

## ОТЗЫВ

на диссертацию и автореферат 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)

Актуальность темы диссертации видна уже из ее названия. Содержание и построение диссертации отражает логику многолетней работы соискателя в обсерватории. Окончив физический факультет Харьковского университета, он начал работать в лаборатории радиометров РАТАН-600 с наименее продвинутой тогда части, развивая системы регистрации данных с высокочувствительного комплекса приемников непрерывного спектра радиоизлучения, размещенных в кабине Облучателя №1. Это было продолжение работ его предшественников: А.А. Иванова, А.Н. Трофимова, Б.Л. Ерухимова и В.Н. Черненкова.

Программирование систем регистрации и сбора данных подготовило соискателя к программированию новых тогда сигнальных процессоров в разрабатываемых на РАТАН-600 системах активного помехоподавления в диапазоне дециметровых длин волн. Эта работа была очень важна уже в то время для эффективной и полноценной работы радиотелескопа, так как одним из главных преимуществ телескопа перед другими в мире была и остается его способность измерять многочастотные спектры – в широком диапазоне длин волн от 1.4 до 31 см и, что принципиально важно при наблюдениях объектов переменного излучения, – практически мгновенно (за несколько минут, благодаря суточному вращению Земли и сравнительно большой безаберрационной зоне, где располагаются входы приемников).

Сам радиотелескоп расположен у границы станицы Зеленчукская и непрерывно возрастающие помехи высокочувствительной работе телескопа грозили "свести на нет" одно из его главных преимуществ. Использование цифровых сигнальных процессоров оказалось чрезвычайно мощным средством диагностики и "чистки" сигнала от помех в реальном времени. Доверие к результатам повышалось также наличие большого количества подканалов, на которые разбивался забитый помехами диапазон и сравнение исходного широкого канала, испорченного помехами, с интегральным, "собранным" из очищенных от помех поддиапазонов.

Убедившись в выгодах от использования сигнальных процессоров в системах помехоподавления, диссертант вскоре применил эти процессоры и

в разработанных им новых системах регистрации данных. А непрерывная работа с сигналами, поступающими с телескопа на предельной чувствительности, подтолкнула его к изучению причин отличия измеряемой чувствительности от расчетной, и, в итоге, — к обнаружению и устранению основных источников аномального шума вида  $1/f$  в современных приемниках полной мощности.

Дорогого стоит и то, что он не успокоился на достигнутом, а озаботился выяснением вопроса, почему же РАНЬШЕ такой результат ни у кого не получался (см. п. 4.3 диссертации). Вероятно, оставшийся пока неустраненным вклад спектрального компонента аномального эквивалентного шума на частотах меньше 0.1 Гц, в основном, обусловлен шумами новых СВЧ-усилителей, и проявился он благодаря работе соискателя по замене сразу двух (!) прежних приемных элементов: детектора и постдетекторного блока, вошедшего в новую систему регистрации.

В этой связи стоит коснуться ссылки в Отзыве ведущей организации на статью Фальковича и др., 1998 (Отзыв см. на сайте ФИАН: <http://asc-lebedev.ru> в разделе "Диссертационный совет", а статью — по адресу: <http://journal.rian.kharkov.ua/index.php/ra/article/view/1020>). Судя по названию и аннотации, в статье, как будто бы, получен близкий результат по чувствительности компенсационного приемника на 15 лет раньше диссертанта. Однако более внимательное знакомство с текстом приводит к заключению, что статья фактически описывает начальный этап процесса разработки и первые сутки испытаний лабораторного макета с имитатором реального приемника, и ее результаты по степени достоверности не могут рассматриваться как корректная альтернатива внедренным надежным результатам диссертанта (подробнее см. Приложение ниже).

С другой стороны, ссылка высококвалифицированных профессионалов на эту статью в Отзыве уважаемой ведущей организации может означать отсутствие других доступных публикаций на эту тему — более сильных. Как бы то ни было, в любом случае работа диссертанта уже привлекла к себе внимание коллег: как радиоастрономов экспериментаторов, так и радиометристов-разработчиков приемников. При этом в обсуждениях — и личных, и на конференции — некоторые из них высказывались в том духе, что ничего необычного не произошло. Диссертант, мол, "просто заменил плохие" элементы приемника на "хорошие"..

К этому можно добавить: не "просто заменил", а по результатам лабораторных и антенных экспериментов сделал почти ОДНОВРЕМЕННО СЕМЬ принципиально важных изменений, что и привело его в итоге к достигнутому успеху в радиоастрономическом эксперименте. Это: 1) замена СВЧ-усилителей РАТАН-600 на новые (совместно с другими сотрудниками лаборатории), 2) замена детектора, в котором ранее использовался типо-

вой популярный сегодня диод Шоттки, на разработанный им детектор, в котором он использовал СТАРЫЙ (!) тип диода (обращенный туннельный диод), 3) замена НЧ-усилителей на особый тип современных усилителей постоянного тока (с автоматической коррекцией нулевого уровня – в постдетекторном блоке приемника, с помощью разработанного им промышленного образца системы измерений и регистрации принятых данных), 4) замена ТИПА штатных приемников радиотелескопа: модуляционных (штатных в течение 40 предыдущих лет) на приемники полной мощности, 5) расширение прежней типовой методики обработки данных на новую, позволяющую реализовать предельную теоретическую чувствительность телескопа, 6) доказательство положительного эффекта по измерениям тестовых астрономических объектов, 7) внедрение положительных результатов в реальные плановые круглосуточные радиоастрономические наблюдения в обсерватории с 2013 года. Иными словами, диссертант сделал своевременно ту совокупную работу, которую пока по разным причинам не сделали или не опубликовали другие коллеги, хотя, вполне возможно, в разное время делали ее частично..

Большой личный вклад соискателя в многолетнюю работу, важную для получения новых, часто уникальных, астрофизических результатов, выполненную в коллективе лаборатории радиометров РАТАН-600, бесспорен и суммирован в результатах диссертации, выносимых на защиту.

Думаю, что представленные результаты намного превышают требования к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия), и их совокупность вполне может квалифицироваться как научное достижение в области экспериментальной радиоастрофизики. Такие диссертации – редкость и представляются в диссертационный совет, вероятно, не чаще, чем 1 раз лет в 10.. Поэтому оппоненты и диссертационный совет не ошибутся, если оценят эту работу как кандидатскую диссертацию, удовлетворяющую требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Тем самым дав редкую возможность диссертанту защищать ее и как докторскую диссертацию тоже, в соответствии с действующим Положением ВАК, – возможность, которую он заслужил.

Автореферат сжато и корректно отражает основное содержание диссертации.

Ведущий научный сотрудник Астрокосмического центра  
Физического института им. П.Н.Лебедева РАН,  
доктор физико-математических наук

/29 декабря 2014 г./



Ю.А. Ковалев

## Приложение к Отзыву.

К обсуждению статьи: Фалькович И.С., Сидорчук М.А., Гридин А.А., 1998. "Высокочувствительный компенсационный радиометр для радиотелескопа РТ-70", Радиофизика и радиоастрономия, т. 3, №3, с. 294-298.

Из 8 столбцов текста статьи (выполненной по двум грантам INTAS 1994 и 1996 гг.) изложение результатов с оценкой чувствительности радиометра, вместе с рис. 3, занимает меньше половины столбца. Эти результаты получены в лаборатории в течение суток – фактически на макете с входным блоком имитатора приемника (сам приемник штатно установлен на РТ-70). При этом калибровка шумов осуществлялась относительно уровня шумов системы, которые определяются лишь кратко упомянутым в статье "имитатором приемника" – некоторым генератором белого шума с предполагаемой температурой шумов системы, равной 50 К. К тексту есть много существенных вопросов и замечаний. Например: на с. 296 утверждается, что "приращение выходного напряжения выходного [линейного] амплитудного детектора пропорционально мощности полезного сигнала или его шумовой температуре". Тогда как известно, что для линейного детектора оно должно быть пропорционально корню квадратному из мощности или температуры. Наряду с предположениями авторов по имитатору приемника и оценке температуры его шумов в 50 К, относительно которой фактически производилась калибровка результатов, эта ошибка может занимать одно из центральных мест в интерпретации приведенного авторами результата по величине чувствительности рассмотренного ими приемника. Основной Рис. 3, на котором показана "шумовая дорожка со ступенькой", не имеет обозначенных осей и масштаба, а характер шума – явно "не белый", с заметным присутствием постороннего модулирующего компонента (вклад аномального шума?). Учитывая, что система создавалась как приставка к штатным приемникам на антенне РТ-70 в Евпатории (Крым), а дальнейшая информация по антенным и радиоастрономическим измерениям с ее помощью отсутствует, можно заключить, что полученные результаты интерпретировались слишком оптимистически и ожидания авторов статьи в дальнейшем не оправдались.

Ведущий научный сотрудник Астрокосмического центра  
Физического института им П.Н. Лебедева РАН,  
доктор физико-математических наук

Ю.А. Ковалев

Подписи Ю.А. Ковалева заверяю:

Руководитель Астрокосмического центра ФИАН  
академик РАН



И.С. Кардашев