

**МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ
в справах науки і технологій**

**МИКОЛАЇВСЬКА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ
ЗОРЯНИЙ ШЛЯХ ДОВЖИНОЮ В 175 років**

Відповідальний редактор
доктор фізико-математичних наук
професор Г.І.Пінігін

Миколаїв
1998

УДК 520.1

МИКОЛАЇВСЬКА АСТРОНОМІЧНА ОБСЕРВАТОРІЯ.
ЗОРЯНИЙ ШЛЯХ ДОВЖИНОЮ В 175 років. -1998.-302с.

Книга складається з окремих статей, в яких вперше повно висвітлюється історія створення астрономічної обсерваторії в Миколаєві, її подальший розвиток, основні досягнення науковців обсерваторії в галузі позиційної астрономії і астрометричного приладобудування, а також бібліографічний матеріал стосовно публікацій працівників обсерваторії.

Книга написана українською і російською мовами.

Для всіх шанувальників астрономії і краєзнавства.

Книга містить 4 рисунка, 53 фотографії, 16 таблиць та 393 назви надрукованих праць працівників обсерваторії.

Відповідальний редактор

Редколегія

доктор фіз.-мат. наук
професор Г.І.Пінігін

доктор фіз.-мат. наук

Г.М.Петров

кандидат фіз.-мат. наук

В.М.Пишненко

кандидат фіз.-мат. наук

В.П.Сібільов

науковий працівник

О.О.Шляпніков



Об'єднання Миколаївська астрономічна обсерваторія
Міністерства України в справах науки і технологій, 1998.

**МИНИСТЕРСТВО УКРАИНЫ
по вопросам науки и технологий**

**НИКОЛАЕВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ ДЛИНОЮ В 175 лет**

Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
профессор Г.И.Пинигин

Николаев
1998

УДК 520.1

НИКОЛАЕВСКАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ.
ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ ДЛИНОЮ В 175 лет. -1998.-302с.

Книга состоит из отдельных статей, в которых впервые полно освещается история создания астрономической обсерватории в г. Николаеве, ее последующее развитие, главные достижения в области позиционной астрометрии и астрометрического приборостроения, а также библиография публикаций сотрудников обсерватории.

Книга написана на украинском и русском языках.

Всем почитателям астрономии и краеведения.

Книга содержит 4 рисунка, 53 фотографии, 16 таблиц и 393 названия опубликованных научных работ сотрудников обсерватории.

Ответственный редактор

Редколлегия

доктор физ.-мат. наук
профессор Г.И.Пинигин
доктор физ.-мат. наук
Г.М.Петров
кандидат физ.-мат. наук
В.М.Пышненко
кандидат физ.-мат. наук
В.П.Сибилев
научный сотрудник
А.А.Шляпников



Об Николаевская астрономическая обсерватория
Министерства Украины по вопросам науки и технологий, 1998.

ЗМІСТ

1. Миколаївській астрономічній обсерваторії 175 років (Г.І.Пінігін)	6
2. Сторінки історії (Г.М.Петров)	20
3. Наблюдения на пассажном инструменте Фрейберга- Кондратьева (Л.И.Семенов, Г.М.Петров)	78
4. Наблюдения на вертикальном круге Репсольда (В.П.Сибилев)	94
5. Визначення положень небесних світил на меридіанних інструментах диференційним методом (Г.М.Петров)	122
6. Фотографическая астрометрия в Николаевской астрономической обсерватории (Г.К.Горель, Л.А.Гудкова)	136
7. Служба времени Николаевской астрономической обсерватории (В.Н.Пышненко, Н.С.Калихевич)	142
8. Астрономическое приборостроение в Николаевской астрономической обсерватории (Г.И.Пинигин)	157
9. Исследование рефракции в Николаевской астрономической обсерватории (В.П.Сибилев)	171
10. Служба эталонного времени НАО (Ф.И.Бушуев)	181
11. Автоматический аксиальный меридианный круг (Г.И.Пинигин, А.В.Шульга)	190
12. Наукові експедиції МАО (Г.М.Петров)	202
13. Библиотека Николаевской астрономической обсерватории (А.А.Малярова)	232
14. Список диссертаций, выполненных в Николаевской астрономической обсерватории	240
15. Список научных публикаций, подготовленных в Николаевской астрономической обсерватории	242
16. Фотографии	277

АВТОМАТИЧЕСКИЙ АКСИАЛЬНЫЙ МЕРИДИАННЫЙ КРУГ

Г.И.Пинигин, А.В.Шульга

Первые идеи, связанные с АМК, появились в Пулковке осенью 1978г. во время подготовки Г.И.Пинигиным статьи «К вопросу о меридианном инструменте оптимального типа» [4]. Рассмотрение четырех типов меридианных инструментов (МИ), сравнение таких характеристик оптимальности, как минимум и стабильность систематических ошибок указывало на перспективность МИ горизонтальной конструкции. Более тщательное обсуждение достоинств и недостатков схемы горизонтального меридианного инструмента в первом вертикале (ГМИ-1В), на примере «стеклянного» МК датского астронома Э.Хега [11] привело Г.И.Пинигина в содружестве с О.Е.Шорниковым из астрономической обсерватории имени В.П.Энгельгардта (АОЭ) к идее реализации непрерывного контроля положения телескопа по азимуту и наклонности относительно опорного направления, задаваемого неподвижной мирой в первом вертикале, что было невозможно на действовавших в то время меридианных инструментах [5, 8].

Решение было найдено достаточно простое и заключалось в следующем. В схеме ГМИ-1В горизонтальная труба телескопа расположена в первом вертикале и перед объективом жестко закреплен оптический узел в виде призмы, куба, эккера или зеркала. Отражающая (диагональная) поверхность оптического узла наклонена под углом 45° к визирной оси трубы. Центральное отверстие в оптическом узле служит для пропуска лучей от неподвижной световой марки миры в окулярный микрометр трубы телескопа. При наблюдении звезды в меридиане ее изображение, отраженное от диагональной поверхности оптического узла, поступает в окулярный микрометр телескопа. Туда же передается и изображение марки миры. Измеряя в окулярном микрометре расстояние между изображениями звезды и миры, можно осуществить контроль положения звезды относительно опорного направления. Поскольку измерения относительные, то все изменения положения окулярного микрометра из-за ошибок цапф, весовых и термических деформаций, изменений нульпунктов

окулярного микрометра и пр. не должны влиять на результаты измерений. Можно также контролировать и положение оптического узла относительно миры путем регистрации отраженного от его боковой грани изображения световой марки, для чего мира должна быть снабжена автоколлимационным микрометром.

Впервые о схеме ГМИ-1В, так вначале назывался прообраз АМК, было доложено Г.И.Пинигиным и О.Е.Шорниковым 1-го февраля 1979г. на семинаре астрометрических отделов ГАО АН СССР в Пулковом. Отзывы были самые различные - от деловой критики, до полного отрицания; равнодушных не было. Очень большую поддержку авторам оказали замечания академика А.А.Михайлова, Л.А.Сухарева и др. А полемика с А.А.Немиро привела его позже к разработке собственной схемы ГМИ-1В, к сожалению, так и не реализованной [3]. Однако, в ходе этих дискуссий и споров идея АМК приобретала все более отчетливые формы, которые и были впоследствии осуществлены.

Появление предложений по ГМИ-1В было очень своевременным, поскольку 10-13 апреля 1979г. в ГАО АН УССР (Киев) состоялось заседание секции «Астрометрия» Астросовета АН СССР. Это было первое собрание астрометристов после коренной реорганизации Астрономического Совета АН СССР. Главной задачей секции «Астрономия» ее председатель, академик Я.С.Яцкив, поставил координацию действий по созданию в СССР базы фундаментальных исследований в области астрометрии. Помимо проблемно-тематических групп были сформированы экспертные группы (ЭГ), на которые возлагались задачи по координации работ по модернизации и созданию новых инструментов для астрометрии. В частности, была сформирована ЭГ №2 «Разработка автоматического меридианного инструмента», координатором которой стал О.Е.Шорников. В научно-техническом задании ЭГ №2 на 1979-1980гг были записаны начальные этапы работ по созданию АМК на базе ГАО АН СССР, ее Николаевского отделения, АОЭ КГУ и ГАО АН УССР [1].

В мае 1979г. было составлено Техническое Предложение по проблеме перспективного астрометрического инструмента «Горизонтальный меридианный инструмент в первом вертикале - ГМИ-1В», авторы Г.И.Пинигин и О.Е.Шорников. Была также

подготовлена заявка на изобретение по этому предложению и послана во ВНИИГПЭ (Москва), которая, однако, не была принята, так как был противопоставлен английский технический патент. Тем временем ГМИ-1В широко обсуждался: на расширенном заседании секции «Астрометрия» 12-14 ноября 1979г. в Пулкове; на совместном заседании ЭГ №1 «Автоматизация процессов производства и обработки астрометрических наблюдений», координатор А.А.Немиро и ЭГ №2 21-22 мая 1980г. в Пулкове; наконец, в июне 1981г. на 22-й Астрометрической конференции СССР в Москве [6]. Здесь впервые появилось название Аксиальный Меридианный Круг (АМК), которое носит действующий в настоящее время в НАО телескоп.

По согласованию с руководством ГАО АН СССР (директор К.Н.Тавастшерна) было решено строить опытный экземпляр АМК силами НО ГАО при содействии Пулкова и разместить его на научной площадке Николаевского отделения ГАО, куда с 1979г. переехал работать из АОЭ О.Е.Шорников, а с 1986г. и Г.И.Пинигин из Пулковской обсерватории. За 1980-86гг. был изготовлен первый вариант АМК (Д=180мм, Φ =2500мм) с визуальным микрометром для доказательства принципиальных преимуществ данной схемы над традиционными [7]. Оптический узел представлял прямоугольную призму с катетной гранью 100x200мм. Вместо миры использовался осевой коллиматор (Д=180мм, Φ =2500). Отсчет разделенного круга производился визуальными микроскопами. Инструмент был установлен на массивном фундаменте, в раздвижном павильоне, так что во время наблюдений телескоп был полностью открытым.

Результаты исследования горизонтального гнутия АМК (**b**), выполненные в феврале 1987г., были доложены на международной конференции в Белградской астрономической обсерватории в 1988г.[15]. По 71 измерениям в течение 4-х дней при температуре от -5.2 до +4.8°C было получено среднее значение **b** = -0."22±0."08. Это был достаточно обнадеживающий результат. Дифференциальные наблюдения прямых восхождений звезд FK5 показали точность, приемлемую для визуального метода регистрации. Окончательные результаты, подводящие итоги исследований АМК с визуальной регистрацией, были опубликованы



Фото 1. Павильоны Николаевского АМК

позже в журналах «Кинематика и Физика Небесных Тел» и «Astronomical and Astrophysical Transactions» [9, 12].

В дальнейшем, в 1989-1990гг. АМК дорабатывался до состояния полуавтомата. Был заменен призмный зеркальный узел на диагональное и торцевое зеркала в оправе, построен длиннофокусный автоколлиматор ($D=180\text{мм}$, $\Phi=12500\text{мм}$) с вакуумированным световодом и др.[14]. К сожалению, работы по созданию фотоэлектрического окулярного микрометра ФАТОМ не были доведены до конца из-за переезда О.Е.Шорникова в 1989г. в Казань.

Более интенсивные и энергичные действия начались после создания в 1990 году сектора АМК (руководитель А.В.Шульга), куда были приняты молодые специалисты А.Ковальчук, Ю.Процюк и др.

Работа развернулась по следующим направлениям:

а) завершение создания фотоэлектрических отсчетных устройств, а именно, сканирующего двухкоординатного звездного микрометра, автоматической отсчетной системы (АОС) с пневмоприводом;

б) усовершенствование зеркального узла с точностью фиксации зеркал на уровне случайных подвижек не более $0''.02$ и возможностью юстировки относительно оси вращения с точностью не хуже $5''$;

в) замена лагер телескопа по максимальному подобию с классическими конструкциями;

г) усовершенствование узла крепления объектива опорного коллиматора и микроскопов отсчетной системы с необходимыми возможностями юстировки.

Фотоэлектрический звездный микрометр практически был доведен до состояния отладки в лабораторных условиях, однако, в 1992 году появилась возможность создания микрометра на основе современного прибора с зарядовой связью (ПЗС). Это стало реальным в связи с совместными работами с АОЭ Казанского госуниверситета, которая передала в сектор АМК три первых ПЗС матрицы ФППЗ-13М. Впоследствии, НАО получила еще три. В конце 1992 года было принято решение отказаться от завершения работ по фотоэлектрическому звездному микрометру и начать разработку принципиально нового измерительного устройства на основе нового ПЗС приемника оптического излучения. С начала 1993 года эту работу в НАО проводил инженер-электронщик А.Н. Ковальчук при активной помощи Р.И.Гумерова (АОЭ). В результате этого сотрудничества в конце 1993 года был изготовлен макетный экземпляр микрометра, который позволил наблюдать звезды до 6-ой звездной величины на 6" рефракторе НАО. Этот макет не имел системы охлаждения матрицы. Переломным годом в создании звездного ПЗС микрометра стал 1994 год - было завершено создание электроники микрометра и программного обеспечения по ее управлению. После длительных экспериментов с азотным холодильником, завершившихся неудачей, было принято решение об изготовлении холодильника на основе электрических термоэлементов (ТЕМО). Опытный экземпляр которого был изготовлен в мастерских НАО. Это позволило наблюдать объекты до 12-ой звездной величины, а также реализовать необходимые режимы наблюдения как подвижных, так и неподвижных объектов при меридианном методе наблюдений с необходимым уровнем точности.

В 1994 году были начаты пробные наблюдения звезд на АМК с использованием ПЗС микрометра. О результатах работ на этом этапе было впервые доложено на 21-м съезде МАС (Гаага) [13], а также на 3 съезде Украинской астрономической ассоциации в мае 1995г. (Киев), что вызвало большой интерес. Эти наблюдения показали необходимость дальнейших работ по охлаждению матрицы, которые были выполнены совместно с АО «САТЕЛ» (г. Глухов). Конструкторская группа АО «САТЕЛ», возглавляемая Н.И.Дученко изготовила вакуумный холодильник ПЗС-матрицы на базе 4-х каскадной батареи ТЕМО, который обеспечил перепад температур в 80 градусов относительно окружающего воздуха, что позволило подавить тепловые шумы матрицы. В таком состоянии было решено использовать звездный микрометр в регулярных наблюдениях на АМК с конца 1995 года.

Макетный экземпляр ПЗС-микрометра после небольших доделок был установлен также и на автоколлимационном узле осевого вакуумного коллиматора.

АОС с пневмоприводом имела иную судьбу. При ее наладке выявились существенные конструктивные недоработки пневмопривода. Эти недоработки не позволили довести разработку до режима эксплуатации и, в конечном счете, после попытки переделки пневмопривода на гидропривод пришлось отказаться от дальнейшего ее использования. В 1994 году на АМК была установлена сканирующая АОС, спроектированная ранее для МАГИСа. Комплект электроники АОС был получен из АОЭ, а оптико-механические узлы из ГАО РАН. Запуск электроники АОС был осуществлен сотрудниками сектора АМК М.В.Сибилевым и А.Н.Ковальчуком под руководством Р.И. Гумерова (АОЭ). Оптико-механические узлы доработаны и установлены на АМК научными сотрудниками А.Э.Мажаевым и А.Г.Петровым при участии работников мехмастерской НАО.

Отдельно нужно упомянуть о работах по созданию зеркального узла. В своем развитии узел имел три модификации. Первая - это стеклянная призма с механической фиксацией, не заполняющая всей апертуры объектива телескопа; стеклянные диагональное и торцевое зеркала в оправе с юстируемым торцевым зеркалом, ситалловая 45-градусная призма с механической

фиксацией в оправе на юстируемой планшайбе. Первый вариант давал хорошее по качеству изображение звезд, но из-за того, что проекция призмы на объектив была прямоугольной, звезды имели четыре луча, исходящие от дифракционного изображения. Во втором варианте при механическом креплении двух зеркал и при склейке титанового усеченного под углом в 45° цилиндра и стеклянной плоскопараллельной пластины (диагонального зеркала) не удалось добиться хорошего качества поверхности, и звезды выглядели как вытянутые диффузные комообразные объекты. Только в третьем варианте, где призма была выполнена в виде усеченного шестигранника и фиксировалась в специальной оправе, стало возможным закрепить призму на уровне случайных подвижек, меньших $0''.02$ и при этом иметь достаточный диапазон юстировок призмы и лимба относительно оси вращения телескопа. В этих работах принимали участие практически все сотрудники сектора АМК, а также сотрудники мехмастерской В.Г.Бессараб и А.И.Волощук.

После первых визуальных наблюдений в 1987-1990гг. выявился ряд существенных недостатков в системе лагер и разгрузки трубы телескопа, выразившихся в больших (более $50''$) температурных смещениях трубы телескопа по азимуту и наклонности, что приводило к исчезновению изображения автоколлимационной метки от торцевого зеркала узла диагональной призмы из поля зрения измерительного микрометра в течении одного вечера наблюдений. После долгих попыток устранить этот недостаток в имеющейся на то время конструкции мы все-таки вынуждены были осуществить реконструкцию оголовка столба телескопа. Как и на классических меридианных кругах, были установлены компактные конструкции лагер на мощные закладные детали. Все это вместе с «плавающей» системой разгрузки, опробованной на Большом пассажном инструменте (БПИ) в 1988 году в Кисловодске, позволило, в конечном счете, удерживать изменения азимута и наклонности трубы телескопа в пределах $50''$ за вечер наблюдения и иметь возможность их плавной регулировки.

Немаловажным оказался вопрос, связанный с реализацией узла закрепления объектива осевого коллиматора и барабана микроскопов отсчетной системы. Трудность заключалась в

обеспечении двух юстировок в одной конструкции: объектива относительно оси вращения телескопа и микроскопов АОС относительно центра делений лимба. При этом оставалась необходимость вакуумизации двенадцатиметровой трубы осевого коллиматора. После долгих попыток совместить это в одной конструкции был реализован вариант отдельного закрепления на трехточечных закладных объектива, барабана и вакуумной трубы. Такая конструкция позволила обеспечить необходимый уровень юстировок и стабильность фиксации всех составляющих.

Следует отметить, что все эти работы проходили в тяжелейших условиях распада СССР и начального периода становления Украины в качестве отдельного, независимого государства. Бюджетное финансирование НАО, как и всех научных организаций Украины, было незначительным и нерегулярным, что привело к увольнению из обсерватории некоторых сотрудников сектора. После чего многие работы выполнялись исключительно на энтузиазме астрономов, работающих в секторе. А именно, все работы на АМК, включая бетонирование верхней части столбов, выполняли сотрудники сектора - Ковальчук А.Н., Мажаев А.Э., Махов В.А., Нагорняк Н.С., Петров А.Г., Процюк Ю.И., Сибилев М.В., Симоненко С.Ф., Федоров П.Н., Шульга А.В., Бондарчук Л.Е. Нужно отметить, что при крайней ограниченности научного финансирования, руководство обсерватории все же находило возможности поддержки, в частности, покупки требуемого оборудования и техники для АМК. Необходимое понимание в этом вопросе мы получали и от Госкомитета по науке и технической политике Украины (в настоящее время - Министерство по вопросам науки и технологий), которое путем целевого финансирования поддерживало строительство АМК. Весьма своевременным было и получение в 1994-96гг гранта от международного научного фонда (ISF) Сороса, который был предоставлен группе сотрудников АМК, руководимой Г.И.Пинигиным.

Поскольку детальные данные по последнему варианту действующего АМК опубликованы [^{2, 10}], ограничимся здесь лишь кратким описанием его основных узлов и полученных в ходе испытаний и наблюдений характеристик. Существующая схема АМК включает горизонтальный телескоп ($D=180\text{мм}$, $F=2480\text{мм}$)

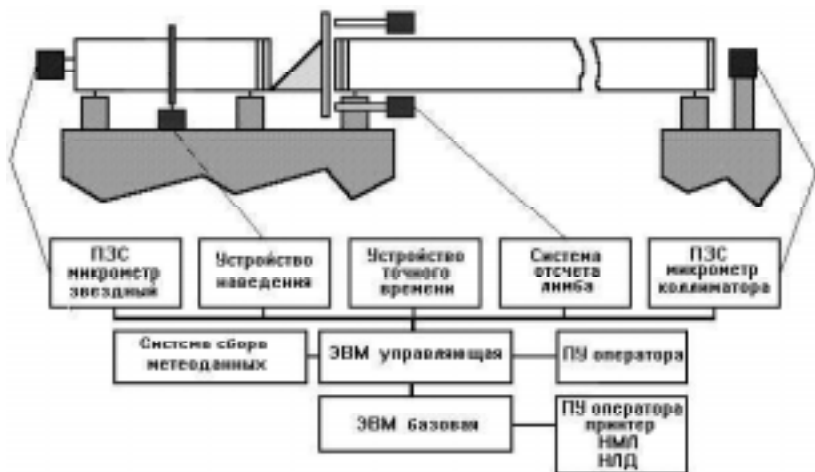


Рис. 1. Принципиальная схема Николаевского АМК с программным управлением

в первом вертикале и неподвижный вакуумный коллиматор ($D=180\text{мм}$, $F=12360\text{мм}$), (см. рис.1). С объективом телескопа жестко связан ситалловый цилиндр, усеченный под 45° таким образом, чтобы его диагональная плоскость отражала световое излучение звезд в объектив телескопа и далее в окулярный микрометр для регистрации прохождений изображений звезд через плоскость меридиана. Через центральное отверстие цилиндра, диаметром 70 мм можно наблюдать и регистрировать окулярным микрометром положение марки неподвижного вакуумного коллиматора. Оправа цилиндра выполнена в виде опорной рамы так, чтобы обеспечить стабильность его геометрических параметров и неизменность его положения относительно телескопа при различных установках по зенитному расстоянию и изменениях температуры.

На телескопе установлен окулярный микрометр с ПЗС матрицей ФППЗ-13М, 288×256 , размер пикселя 24×32 мкм. Матрица установлена в вакуумной камере, охлаждаемой до -60° посредством термоэлектрических Пелтье элементов. Испытания ПЗС микрометра показали точность позиционных определений небесных объектов на матрице $0.''04$ до 12-й и $0.''12$ до 14-й звездной величины. Система отсчета разделенного круга ($D=412\text{мм}$, стекло

К8, 5' деления) включает 4 фотоэлектрических микроскопа и обеспечивает точность 0."02. Установка трубы телескопа на заданное зенитное расстояние производится шаговым двигателем с точностью 10".

В систему программного управления АМК входят также служба времени, система сбора метеоданных и ПЗС автоколлимационный микрометр вакуумного коллиматора. Программные и методические средства для АМК реализованы на языке Паскаль в виде многооконной интегрированной среды наблюдателя, которая предусматривает определение параметров телескопа и тестирование его узлов; выполнение наблюдений при различных режимах работы СПУ; обработку, отображение и хранение данных наблюдений. СПУ включает управляющую и базовую ЭВМ, работающих в локальной сети с последующим выходом в Internet.

По результатам проведенных инструментальных исследований и пробных наблюдений получены основные данные, характеризующие качество инструмента, его возможности: средняя квадратичная ошибка отсчета круга и окулярного микрометра (по коллимационной марке) не более 0."02, предельная регистрируемая звездная величина - 15^m. Уже первые исследования АМК показали, что горизонтальное гнутие незначительно и составляет 0."037 ± 0."042, коллимация стабильна со временем и с температурой и ее изменения могут быть описаны выражением $C = C_0 + a \cdot t$, где $C_0 = 12."$ 705, $a = 0."$ 026 ± 0."008, t [°C] [°]. Оцененная в процессе первых наблюдений система инструмента оказалась не более 0."05 по склонению и 0."09 по прямому восхождению [2]. Последующие оценки систематических ошибок АМК, выполненные по опорным звездам из высокоточного каталога Гиппаркос позволяют ожидать существенно меньшего уровня, 0."02 - 0."03.

С января 1996 года на АМК были начаты регулярные наблюдения звезд 12-14 величин, распределенных вокруг 250 внегалактических радиоисточников, для создания промежуточной системы координат и последующего использования ее для связи оптической и радио систем координат. Будущий каталог должен быть дифференциальным в системе каталога Гиппаркос и включать

около 20 тысяч звезд из GSC каталога 12-14 величин в зоне склонений -20° - $+70^{\circ}$ градусов. Возможно также привлечение дополнительных звезд из каталога Тихо. С учетом наличия в Николаеве ежегодно около 120 наблюдательных ночей и, исходя из возможностей АМК с программным управлением, можно рассчитывать на получение после трех лет наблюдений окончательной точности положений опорных звезд вокруг радиоисточников, порядка $0''.02$.

Литература

1. Информационный Бюллетень секции «Астрометрия» Астросовета АН СССР, вып.1, Киев, 1979, с.1-70.

2. Ковальчук А.Н., Пинигин Г.И., Процюк Ю.И., Шульга А.В., 1996, в сб. «Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики», Труды конференции 23-27 сент. 1996г., СПб. ИТА РАН, с.91-96.

3. Немиро А.А., 1985, Известия ГАО №201, с.13-21.

4. Пинигин Г.И., 1979, Развитие методов астрономических исследований, №8, М-Л, с.172-187.

5. Пинигин Г.И., Шорников О.Е., 1983, Астрометрия и Астрофизика, вып.49, с.75-82.

6. Пинигин Г.И. и Шорников О.Е., 1984, в сб. «Проблемы астрометрии (22-я астрометрическая конференция СССР, 1-5 июня 1981)», МГУ, с.206-208.

7. Пинигин Г.И., Сергеев А.В. и Шорников О.Е., 1987.-Сб. «Современная астрометрия (по материалам 23-й Всесоюзной астрометрической конференции)», Л. с.243-247.

8. Пинигин Г.И., 1989, Проблемы построения координатных систем в астрономии, Л., с. 140-161.

9. Пинигин Г.И., Шульга А.В., Федоров П.Н., Петров А.Г. и Мажаев А.Э., 1994, Кинематика и Физика Небесных Тел, т.10, №1, с.54-57.

10. Процюк Ю.И., Ковальчук А.Н., Шульга А.В., 1996, в сб. «Современные проблемы и методы астрометрии и геодинамики», Труды конф. 23-27 сент. 1996г., СПб. ИПА РАН, с.97-101.

11. Hog E., 1970, Mitt. der Astron.G., 30, 148.

12. Pinigin G., Shulga A., Fedorov P., Kovalchuk A., Mazhaev A.

and Petrov A., 1995, *Astronomical and Astrophysical Transactions*, Vol.8, pp. 161-163.

13. Pinigin G.I., Shulga A.V., Fedorov P.N., Kovalchuk A.N., Mazhaev A.E., Petrov A.G., Protsyik Yu.I., 1995, *Astronomical and Astrophysical Objectives of Sub-Milliarcsecond Optical Astrometry*, E.Hog and P.K.Seidelman (eds), IAU Symp. №166, Kluwer Acad. Publ., p.365.

14. Shornikov O., Shulga A., Liadovoi N., Kashtalian S. and Maigurov P., 1990, *Inertial Coordinate System on the Sky*, J.H.Lieske and V.K.Abalakin (eds), IAU Simp. №141, Kluwer Acad.Publ. p.88.

15. Shornikov O., Pinigin G., Konin V., Kostrubina N., Maigurov P., 1991, *Astrophysics and Space Science*, 177, Kluwer Acad.Publ.,pp. 273-275.