

АСТРОМЕТРИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ В НАО

Г.И.Пинигин

Модернизация существующих и создание новых, более совершенных инструментов производилась всегда, поскольку точность определения координат небесных объектов связана с качеством инструментов, на которых они выполняются. В решении этой проблемы НАО имеет большие заделы, в основе которых лежат традиции Пулковской школы астрометрии. Опыт астрометрических работ показывает, что практически на каждом инструменте проводится постоянная работа по их модернизации и улучшению отдельных узлов. Принципиально новые инструменты и методы создаются по инициативе новых научных задач и интересов на основе анализа работы существующей инструментальной базы.

В настоящей статье рассмотрены отдельные крупные работы НАО в астрометрическом приборостроении, поскольку вопросы по усовершенствованию того или иного инструмента и прибора детально освещены в ряде статей сборника.

1. Делительная лаборатория НАО

В начале 70-х годов возникла необходимость реставрации металлических лимбов меридианных и вертикальных кругов, связанная с появлением фотоэлектрических отсчетных систем, которые могли работать при хорошем качестве изображений штрихов. В Николаевской обсерватории для проведения таких работ была организована в 1973 году лаборатория высокоточных угловых измерений и закуплены две уникальные делительные машины ТКФ-1000. Работы по их освоению возглавил инженер А.И.Лобанов. За два года было подготовлено помещение и одна из делительных машин установлена в термостатированном подвальном помещении главного здания обсерватории на специальном фундаменте [2].

Пробные работы по делению лимба были произведены в 1974 году на лимбе переносного вертикального круга Эртеля НАО ($D=240\text{mm}$), которые показали хорошее качество штрихов и высокую точность делений. В этот же период были освоены методы доводки поверхности лимба до необходимой чистоты.

В 1976 году началась уникальная работа по делению двух лимбов меридианного круга Репсольда НАО. Предварительно пришлось переоборудовать делительную машину ТКФ-1000, увеличив допустимый диаметр с 1000 мм до 1220 мм. Причиной этой работы послужило то обстоятельство, что наружный диаметр лимбов МК Репсольда составлял 1219 мм. Деление лимбов было успешно завершено в 1977 году. Их исследования, проведенные в 1978 году показали уменьшение ошибок новых делений, высокую чистоту поверхности серебряной дорожки [2]. Это позволяло надеяться на эффективное применение фотоэлектрических отсчетов, что и подтвердилось после модернизации МК Репсольда.

В 1978-79гг. при новом руководителе лаборатории Н.А.Илькив были выполнены необходимые работы по защите серебрянных лимбов от атмосферных воздействий с помощью специальных лаков. Разработанные ею методики позволили сохранить качество серебрянных дорожек лимбов МК Репсольда в хорошем состоянии в течении 10 лет. Для измерения отражательной способности шлифованных поверхностей в лаборатории был создан специальный фотоэлектрический прибор.

В начале 80-х годов лабораторией были восстановлены лимбы меридианных кругов Одесской обсерватории и обсерватории ГАИШ, произведено исследование качества и точности их делений.

В последние пять лет своего существования лаборатория выполняла работы по подготовке методики деления титановых лимбов. Выбор титана как материала для лимба основывался его хорошими антикоррозионными свойствами. Основные усилия лаборатории были направлены на разработку технологии шлифовки титановых лимбов и изготовление отсчетных микроскопов для них. Результатом этих работ стало изготовление единственного титанового лимба для ГАО Украины.

В 1986 году было принято решение использовать при изготовлении новых меридианных кругов более совершенные стеклянные лимбы АО «Арсенал»(Киев), в результате чего лаборатория прекратила свое существование.

2. Измерение астронегативов

Создание каталогов положений небесных объектов по фотографическим наблюдениям невозможно без автоматизации процесса измерения астрофотографий. Создание автоматического прибора, позволяющего определять точные координаты объектов на фотопластинках с высоким быстродействием стало весьма актуальным в 1970-е годы. Решение этой задачи стало под силу коллективу обсерваторий, в состав которого входила и НАО.

Первые идеи о создании автоматического прибора для фотометрических и координатных измерений астронегативов появились в начале 70-х годов в конструкторской группе АОЭ КГУ, руководимой О.Е.Шорниковым. Первоначально в нее входили - А.В.Сергеев, Р.И.Гумеров и позднее - В.Б.Капков, Н.И.Максудов, Ф.Г.Аюпов. Идея разработки такого прибора была активно поддержана профессором Ш.Т.Хабибуллиным, бывшим тогда проректором по научной работе и заведующим кафедрой астрономии КГУ. Потребность в приборе диктовалась наличием большой стеклянной библиотеки астрофотографий в АОЭ и интенсивными фотографическими наблюдениями как в АОЭ, так и на Зеленчукской станции АОЭ и в экспедициях.

Первый рабочий вариант прибора, названного ИАН (измеритель астронегативов) был построен на базе серийного прибора УИМ-21, который был дооборудован двухкоординатным шаговым приводом каретки с фотопластинкой; точное положение каретки определялось с помощью двух сканирующих фотоэлектрических отсчетных микроскопов, которые отсчитывали штатные шкалы УИМ-21 [°]. На этом приборе О.Е.Шорниковым и А.В.Сергеевым отрабатывались принципы радиально-углового сканирования, лежащие в основе оптико-электронного анализатора изображения поля фотопластинки, которые затем были использованы в последующих, более совершенных вариантах приборов. Уникальные, высокоточные оптические элементы датчиков этой и последующих моделей приборов создавались В.Б.Капковым. Результаты, полученные на ИАН оказались весьма впечатляющими: координатная точность около одного микрона, производительность - более 100 звезд в час.

Полученные данные убедили заинтересованных лиц

(комиссию Астросовета и представителей Казанского оптико-механического завода) в плодотворности и реализуемости идей, заложенных в прибор, в высоком научно-техническом потенциале разработчиков. В результате чего с КОМЗ был заключен договор на разработку и изготовление малой серии приборов ИФО-461 (в последствии «ПАРСЕК»). Заказчиком выступил Астросовет. Работы по ИФО-461 были начаты в Казани, а продолжены и успешно завершены в Николаеве после перехода из АОЭ в Николаевское отделение ГАО (с 1992г.- НАО) О.Е.Шорникова и А.В.Сергеева в 1979 году.

Период с 1979 по 1987 год был наиболее интенсивным и результативным. В 1981 году на 22-й астрометрической конференции (ГАИШ) доложен технический проект прибора ИФО-461, представляющий модификацию известного координатно-измерительного прибора «Аскорекорд» [8, 10]. В ноябре 1982 был построен и испытан опытный образец этого прибора. Подробное описание узлов и программного обеспечения ИФО-461 приведено в ряде статей [11, 7, 13, 1]. На испытаниях действующего макета прибора ИФО-461 получено среднее быстродействие около 400 звезд в час; погрешность измерения координат не более 1 мкм, а диаметров - 0.3 мкм. В 1985 году на 23-й астрометрической конференции (Пулково) изложены особенности алгоритмов и программ обработки с точки зрения обеспечения устойчивости автоматического режима работы прибора ИФО-461 при массовых измерениях астронегативов [12].

В 1988 году завершилось создание Николаевского прибора ПАРСЕК, который на окончательной стадии состоял из трех частей: координатно-измерительной машины, стойки электроники и управляющей ЭВМ «Электроника» К1-10. В приборе осуществлялось два режима работы: визуальный и автоматический. В случае визуального режима поиск объекта производился вручную: оператор совмещал изображение объекта с маркой на экране и давал команду ЭВМ присвоить текущий номер и запомнить предварительные координаты для последующего измерения в автоматическом режиме. Такое состояние прибора позволяло решать ряд астрометрических задач небольшого объема, например, измерение координат больших и малых планет,

измерение параллаксов избранных звезд. Однако, к выполнению объемных каталожных измерений прибор был еще не готов. Следует отметить, что в Николаеве действовал макетный экземпляр прибора, элементная база которого была несовершенной и к 1988 году оказалась уже устаревшей. Низкая надежность основных узлов прибора не позволяла проводить измерения пластинок с большим количеством звезд, необходимым условием для которых является стабильная работа прибора в течение 5-8 часов.

Проблема усовершенствования слабых узлов с точки зрения повышения их надежности и стабильности была решена группой под руководством В.А.Кокая, которая в то время занималась инженерным обслуживанием прибора ПАРСЕК. Перед группой стояла задача автоматического получения предварительных координат звезд, решение которой возможно только при наличии информационной связи управляющей ЭВМ прибора с более мощной обрабатывающей ЭВМ и создания пакета прикладных программ формирования предварительных координат, передачи их в ПАРСЕК, приема результатов измерений из ПАРСЕКа и дальнейшей обработки результатов измерений. Для этой цели в комплекс была включена дополнительная ЭВМ, типа СМ-1300 в качестве обрабатывающей. Информационная связь управляющей и обрабатывающей ЭВМ была осуществлена в 1991 году по каналу связи на расстояние около 150 метров. В процессе создания этой связи были разработаны уникальные контроллеры и драйверы, реализующие протокол обмена информации по интерфейсу RS-232C.

Созданный на СМ-1300 программно-вычислительный комплекс являлся довольно гибким и позволял быстро адаптировать программы для решения конкретных астрометрических задач. Он содержал программы выборки площадок из каталогов PPM и CDC и составления единого списка звезд для измерений, программы получения предварительных координат в системе ПАРСЕКа по вычисленным тангенциальным координатам. Первичная обработка результатов измерений включала в себя программы получения выходного массива, содержащего необходимую каталожную информацию об объектах,

результаты измерений и примечания оператора, а также программы контроля за качеством измерения пластинки. Комплекс программ редукации содержал вывод по измеренным диаметрам системы звездных величин, приведение друг к другу систем измерений I и II экспозиции, определение постоянных пластинки (решение с 9-ю постоянными), анализ невязок и исключение звезд из числа опорных по критерию 3 сигма.

В настоящее время прибор используется для измерения астронегативов хорошего и среднего качества. Скорость измерения изображений существенно зависит от точности предварительных координат: по координатам, полученным из тангенциальных координат, она составляет около 300 звезд в час, по точно измеренным координатам - 500 звезд в час. Точность единичного наведения по тест-объекту лежит в пределах 1.5 мкм по координатам и 1.0 мкм по диаметрам. На реальных пластинках точность приведения измерений в одном положении на приборе к измерениям во втором положении составляет около 2-3 мкм, а ошибка редукационных вычислений по опорной системе не превосходит 4 мкм. В период с 1991 по 1995 год комплекс принимал участие в измерениях таутенбергских пластинок по программе КОНФОР, николаевских пластинок зодиакального каталога по программе ЭКЗОД, а также киевских и абастуманских пластинок по программе ФОН. В настоящее время главной задачей Парсека являются позиционные измерения и обработка изображений звезд на фотопластинках при создании астрографических каталогов. Возможности Парсека обеспечивают измерения положений звезд с точностью 1.5 микрона и скоростью до 500 изображений в час в течение непрерывной работы до 16 часов.

3. Аксиальный меридианный круг (АМК)

В 80-е годы Николаевская обсерватория совместно с Пулковской и Казанской (АОЭ) обсерваториями интенсивно занималась разработкой и созданием новых автоматических телескопов. Была поставлена задача создания меридианных инструментов наиболее рациональной конструкции, реализующих предельную точность наземных телескопов при определении положений звезд. Была проведена большая работа по поиску такой

конструкции. Выбор был остановлен на горизонтальных системах, которые обеспечивали оригинальную конструкцию, свободную от значительных весовых и термических деформаций, высокий уровень автоматизации как процесса определения инструментальных параметров и производства наблюдений, так и подготовки, сбора и обработки полученных данных.

Аксиальный Меридианный Круг является одной из крупных разработок НАО, начатой в 1979г. и успешно завершённой в 1995 году. Этой теме посвящена отдельная статья Г.И.Пинигина и А.В.Шульги в настоящем сборнике.

4. Меридианный автоматический горизонтальный инструмент Сухарева (МАГИС)

К 1987 году в астрометрии СССР сложилась неблагоприятная ситуация с наблюдательным оборудованием. С одной стороны, после многолетних исследований был запущен в действие автоматический ГМК в Пулковской обсерватории. Хотя и в опытном исполнении, но это был первый автоматический меридианный инструмент (МИ) в СССР и вообще, первый действующий МИ горизонтальной конструкции. Успешно шли работы по созданию горизонтальных инструментов в первом вертикале - АМК в Николаевском отделении ГАО, а также Автоматического Телескопа Аксиального Типа (АТАТ), позднее получившего название - Меридианный Аксиальный Круг (МАК) в ГАО АН УССР (Киев). Но за рубежом в то же время уже работали 5 автоматических МИ. Намечалось отставание отечественной астрометрии от зарубежной. Поэтому группа энтузиастов (Гумеров Р.И., Пинигин Г.И., Шорников О.Е. и Сергеев А.В.) еще в ноябре 1985г. подали директору ГАО АН СССР, а в октябре 1986г. в Отделение Общей Физики и Астрономии АН СССР предложения по инструментальному обеспечению астрометрических работ в СССР. Была поставлена задача создания в СССР наземного автоматического меридианного инструмента (АМИ), имеющего наивысшую точность в систематическом и случайном отношениях, которая ограничивалась бы лишь влиянием атмосферы. Была предложена кооперация 4-х астрономических обсерваторий: ГАО, НО ГАО, ГАО АН УССР и АОЭ Казанского Государственного университета,

учитывая опыт их последних разработок (автоматический координатно-измерительный прибор ИФО-461, ГМК, АМК, АТАТ).

В декабре 1986г. на юбилейном заседании, посвященном 50-летию со дня основания Астрономического Совета АН СССР, состоялась встреча ведущих астрометристов по поводу организации такой кооперации: академика АН УССР Я.С.Яцкива, директора АОЭ О.И.Бельковича, заведующего НО ГАО Г.И.Пинигина, зав. отделом фундаментальной астрометрии ГАО АН УССР Д.П.Думы и представителя ООФА АН СССР В.А.Минина. После обсуждения положения с МИ было решено оформить 4-х сторонний договор между обсерваториями с учетом всех предложений и наработок и все это утвердить соответствующим постановлением ООФА АН СССР.

В марте 1987г. на ОНСА пулковским астрономом, член-корреспондентом АН СССР М.С.Зверевым был сделан доклад о кооперативном варианте изготовления малой серии (4 экз.) АМИ. Учитывая ситуацию с отсутствием новых МИ, было принято решение поддержать усилия астрометристов по обновлению наблюдательной инструментальной базы. Достаточно оперативно, уже 8 июня 1987г. вышло Постановление Бюро ООФА АН СССР (протокол №10, #219 «О кооперации по созданию серии автоматических меридианных инструментов»). В этом документе, который стал официальным толчком для всех последующих действий по теме АМИ, были заложены: перечень 4-х обсерваторий, участвующих в кооперации; целевое финансирование этого проекта Академией Наук СССР; создание временной лаборатории по АМИ в ГАО и НО ГАО; рекомендации по концентрации сил обсерваторий-участниц проекта на создание серии АМИ.

В октябре 1987г. в Пулкове было созвано совещание, на котором были рассмотрены научно-технические предложения по АМИ - своего рода открытый конкурс. Присутствовали представители 6-ти астрономических обсерваторий, ЛОМО и ИРЭ АН УССР (Харьков). Были рассмотрены 3 предложения: меридианный круг-рефлектор (Немиро А.А., Стрелецкий Ю.С., Михельсон Н.Н.); меридианный круг-рефлектор аксиального типа (Шорников О.Е.) и проект АМИ на основе ГМК (Пинигин Г.И.). Обычные схемы классической конструкции не рассматривались,

исходя из того, что автоматические МИ должны быть нового, оригинального типа, не отягощенными общеизвестными ошибками. В итоге обсуждения этих проектов большинство участников пришло к заключению, что в качестве основы для создания малой серии АМИ следует принять проект АМИ на основе пулковского ГМК. При этом был учтен тот факт, что ГМК в ходе своей эксплуатации показал хорошие характеристики, удовлетворяющие современным требованиям и, что самое важное, на основе ГМК могли быть выдержаны жесткие требования к реальным срокам создания малой серии. Остальные два проекта при всей своей оригинальности и перспективности не имели достаточного практического обоснования на реализацию в короткие сроки.

Отметим наиболее важные изменения в схеме ГМК, которые были заложены в проект МАГИС. Для обеспечения более высокой стабильности ориентировки телескопа фокусное расстояние главных труб было увеличено до 8000мм. Предусматривались отдельные фундаменты и павильоны: центральный павильон для зеркала и объективных концов труб с раскатной кровлей и два небольших павильона для окулярных микрометров труб. Размеры зеркала и объективов труб не изменились, во избежание влияния весовых деформаций - диаметр зеркала 300мм, объективов 190мм. Планировалось вакуумирование внутренних объемов труб, создание искусственного горизонта в зените, системы сбора метеоданных для исключения влияния аномалий рефракции, а также современных регистрирующих устройств и системы программного управления телескопом [5]. По большинству параметров МАГИС не должен был уступать зарубежным автоматическим МИ, а в отношении систематических ошибок, как и ГМК, иметь существенные преимущества.

В январе 1988г. работы по созданию АМИ вступили в рабочую фазу. Был заключен на 5 лет между 4-мя обсерваториями договор о сотрудничестве по проекту МАГИС (Меридианный Автоматический Горизонтальный Инструмент Сухарева). Это название отражало заслуги пулковского астронома Леонида Алексеевича Сухарева, посвятившего свою жизнь разработке и исследованию горизонтальных меридианных систем (ГМИ, ГМК). Были распределены обязанности и составлен план-график работ.

АН СССР выделила финансовые средства для заключения взаимных долгосрочных хозяйственных договоров. Управление и координация работ стала осуществляться межведомственной рабочей группой из представителей 4-х обсерваторий под руководством зам.директора ГАО АН СССР И.И.Канаева. Научным руководителем проекта МАГИС был назначен Г.И.Пинигин (НО ГАО АН СССР), главным конструктором - Н. А.Шкутова (ГАО АН СССР), руководителем электронно-измерительной части проекта Р.И.Гумеров (АОЭ). Финансирование проекта осуществлялось в 1989-91 гг. целевым образом в рамках Программы Президиума АН СССР «Нестационарные процессы и энергоснабжение космических объектов. Координатно-временное обеспечение страны», тема БАЗИС. Работы выполнялись в основном силами Пулковской, Николаевской и Казанской обсерваторий, а также путем размещения основных заказов на Казанском оптико-механическом заводе (КОМЗ) и Институте сверхтвёрдых материалов (ИСМ) АН УССР (Киев).

За три года интенсивной работы (1988-91 гг.) проект был выполнен в соответствии с планом-графиком, примерно, на 2/3. Развал СССР, последовавший затем экономический спад и значительное уменьшение финансирования обсерваторий не дали, к сожалению, возможности завершить коллективную работу над проектом МАГИС. Состояние проекта в 1992 году оказалось следующим: было выполнено эскизное и техническое проектирование; проведено макетирование и стендовые испытания основных узлов МАГИСа; прошла защита технического проекта; началось изготовление на КОМЗе оптико-механических узлов (трубы, объективы, устройства разгрузки и подъема зеркала, лагеры, закладные детали и пр.), регистрирующих узлов отсчета лимба, привода зеркала, окулярных микрометров для 3-х экземпляров МАГИСа, которые были перевезены впоследствии в Пулково. По существу, проект был остановлен перед последней стадией сборки и приемо-сдаточных испытаний [14, 15].

К сожалению, продлить в то время трехсторонний договор о совместном сотрудничестве ГАО, НАО и АОЭ не удалось, но работы продолжались отдельно в каждой обсерватории. В течение 1993-95 гг. в Пулково совместно с ГОИ продолжались работы по

изготовлению металлокерамического зеркала, начатые еще в ИСМ АН УССР. В НАО были изготовлены и переданы в ГАО узлы МАГИСа - устройство точного времени (Ф.И.Бушуев) и система сбора метеоданных (В.П.Сибилев); подготовлено программно-методическое обеспечение астрометрических работ на МАГИСе (Г.И.Пинигин и Ю.И.Процюк). В это же время в НАО совместно с АОЭ был разработан ПЗС окулярный микрометр, который с 1995г. стал использоваться при наблюдениях на автоматическом АМК . При минимальных изменениях этот микрометр мог быть использован и на МАГИСе. В АОЭ (Р.И.Гумеров, В.Б.Капков, Ф.Г.Аюпов и др.) был разработан и изготовлен опытный экземпляр системы программного управления МАГИСа, а также блоки электроники для регистрирующих устройств. Об их качестве можно судить по тому, что поставленная в 1995г на АМК система отсчета лимба показала хорошие результаты при наблюдениях звезд в 1996-97гг. [3].

К 1995 году стал очевидным успех первого космического проекта Гиппаркос, результатом которого стало создание каталога НС, включающего 120 тысяч звезд до 12-й величины и ожидаемой точностью положений около 1-1.5 миллисекунды дуги. По сравнению с традиционными наземными определениями, в существенно короткие сроки (1989-93гг.) было достигнуто примерно 100-кратное увеличение точности по пяти астрометрическим параметрам (положения, собственные движения и параллакс) значительного количества звезд. С другой стороны, в астрометрии все в большей мере стала применяться опорная система координат (ICRF), опирающаяся на высокоточные (около 0.3 миллисекунды) положения внегалактических радиисточников, полученных методом РСДБ.

Под влиянием этих факторов задачи наземной астрометрии существенно изменились даже на ближайший, Пост-Гиппаркос период [4]. Стала очевидной необходимость в расширении оптической опорной системы (НС) на слабые объекты, уточнении связи оптической и радио (ICRF) опорных систем, в перенаблюдении звезд списка Гиппаркос для улучшения их собственных движений и пр. Активное участие в этих работах принимали автоматические меридианные круги за рубежом. Стало

целесообразным завершить изготовление хотя бы одного экземпляра МАГИСа, чтобы в течение ближайших 15-20 лет участвовать в современных наземных астрометрических программах. Естественно, что первоначальный проект МАГИСа уже необходимо было переработать с учетом изменившихся научных требований, новых технических возможностей, жестких финансовых условий.

На астрометрической конференции «Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики», проходившей в ИПА РАН в 1996г., были доложены некоторые предложения по модернизированному проекту МАГИСа [6]. Существенным в них была замена одной из главных труб ($D=200$, $F=8000$) на зеркальный телескоп ($D=200$, $F=2000$), посредством которого производятся основные наблюдения небесных объектов. Вторая труба играет вспомогательную роль устойчивого коллиматора в горизонтальной схеме, а также может использоваться и для наблюдений отдельных избранных объектов. Применение короткой трубы с полем зрения до одного градуса облегчает использование типовых ПЗС матриц при массовых наблюдениях небесных объектов, а зеркальная оптика уменьшает влияние цветовой рефракции и предоставляет лучшие возможности фотометрирования. Создание и использование остальных составляющих МАГИСа (оптико-механические и регистрирующие узлы, элементы СПУ и пр.) и всего комплекса в целом, при сотрудничестве трех обсерваторий ГАО РАН, НАО и АОЭ представлялось реальным в течение полутора-двух лет.

При условии быстрого завершения МАГИСа весьма эффективным просматривалось его использование в паре с автоматическим АМК. Такой комплекс двух МИ горизонтальной конструкции позволял решать современные задачи наземной астрометрии с максимальной точностью (до $0''.01$) и оперативностью, особенно при использовании информационной сети типа Internet, в режиме удаленного доступа.

Однако, в мае 1997 года руководством ООФА РАН было принято решение о завершении работ на МАГИСе в ГАО РАН по первоначальному проекту.

Это далеко не полное изложение работ в области

астрометрического приборостроения, выполнявшихся в Николаевской обсерватории. Ряд статей о создании конкретных приборов можно встретить в «Известиях Главной астрономической обсерватории в Пулкове», в «Трудах астрометрических конференций», в сборниках «Новая техника в астрономии» и др. Это представит несомненный интерес для будущих исследователей истории Николаевской астрономической обсерватории.

Автор выражает глубокую благодарность Р.И.Гумерову, В.А.Кокае, Г.М.Петрову и А.В.Шульге за предоставленные материалы, советы и замечания, высказанные при подготовке данной статьи.

Литература

1. Аюпов Ф.Р., Сергеев А.В., Сергеева Т.П., Шорников О.Е., 1984, Управление процессом измерений в приборе ИФО-461 посредством микро-ЭВМ. В сб.«Новая техника в астрономии», Ленинград, Наука, с.104-107.

2. Илькив Н.А., 1982, Опыт деления лимбов астрономических инструментов в Николаевском отделении ГАО АН СССР, Известия ГАО, №199, Л., Наука, с 66-70.

3. Ковальчук А.Н., Пинигин Г.И., Процюк Ю.И., Шульга А.В., 1997, ПЗС Аксиальный меридианный круг Николаевской астрономической обсерватории, в сб.«Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики», Л., ИПА РАН, с.91-96.

4. Пинигин Г.И., 1996, Роль автоматических меридианных инструментов в наземной астрометрии на Post-Hipparcos период, в сб.«Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики», Л., ИПА РАН, с.70-77.

5. Пинигин Г.И., 1989, Проблемы построения координатных систем в астрономии. Серия «Проблемы исследования Вселенной», вып.12, Л., с.140-161.

6. Пинигин Г.И., Шульга А.В., Гумеров Р.И., 1996, Автоматический меридианный комплекс для решения задач наземной астрометрии в Post-Hipparcos период, в сб.«Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики», Л., ИПА РАН, с.84-90.

7. Пряничков Н.М., Сергеев А.В., Шорников О.Е., 1984,

Устройство точного позиционирования фотопластинки в приборе ИФО-461. В сб. «Новая техника в астрономии», Ленинград, Наука, с.94-98.

8. Сергеев А.В., Чувина Г.И., Шорников О.Е., 1984, Прибор для автоматического измерения астронегативов ИФО-461. В сб. «Проблемы астрометрии», Изд-во Московского ун-та, с.178-182.

9. Сергеев А.В., Шорников О.Е., 1981, Программно-управляемый измеритель астронегативов. В сб. «Задачи современной астрометрии в создании инерциальной системы координат», Ташкент, изд. «ФАН», с.345-351.

10. Сергеев А.В., Шорников О.Е., 1984, Автоматические приборы для измерения астронегативов. В сб. «Проблемы астрометрии», Изд-во Московского ун-та, с. 173-177.

11. Сергеев А.В., Шорников О.Е., 1984, ИФО-461 - Универсальный программно-управляемый прибор для измерения астрофотографий. В сб. «Новая техника в астрономии», Ленинград, Наука, с.86-94.

12. Сергеев А.В., Сергеева Т.П., 1987, Автоматическая обработка фотографических изображений с применением микро-ЭВМ в приборе ИФО-461. В сб. «Современная астрометрия», Ленинград, ГАО АН СССР, с.238-242.

13. Сергеев А.В., Спиридонов А.В., Шорников О.Е., 1984, Анализатор изображений в приборе ИФО-461. В сб. «Новая техника в астрономии», Ленинград, Наука, с.98-103.

14. Gumerov R.I., Kapkov V.B., Kirian T.R., Liadovoi N.S., Pinigin G.I., Pozhalov A.A., Sibilev V.P., Schumacher A.V., Shkutova N.A., Shornikov O.E., 1990, Inertial Coordinate System on the Sky, J.H. Lieske and V.K. Abalakin (eds), IAU Symp. №141, Kluwer Acad. Publ., pp. 89-90.

15. Kirian T.R., Naumov K.N., Nikiforov V.V., Pinigin G.I., Bushuev F.I., Protzyuk Yu.I., Sibilev V.P., Gumerov R.I., Aupov F.G., 1993, Development in Astrometry and their Impact on Astrophysics and geodynamics, I.I. Mueller and B. Kolaczek (eds), IAU Symp. №156, Kluwer Acad. Publ., pp.117-118.