



**Отзыв на автореферат диссертации Цыбулёва П. Г.
на соискание учёной степени кандидата технических наук
«Развитие систем регистрации радиоастрономических данных и повышение
чувствительности радиотелескопа РАТАН-600»**

Тема диссертационной работы Цыбулёва П. Г., направленной на повышение параметров радиометров и улучшение условий наблюдений на уникальном радиоастрономическом комплексе РАТАН-600, актуальна.

В диссертационной работе, как следует из автореферата, были выполнены следующие работы.

- 1) Проведена модернизация измерительной системы радиометра, состоящая в том, что:
 - применены квадратичные детекторы на обращённых туннельных диодах (ОТД) с низким уровнем шума вида $1/f$ (вместо детекторов на диодах Шоттки) и микросхемы усилителей постоянного тока (УПТ) с автоматической стабилизацией нуля;
 - аналого-цифровые преобразователи (АЦП) размещены непосредственно после усилительного канала приёмника (а не на входе управляющего компьютера);
 - введён алгоритм цифрового синхронного детектирования при работе в режиме модуляционного радиометра.
- 2) Проведена «активная помехозащита дециметровых диапазонов РАТАН-600 в период с 1995 по 2010 год» (стр. 4 автореферата). В основу помехозащиты положены два известных и широко применяемых в радиосистемах способа:
 - стробирование по времени откликов квадратичного детектора на сильные короткие импульсы, которые по амплитуде превышают уровень 3-х сигма;
 - разбиение фильтрами рабочего диапазона частот приёмного устройства на более узкополосные параллельные каналы и исключение тех каналов, в которые попадают помехи.
- 3) С учётом указанных модернизаций радиометров усовершенствована система сбора данных с выходов каналов радиометра и вычисления мощности принимаемого сигнала.
- 4) Разработанная аппаратура введена в состав радиометров комплекса РАТАН-600 и используется при наблюдениях.

Широкое использование модернизированных средств при радиометрических наблюдениях радиотелескопом РАТАН-600 свидетельствует о высоком уровне выполненных инженерно-технических разработок и практической значимости диссертационной работы.

Вместе с тем из автореферата видны и недостатки диссертации.

Одним из основных достижений объявлено, что в результате перехода из модуляционного режима в режим без модуляции чувствительность «автоматически возросла вдвое» и соответственно необходимое время накопления уменьшилось в 4 раза (стр. 7 реферата). Такой вывод справедлив только для идеальных радиометров (абсолютно стабильных и без аппаратных потерь). Реальный выигрыш будет существенно меньше из-за влияния нестабильностей усиления в приёмном канале, флуктуаций уровня собственных шумов приёмника и изменений мощности шумов антенны. В диссертации по техническим наукам следовало бы оценить чувствительность радиометра и точность

измерения мощности (шумовой температуры сигнала) с учётом всех видов нестабильностей приёмного канала.

Формулировки раздела «Научная новизна работы» недостаточно точные. В п. 4 заявлено, что «реализована чувствительность идеального радиометра», но это не так, поскольку остались другие (кроме детектора с УПТ) источники шума $1/f$ в радиометре (см. п. 1 данного раздела) и влияют факторы нестабильности усиления и уровня шумов в приёмном канале.

В гл. 1 утверждается, что был разработан «метод частотно-временного помехоподавления» (стр. 11 реферата), хотя никакого нового метода не представлено. Разделение полосы частот на более узкие полосы и селекция по амплитудным выбросам продетектированного сигнала -- это широко известные способы борьбы с помехами (см., например, В. В. Цветнов, В. Н. Дёмин, А. И. Куприянов. Радиоэлектронная борьба: радиомаскировка и помехозащита. //М.: МАИ. 1999). Представляется излишней и введенная здесь околону научная терминология: «анализ (как противоположность синтеза) широкой полосы частот», «банк фильтров», а также «синтез полной полосы», сущность которого не раскрыта (по-видимому это -- просто усреднение данных, полученных в каналах, свободных от помех). Конкретных результатов по динамическому диапазону подавляемых радиопомех (с учётом реальной избирательности фильтров и параметров детектора на ОТД) и по реальным потерям чувствительности радиометра при воздействии радиопомех в реферате не приведено.

На стр. 4 и 5 реферата отмечено, что активная помехозащита позволила продлить наблюдения на радиотелескопе до 2010 г. Как после 2010 г. проводились наблюдения в условиях ухудшающейся помеховой обстановки не показано. По-видимому снизилась эффективность используемой системы помехозащиты в условиях быстрого развития сетей мобильной радиосвязи в диапазоне метровых и дециметровых волн. Новые более эффективные методы защиты от радиопомех в рассматриваемом диапазоне волн (см., например, патент РФ на изобретение №2431852 от 20.10.11, опубл. 2012, бюл. 20; Труды ИПА РАН, 2012. №27, С.168- 177) в диссертации не рассматриваются.

В приложениях даны описания идеальных радиометров и выводы известных формул для них, что представляется совершенно лишним для квалификационной работы. То же относится и к длинной цитате на стр.19-20 реферата. Вместо этого следовало бы шире и конкретнее представить результаты оригинальных разработок соискателя -- достигнутые параметры аппаратуры, реальный выигрыш по чувствительности, точности измерений и помехозащищённости.

Отмеченные недостатки не меняют общую положительную оценку диссертационной работы, в которой на высоком техническом уровне выполнен очень большой объём инженерно-технических и конструкторских работ по модернизации радиометров комплекса РАТАН-600. В результате была решена важная научно-техническая задача развития систем регистрации радиометрических данных и расширения наблюдательных возможностей радиометрического комплекса на радиотелескопе РАТАН-600.

Это даёт основание сделать вывод о соответствии диссертации Цыбулёва П. Г. требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Отзыв на автореферат Цыбулёва П. Г. рассмотрен на Семинаре ИПА РАН и одобрен 10 декабря 2014 г.

Главный научный сотрудник лаборатории преобразования и регистрации сигналов ИПА РАН,
доктор технических наук, профессор

 Н. Е. Кольцов