. Перевод приемников модуляционного типа на радиометры полной мощности существенно повысил чувствительность радиотелескопа на временах накопления сигнала до 100 с.
5. Разработана и реализована программная часть системы активной помехозащиты в приемниках, которая позволила на 10 лет продлить радиоастрономические наблюдения далеких объектов на важные дециметровые диапазоны длин волн.

Все основные результаты являются **новыми**, **внедрены** в штатную работу радиотелескопа РАТАН-600 САО РАН и уже повысили чувствительность телескопа. Их **достоверность** подтверждена лабораторными исследованиями, антенными измерениями с использованием астрономических объектов и круглосуточными штатными измерениями радиоастрономических источников.

Результаты этих разработок успешно **используются** практически всеми программами внегалактических и галактических исследований на РАТАН-600, а также частично использованы и опубликованы в 2013-2014 годах в работах по проекту «РадиоАстрон»: 1) в летных испытаниях космического радиотелескопа (КРТ) в 2011-2012 годах, 2) в работах по текущему мониторингу параметров КРТ и 3) в измерениях спектральной плотности потока переменного излучения внегалактических объектов для их исследований наземно-космическим

радиоинтерферометром с 2011 года. **Перспективно использование** разработки также в будущих космических (внеатмосферных) высокочувствительных радиоастрономических измерениях (в т.ч. измерениях в радиометрических каналах интерферометрических приемников для проекта «Миллиметр» и других областях радиометрических измерений, требующих предельно высокой чувствительности. Работа получила высокую оценку в обсерватории, где выполнена диссертация, и заняла 1-е место на конкурсе научных работ САО РАН. Диссертация суммирует итог 20-летней экспериментальной деятельности соискателя в лаборатории радиометров континуума РАТАН-600 САО РАН.

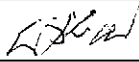
Совокупность полученных результатов можно квалифицировать как научно-техническое достижение в экспериментальной радиоастрономии, а представленную диссертацию --- как удовлетворяющую критериям и требованиям действующего *Положения о присуждении ученых степеней* к кандидатским и докторским диссертациям по техническим наукам по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия). Комиссия рекомендует рассматривать принятую к защите кандидатскую диссертацию с процедурой, соответствующей п. 36 действующего *Положения о присуждении ученых степеней*.

Председатель комиссии: _____

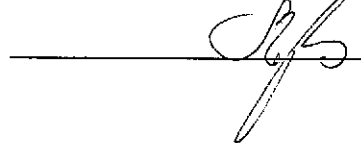


Р.Д. Дагкесаманский

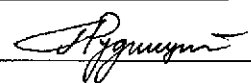
Члены Комиссии: _____



С.В. Каленский



М.Г. Ларионов



Г.М. Рудницкий

Подписи Р.Д. Дагкесаманского, С.В. Каленского, М.Г. Ларионова и Г.М. Рудницкого

заверяю:

Руководитель Астрокосмического центра ФИАН

академик РАН



Н.С. Кардашев