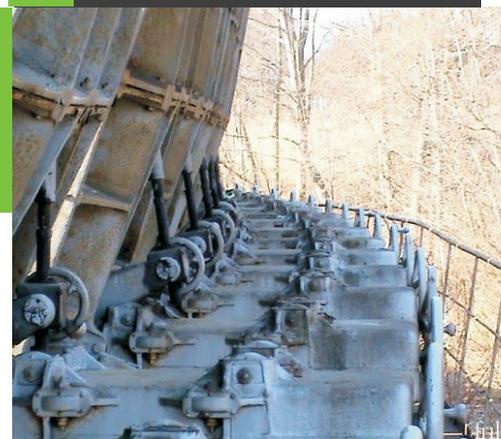




Сервотехника



РАТАН-600



[www.servotechnica.ru](http://www.servotechnica.ru)

Проектные решения

*The Man's reach should exceed this grasp,  
or else what's heaven for?*

*Robert Brouning*

*Устремления Человека не должны ограничиваться  
тем, что он может взять в руки,  
а иначе, зачем же тогда созданы небеса?*

*Роберт Браунинг*



*Посвящается великим советским и российским астрономам, ученым...*



## РАТАН-600 окно в космос - открывается при помощи решений от «Сервотехники»



Карл Янский

В далеком 1932 году, радиоинженер Карл Янский, изучая источник помех радиосвязи, обнаружил шум неизвестного происхождения. В своих публикациях он отмечал, что «...направление прихода шипящих помех меняется постепенно в течение дня, делая полный оборот за 24 часа». В ходе своих дальнейших экспериментов Карл Янский, постепенно пришел к заключению о том, что источником неведомых помех является шум неба – радиоизлучение нашей Галактики. Вот так, в ходе борьбы с помехами радиосвязи родилась новая наука – радиоастрономия.

### “Окно” в небо

Оно лежит в горах Большого Кавказского хребта, в двуречье Большого Зеленчука и Хусы. Огромное, белое и круглое. С высоты птичьего полета оно смотрится как гигантское белое кольцо. От центра кольца радиально расходятся прямые линии – словно лучи солнца. По ним, время от времени, перемещаются модули с металлическими прямоугольными пластинами. Окно «может открывать виды» в дальний космос, с уникальной возможностью исследования различных секторов в космосе под разными углами. РАТАН-600 – крупнейший в мире кольцевой радиотелескоп, с антенной переменного профиля, введенный в строй в 1974 году, занесен в книгу рекордов Гиннеса, как самый крупный наземный радиотелескоп. “РАТАН” – аббревиатура из слов: Радиотелескоп Академии Наук, цифра 600 – общий диаметр его кольцевого зеркала в метрах (точный диаметр 576 метров). Невероятный прибор, размером с трибуну огромного стадиона, находится в высокогорной долине, на высоте почти километр над уровнем моря.



Радиотелескоп РАТАН

Местоположение радиотелескопа выбрано не случайно: обрамляющие долину горы, надежно защищают РАТАН от посторонних помех и нестабильностей атмосферы. Ученые могут изучать радиоизлучения самых отдаленных объектов вселенной, мощность сигнала которых почти в десять тысяч (10 000!) раз меньше фонового излучения космоса.



Поворотные секции

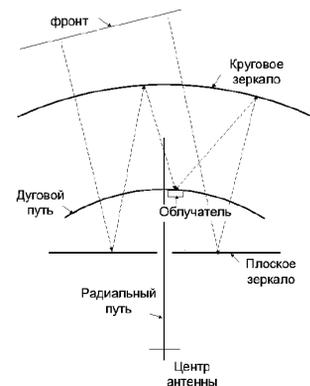
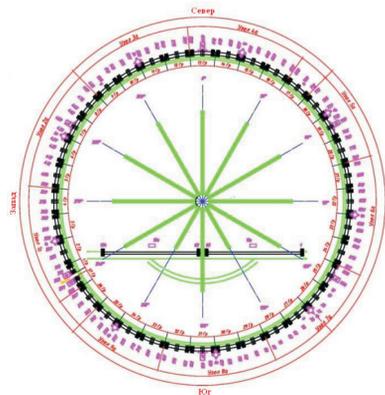
### А зачем, вообще, смотреть на небо?

Человек с древних времен смотрел на небо, изучал его. Люди использовали различные измерительные приборы, которые позволяли определять положение тел на небе, ориентироваться на местности. А четыреста лет тому назад был создан прибор для наблюдения - телескоп. С помощью телескопов люди смогли открыть множество небесных тел, изучить процессы, происходящие в космосе, и, как оказалось, космос сильно влияет на нас и нашу жизнь.

РАТАН-600 - радиотелескоп, предназначен для наблюдения за Солнцем, другими звездами, туманностями, галактиками, кометами и прочими небесными телами.



Радиотелескоп РАТАН, вид из космоса



Непрерывное наблюдение за активностью Солнца позволяет ученым делать прогнозы влияния деятельности светила на здоровье людей.

Кроме проведения фундаментальных исследований на радиотелескопе РАТАН-600 ведутся аппаратурные разработки в области СВЧ-техники, цифровой техники.

Также проводятся исследования по изучению солнечно-земных связей и развитие методов прогнозирования событий на

Солнце; мониторинг и анализ электромагнитных помех в очень широком частотном диапазоне (до 35 ГГц) с целью более эффективного использования радиозэфира, как для фундаментальных, так и прикладных задач.



Управляемые секции радиотелескопа

### Уникальная конструкция российского (советского) радиотелескопа

РАТАН-600 создан на основе разработок основоположника отечественной экспериментальной радиоастрономии - С. Э. Хайкина и советского астронома Н. Л. Кайдановского. Кайдановский - предложил оригинальную конструкцию, когда вместо строительства сплошной круглой антенны, используется кольцо из отражателей (895 шт). Размер одной пластины-отражателя 2x7,4м. Само кольцо – первичный отражатель, оно первым собирает энергию космических радиосигналов. Общая собирающая площадь антенны переменного профиля составляет 13 тыс. кв. м. (полная геометрическая площадь 20 000 кв. м.). Отражающие панели могут поворачиваться в ту или иную область небесной сферы. Собранный ими суммарный радиосигнал фокусируется на матрицу из радиометров, работающих на 40 частотных каналах).

РАТАН-600 дает большие возможности для радиоастрономических исследований.

О сверх-способностях радиотелескопа РАТАН, говорят сами факты: радиотелескоп может регистрировать радиоизлучение самых далеких объектов, родившихся 12-14 миллиардов лет назад, фактически, сразу после того, как вселенная стала прозрачной для изучения.

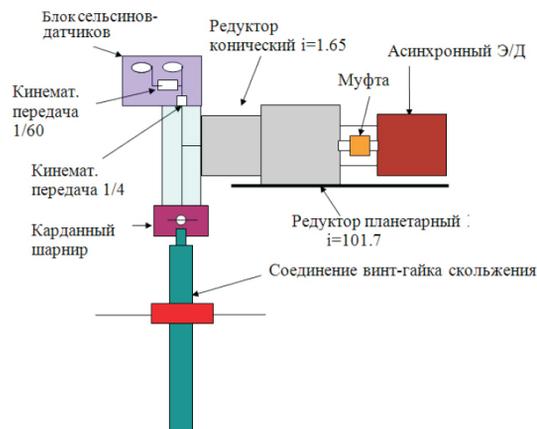
Главными преимуществами и уникальностью данного радиотелескопа являются:

многочастотность, позволяющая получать мгновенные спектры в широком частотном диапазоне (0,6-35 ГГц); высокая разрешающая сила (1,7 секунды дуги) и высокая чувствительность по яркостной температуре, позволяющая проводить исследования протяженных малоконтрастных деталей, таких как флуктуации микроволнового фонового излучения на малых угловых масштабах, недостижимых даже на специализированных для этих целей космических аппаратах и наземных инструментах.



Управляемые секции радиотелескопа





Допускается параллельная работа в 4-х независимых секторах с геометрической площадью до 4000 м<sup>2</sup> каждый.

Радиотелескоп РАТАН-600 обладает не имеющим аналогов в мире большим безабберрационным полем для внедрения идеологии крупных матричных радиометров следующего поколения.

### РАТАН - высокоточный инструмент

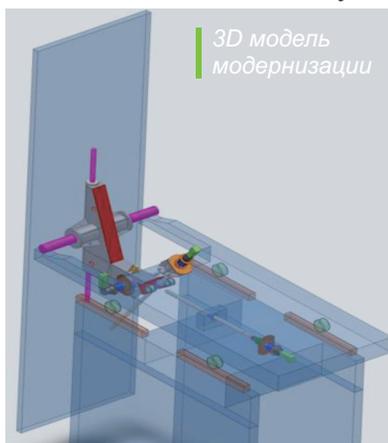
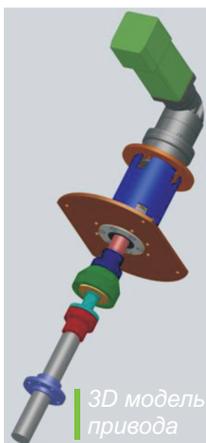
Сверх-телескоп РАТАН, несмотря на свои гигантские размеры, все же, тонкий и точный инструмент в руках исследователей дальнего космоса: процесс работы с телескопом по наведению (настройки) телескопа, требует сверх-точное позиционирование отражающих пластин для точной фокусировки радиоволн из космоса.

Сложный механизм, отвечающий за точное позиционирование отражателей-зеркал называется - кинематическая система управления. Система состоит из множества отдельных управляемых секций, поворот которых, контролируется и настраивается с минимальными погрешностями. Чем точнее позиционирование пластин-отражателей, тем более четкую картину рисует телескоп.

### Задачи, требующие надежных решений

Одной из серьезных проблем эксплуатации подвижных узлов радиотелескопа РАТАН-600 являлся узел соединения винт-гайка (СВГ). Бронзовая гайка достаточно быстро изнашивалась в соприкосновении со стальным винтом. В результате даже частичного (менее 50%) износа резьбы, гайка "срывалась", и щит неуправляемо двигался до упора под действием своего веса, и веса контр-груза. Срок эксплуатации наиболее изнашиваемых угломестных гаек на Северном секторе и Плоском отражателе, как правило, не превышало 10 лет.

Кроме систематического выхода из строя отдельных щитов, и постоянных затрат на изготовление, и замену гаек, проблема имела другую сторону, а именно, по мере износа гаек, люфты кинематических механизмов увеличивались, что приводило к уменьшению





точности установки, и позиционированию отражающих зеркал. Было замечено, что выходящая из стоя гайка, начинает заметно “золотить” винт за три месяца до окончательного выхода из строя, но и до этой стадии, люфт может возрастать по мере износа гайки. С учетом частоты выполнения юстировок секторов, как правило, не чаще одного раза в год, щиты с изношенными гайками, переставали эффективно работать задолго до момента их выявления.

### **Решения от Сервотехники – скорректировали зрение телескопа**

В рамках поисковых работ по модернизации телескопа, был проведен анализ существующей кинематической схемы телескопа, и выявлены источники возможных кинематических ошибок, и люфтов. Основным их источником является элемент конечного звена: соединение винт-гайка, меньший, но так же заметный вклад вносят редукторы сельсинов-датчиков в цепи обратной связи, основные кинематические редукторы, карданный шарнир.

Уменьшение количества оборудования в узлах управления, и перевод управляющих компьютеров на современные операционные системы реального времени, существенно повысило надежность АСУ ПАТАН-600, но скорость, и точность позиционирования щитов, гибкость формирования поверхности главного зеркала телескопа, по прежнему ограничивались существующими кинематическими узлами, и приводами щитов, аналоговыми датчиками, и линиями связи.

Для значительного снижения кинематических ошибок и люфтов была предложена новая кинематическая схема, в основе которой лежит использование современных высокоточных и высоко-эффективных кинематических узлов, предлагаемых компанией «Сервотехника», разработанные в России. В частности, стальные винты с трапецеидальной катаной резьбой длиной до 2 м и быстро-изнашиваемой бронзовой гайкой заменены на прецизионные шарико-винтовые передачи (ШВП); часто выходящие из строя карданные шарниры - заменены на специально разработанные, безлюфтовые шарниры равных угловых скоростей (ШРУСы).



Асинхронный двигатель (550 Вт), заменен на интегрированный шаговый сервопривод СПШ20-34-100 (разработанный компанией «Сервотехника»), со встроенным абсолютным энкодером Kubler (момент удержания 10Нм, номинальная мощность 270 Вт).

Планетарный и конический редукторы, требующие периодического слива конденсата, заменены на высокоточные герметичные гибридные редукторы производства компании АРЕХ, вместо двух-отсчетных аналоговых сельсин-датчиков с собственными редукторами. Применены абсолютные многооборотистые цифровые энкодеры, установленные внутри шагового сервопривода, на его задней оси, вместо аналоговых модулей управления АСУ. Для высокоточного управления кинематической системой телескопа используются современные цифровые контроллеры, поставляемые компанией «Сервотехника», с официальной гарантией от производителя и сервисной поддержкой. Поставки оборудования осуществлялись через компанию, входящую в дилерскую сеть «Сервотехники».

### **Результаты модернизации – надежные решения, подтвержденные на практике**

Результатом работ по модернизации кинематической системы стало многократное снижение средней потребляемой электрической мощности шагового сервопривода на требуемых частотах вращения.

По оценкам технических специалистов, КПД новой кинематической схемы с ШВП, гибридным редуктором АРЕХ и ШРУСом вырос в 2,5-3 раза.

Увеличилась точность позиционирования пластин-отражателей, исключен люфт шарнирного соединения.

Работы по модернизации телескопа производились в режиме плотной работы со специалистами компании «Сервотехника» и ее представительств.



### **О компании «Сервотехника»**

Компания «Сервотехника» является ведущим поставщиком и производителем компонентов для сервоприводов и систем линейного перемещения в России. Опыт компании насчитывает сотни реализованных проектов, в различных областях машиностроения. Компания «Сервотехника» была основана в 1998 году, как поставщик оборудования и компонентов для пищевой и упаковочной отрасли. Двигаясь вперед, компания осваивает и успешно работает с такими отраслями как металлургия, станкостроение и машиностроение, деревообработка и многими другими.

С 2003 года ЗАО «Сервотехника» изготавливает станки по индивидуальным проектам для плазменной и лазерной резки, автоматизации процессов упаковки, экструзии, нанесения покрытий и нестандартные системы по техническим заданиям заказчиков. В настоящее время накопившийся опыт позволяет создавать такое высокотехнологичное оборудование, как фрезерные, 5-ти осевые обрабатывающие станки, с системами ЧПУ, гидрорезательное оборудование..

Компания «Сервотехника», кроме того, разрабатывает и внедряет собственную цифровую систему ЧПУ, для станков разных типов, исполненную на современном конструктиве, отвечающую современным требованиям для производственных предприятий России и стран СНГ.



## Создатели и разработчики радиотелескопа РАТАН-600

Над созданием радиотелескопа РАТАН-600 трудился большой коллектив астрономов, конструкторов, радиофизиков, геодезистов под руководством доктора физико-математических наук Ю Парийского.

Отцами-основателями космического инструмента РАТАН, по справедливости, считаются 2 человека. Один - советский физик - Семен Эммануилович Хайкин, другой - математик - Наум Львович Кайдановский.

Расчеты антенны выполнены Ю. Парийским, Н. Есепкиной, и О. Шиврисом.

Радиоэлектронный комплекс разработан под руководством Д. Королькова,

Методы радиофизической юстировки антенны — А. Стоцкого.

Работы по геодезической юстировке возглавлял Ю. Зверев, проектирование механических конструкций выполнено ПКБ «Гидроэнергостроймеханизации» под руководством А.

Амстисл.



Семен Эммануилович Хайкин

### Семен Эммануилович Хайкин

Руководил разработкой проекта радиотелескопа РАТАН-600.

В 1928 году окончил физико-математический факультет Московского университета.

В 1930—1946 годах работал в Московском университете (с 1935 — профессор, в 1931—1933 — заместитель директора Института физики университета, в 1934—1937 — декан физического факультета, в 1937—1946 — заведующий кафедрой общей физики, глава лаборатории по разработке фазовой радиолокации и радионавигации). В 1945—1953 годах работал в Физическом институте АН СССР (заведующий сектором радиоастрономии в лаборатории колебаний).

В 1948—1949 годах возглавлял созданием первой советской радиоастрономической станции в Крыму. В 1953 году создал в Пулковской обсерватории отдел радиоастрономии, которым заведовал до конца жизни.

Воспитанник научной школы академиков Манделъштама и Папалекси. Внёс большой вклад в формирование теории колебаний и теоретической радиотехники.

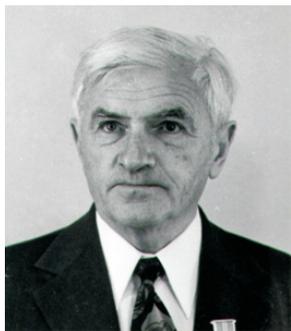
Основоположник отечественной экспериментальной радиоастрономии, первооткрыватель радиоизлучения солнечной короны.

В 1947 году возглавил экспедицию в Бразилию, где в первый раз в мире были проведены наблюдения полного затмения Солнца в радиодиапазоне.

В 1956 году в Пулковской обсерватории по идее и под руководством Хайкина был сооружён радиотелескоп с антенной переменного профиля. С его помощью была обнаружена и изучена сильная круговая поляризация излучения активных областей Солнца, в деталях исследованы «радиопятна», обнаружена и изучена линейная поляризация теплового радиоизлучения Луны в сантиметровом диапазоне, оценена «шероховатость» лунной поверхности, в первый раз исследовано распределение радиояркости по диску Венеры, проведены исследования структуры мощных радиационных поясов Юпитера, выполнены прецизионные измерения координат внегалактических радиоисточников и обнаружено, что больше 40 % ярких источников в сантиметровом диапазоне имеют квазизвездную природу, детально исследовались архитектура и поляризация сложных внегалактических источников. Проводил большую научно-организаторскую и педагогическую работу.



## Создатели и разработчики радиотелескопа РАТАН-600



Наум Львович Кайдановский

### Наум Львович Кайдановский

Научная сфера: радиоастрономия  
Учёная степень: доктор физико-математических наук  
Известен как: Автор работ по теории антенн переменного профиля  
Краткое описание жизни: Окончил мехмат МГУ. Работал в Физическом институте им. П. Н. Лебедева.

Основным направлением работ учёного была радиоастрономия. Участвовал в разработке и создании Большого Пулковского радиотелескопа и 600-метрового радиотелескопа РАТАН-600.

Автор множества работ по радиоастрономии и теории антенн. Кайдановский Н. Л. занимался разработкой аппаратуры для наблюдения Солнца, планет и удаленных космических объектов в радиодиапазоне. На основании его исследований были созданы крупнейшие российские радиотелескопы - Большой Пулковский радиотелескоп и 600-метровый радиотелескоп РАТАН-600. Кайдановский занимался разработкой аппаратуры для наблюдения Солнца, планет и удаленных космических объектов в радиодиапазоне. На основании его исследований были созданы крупнейшие российские радиотелескопы - Большой Пулковский радиотелескоп и 600-метровый радиотелескоп РАТАН-600.

Н. Л. Кайдановский закончил физико-механический факультет Московского университета, ученик школы академика Мандельштама. Работая в МГУ и Физическом институте Академии наук, развил теорию и провел ряд пионерских экспериментов по исследованию релаксационных колебаний механических систем. После возвращения с фронта одним из первых занялся развитием только зарождающейся науки – радиоастрономии. Он добился широкой известности своими работами в области создания аппаратуры для наблюдений Солнца, планет и Галактики в сантиметровом диапазоне.

Создал первый поляризационный радиометр на волну 3 см. Построил ряд радиотелескопов сантиметрового диапазона. Провел цикл работ по исследованию распространения радиоволн в атмосфере методами радиоастрономии.

Библиография: Приборы и техника эксперимента, / Есепкина Н. А., Кайдановский Н. Л., Хайкин С. Э., 1959 Памятные рубежи науки. / Кайдановский Н. Л., 1986 К истории обнаружения реликтового излучения. Историко-астрономические исследования. / Кайдановский Н. Л., Парийский Ю.Н, 1987 Применение цепных калибров при монтаже и контроле рефлекторных антенн большого размера / Н. Л. Кайдановский, 12 с. ил. 21 см, СПб. ИПА 1992 Профессор Семен Эммануилович Хайкин, 1901—1968/ Кайдановский Н. Л., 29 с., СПб. ИПА 1995 К истории радиотелескопа РАТАН-600 / Кайдановский Н. Л., СПб. ИПА 1995.



## Создатели и разработчики радиотелескопа РАТАН-600



Юрий Николаевич Парийский

### Юрий Николаевич Парийский

Советский и российский астроном, академик РАН  
Ответственный ученый по объекту РАТАН-600.

Родился в Москве, в 1955 окончил МГУ, в 1955—1969 работал в Пулковской обсерватории, с 1969 — заместитель директора Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Академик РАН (1992).

Основные труды в области наблюдательной радиоастрономии, физики космических источников радиоизлучения, радиотелескопостроения. Провел высокоточные наблюдения в области космологии, установил высокой степени анизотропию реликтового фона, что привело к пересмотру теорий образования галактик.

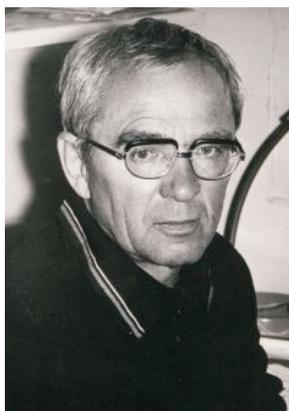
Изучил тонкую структуру Галактики и создал морфологический каталог ее радиоисточников, рассмотрел вопросы эволюции радиоисточников. Детально исследовал антенны переменного профиля, показал возможность объединения отдельных антенн в единую фазоустойчивую систему и возможность синтеза изображения при ограниченном количестве антенн с использованием вращения Земли.

Изучил ограничения разрешающей силы радиотелескопов, определяемые условиями распространения радиоволн в земной атмосфере и космической среде, а также пространственными флуктуациями фона метагалактических источников.

Принял участие в организации строительства крупнейшего в мире рефлекторного радиотелескопа нового типа (РАТАН-600) диаметром 600 м. Один из авторов монографии «Радиотелескопы и радиометры» (1973).



## Создатели и разработчики радиотелескопа РАТАН-600



Дмитрий Викторович Корольков

### Дмитрий Викторович Корольков

Главный конструктор радиотелескопа РАТАН-600,  
Лауреат Государственной премии

Сразу после окончания Ленинградского политехнического института им. М.И. Калинина Д.В. Корольков начал работать в области радиоастрономии в коллективе пулковских радиоастрономов под руководством профессора С.Э. Хайкина.

В 1962 году Дмитрий Викторович защитил кандидатскую диссертацию, а в 1972 г. - диссертацию на соискание степени доктора физико-математических наук. В 1969 г. Д.В. Корольков был назначен главным конструктором по радиоэлектронному оборуоданию строившегося тогда крупнейшего в мире рефлекторного радиотелескопа РАТАН-600.

Талантливый радиоинженер, вдумчивый исследователь, Д.В. Корольков активно и с успехом занимался разработкой интерферометрических методов наблюдения Солнца, стоял у истоков проекта крупнейшего специализированного крестообразного телескопа под Иркутском.

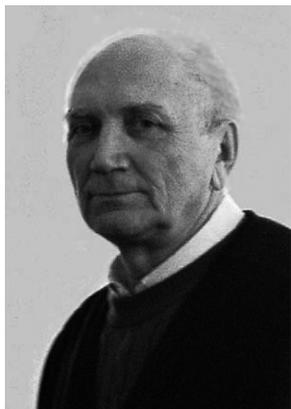
В 1962 году им был создан и внедрен в практику на Большом Пулковском радиотелескопе самый чувствительный по тем временам широкополосный радиометр по схеме прямого усиления с параметрическим усилителем. Уже первые наблюдения в Пулково показали, что высокая чувствительность радиометров не может быть реализована из-за флуктуаций собственного радиоизлучения атмосферы. Двух-лучевой метод борьбы с атмосферными шумами, исследованный им детально, оказался очень эффективным в случае очень больших антенн, когда вся атмосфера находится в ближней зоне радиотелескопа.

В 1977-1980 гг. под его руководством успешно была решена задача практической реализации новой, перспективной схемы радиометра - схемы с добавлением шумов и модуляцией усиления.

Путем "охлаждения" антенной системы РАТАН-600 с помощью простых сеток, экранирующих собственное излучение фундаментов радиотелескопа, удалось до предела снизить ее шумовую температуру и на волне 7,6 см реализовать рекордную по тому времени чувствительность.



## Создатели и разработчики радиотелескопа РАТАН-600



Юрий Кузьмич Зверев

### Юрий Кузьмич Зверев

Старший научный сотрудник Пулковского Филиала САО Юрий Кузьмич Зверев был одним из создателей радиотелескопа РАТАН-600.

Сразу после поступления в отдел радиоастрономии ГАО в 1965 г., после окончания Московского Института Геодезии и Картографии, Юрий Кузьмич стал основным профессионалом – геодезистом Пулковской Радиоастрономии, которому было поручено совершенствование Большого Пулковского Радиотелескопа, крупнейшего рефлектора, точность которого по проекту определялась достижениями геодезии тех лет.

Наиболее существенным вкладом Юрия Кузьмича в отечественную радиоастрономию тех лет была реконструкция БПР и доведение качества его поверхности до 1мм. Это позволило измерить температуру и давление на поверхности Венеры на волне 8мм. Разработанные им методы легли в основу проекта радиотелескопа РАТАН-600.

Юрий Кузьмич принимал самое активное участие в проектировании и в создании РАТАН-600 – от разбивки фундаментов до полной геодезической юстировки Радиотелескопа, которая позволила провести в 1974 г. первые радионаблюдения.

В последующие годы Юрий Кузьмич показал, что качество РАТАН-600 может быть существенно улучшено при изменении формы и качества поверхности всех элементов радиотелескопа. Эта работа была завершена на всех 1024 элементах и достигнута точность 0,2–0,3 мм. Созданная им геодезическая группа продолжает и сегодня работы по повышению качества наблюдений на РАТАН-600. Радиоастрономия САО потеряла профессионала, без которого параметры РАТАН-600 не были бы такими, как их видят многочисленные отечественные и зарубежные пользователи.





Карл Янский

### Карл Янский

(дата рождения: 22 октября 1905, Норман, Оклахома, США )  
Американский физик и радиоинженер, основоположник радиоастрономии.

В 1927 окончил Висконсинский университет, затем преподавал в этом университете.

С 1928 работал инженером в лабораториях телефонной компании Белл.

В 1932 открыл космическое радиоизлучение. Изучая на Холмделском полигоне фирмы «Белл» атмосферные радиопомехи в метровом диапазоне волн (14 м), обнаружил постоянный радишум неизвестного происхождения, источник которого он отождествил в апреле 1933 с Млечным Путем.

В мае 1933 опубликовал в Нью-Йорк Таймс статью, в которой указывал, что «звездный шум» имел наибольшую интенсивность, когда антенна была направлена на центральную часть Млечного Пути.

Работы Янского не нашли отклика ни среди радиоинженеров, ни среди астрономов, и он в 1938 прекратил исследования, связанные с космическим радиоизлучением. Продолжал заниматься изучением радиопомех и распространения радиоволн в земной атмосфере, а также разработкой микроволновой радиоаппаратуры.





©«Сервотехника» ЗАО, 125130, г. Москва, ул. Клары Цеткин, д. 33, к. 35  
Тел.: (495) 797-8866, e-mail: [info@servotechnica.ru](mailto:info@servotechnica.ru), [www.servotechnica.ru](http://www.servotechnica.ru)