

ТЕЗИСЫ ДИССЕРТАЦИЙ

КОЛЛЕКТИВНЫЕ ДВИЖЕНИЯ «ПЛОСКИХ» ГАЛАКТИК 2MASS ОБЗОРА В МЕСТНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Работа посвящена одной из фундаментальных задач современной внегалактической астрономии – изучению космических течений во Вселенной. Такие исследования важны для уточнения космологических моделей, поскольку содержат сведения о распределении темного вещества на больших масштабах, где невидимое вещество преобладает над другими формами материи.

Основной целью работы было изучение отклонений (пекулярных скоростей) в движениях плоских спиральных галактик от однородного Хаббловского расширения, вызванных крупномасштабными гравитационными воздействиями. Независимое определение расстояний проводилось по методу Tully-Fisher (TF-зависимость).

Были получены следующие результаты:

1) Определены расстояния и пекулярные скорости у 1200 видимых с ребра спиральных галактик RFGC каталога по инфракрасной TF-зависимости с использованием данных 2MASS обзора. Получены амплитуда и направление их коллективного движения в объеме ~ 100 Мпк ($V = 226 \pm 62$ км/с, $l = 295 \pm 16^\circ$, $b = -2 \pm 13^\circ$), что согласуется с результатами, полученными ранее по оптической TF-зависимости. Установлена зависимость цвет – светимость с умеренным разбросом, что позволяет делать массовые оценки расстояний у галактик с ребра, основываясь на современных фотометрических обзорах неба типа 2MASS и SDSS, не прибегая к трудоемким измерениям ширины линии H α .

2) Определены параметры вертикальных (z_0) и радиальных (R_e) шкал звездных дисков ориентированных с ребра спиральных галактик по результатам анализа их 2MASS изображений с применением оригинальных программ обработки. Зависимость между отношением z_0/R_e и депроецированной центральной поверхностной яркостью свидетельствует о том, что галактики с низкой поверхностной яркостью выглядят более тонкими. Вертикальная шкала тонких звездных дисков почти не зависит от радиуса галактик и практически не меняется в широком диапазоне расстояний от центра.

3) Создан каталог 18020 плоских спиральных галактик (2MFGC), отобранных из 2MASS обзора по ИК отношениям видимых осей $b/a < 1/3$, что соответствует среднему отношению в оптике $a/b \sim 6$. Каталог содержит J, H, K $_s$ величины, размеры, позиционные углы, видимые сжатия галактик и отождествления с известными каталогами. В настоящее время каталог 2MFGC представляет собой самую обширную и однородную выборку спиральных галактик.

THESES REVIEW

COLLECTIVE MOTIONS OF «FLAT» GALAXIES OF THE SURVEY 2MASS IN THE LOCAL UNIVERSE

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in physics and mathematics

The work is dedicated to one of the fundamental problems of the modern extragalactic astronomy – the study of cosmic flows in the Universe. The study of collective motions of galaxies is important for specification of cosmological models because it contains information on the distribution of dark matter at large scales where the invisible matter prevails over other forms of matter.

The prime objective of the work was to study deviations (peculiar velocities) in motions of flat spiral galaxies from the Hubble uniform expansion caused by large-scale gravitational interactions. An independent determination of distances was fulfilled by the Tully-Fisher method (the TF relation).

The following results were obtained in this study:

1) Distances and peculiar velocities were determined for 1200 edge-on spiral galaxies of the RFGC catalog from the infra-red TF relation with the use of 2MASS survey data. The amplitude and direction of their collective motion in the volume ~ 100 Mpc were obtained ($V = 226 \pm 62$ km/s, $l = 295 \pm 16^\circ$, $b = -2 \pm 13^\circ$), which agrees with results obtained earlier from the optical TF relation. The relation color-luminosity was determined with moderate dispersion, which allows us estimating distances of edge-on galaxies on the basis of modern photometric celestial surveys of type 2MASS and SDSS without laborious measurements of the H α line width.

2) Parameters of vertical (z_0) and radial (R_e) scales of stellar disks of edge-on spiral galaxies were determined from analysis of their 2MASS images with the use of original processing software. The dependence between the ratio z_0/R_e and the deprojected central surface luminosity testifies that the galaxies with low surface luminosity look thinner. The vertical scale of thin stellar disks almost does not depend on galaxy radius and practically does not change in a wide range of distances from the center.

3) A catalog of 18020 flat spiral galaxies (2MFGC) selected from 2MASS by their IR ratio of visible axes $b/a < 1/3$, which corresponds to an average ratio of $a/b \sim 6$ in optical, was compiled. The catalog contains J, H, K $_s$ magnitudes, sizes, position angles, visible compressions of galaxies and their identifications with known catalogs. At present, the catalog 2MFGC is the most extensive and uniform sample of late-type spiral galaxies covering all the sky.

тик позднего типа, которая охватывает все небо.

4) Представлены результаты наблюдений на 100-м радиотелескопе в Эффельсберге (Германия) около 400 плоских спиральных галактик из каталогов RFGC и 2MFGC. Определены их лучевые скорости, амплитуды вращения, водородные массы, светимости и другие глобальные характеристики.

5) Создана самая представительная выборка пекулярных скоростей 2724 спиральных галактик, распределенных по всему небу. Из 5653 галактик 2MFGC с измеренными лучевыми скоростями выделена выборка 3110 галактик с ширинами линии HI W_{50} , W_{20} или максимальной скоростью вращения. Данные по ширинам линии HI, приведенные к единой системе, исправлялись за космологическое уширение. Гелиоцентрические скорости приводились к системе космического микроволнового излучения. Использовались астрономические БД LEDA, NED и данные оригинальных работ. Исключались из списка объекты, отклоняющиеся за 3σ от TF-зависимости и с $|V_{pec}| > 3000$ км/с (как ошибочные измерения).

6) Определены параметры апекса коллективного движения у 2724 плоских спиральных галактик из 2MFGC. Построена карта усредненных пекулярных скоростей на небе с разрешением $\sim 20^\circ$ в объеме $z < 0.03$. В системе космического микроволнового излучения коллективное движение плоских 2MFGC галактик характеризуется амплитудой 224 ± 36 км/с в направлении $l = 302 \pm 9^\circ$, $b = -8 \pm 7^\circ$, что согласуется с положением центроида близких массивных рентгеновских скоплений, а также близких скоплений Hydra-Centaurus и сверхскопления Шепли.

В итоге мы получили асимметричное поле пекулярных скоростей галактик 2MFGC. Максимум положительной скорости $+350$ км/с, а максимум отрицательной – всего 150 км/с. Хотя дипольный характер распределения отчетливо выражен, но картина представляется более сложной. Главный положительной пик приходится на места сосредоточения скоплений Hydra-Centaurus, Norma, Эйбелла A3627 и концентрации Шепли. Вторичный пик с амплитудой ~ 150 км/с отождествляется со скоплениями A400 и A539. Центры областей отрицательных V_{pec} имеют галактические координаты $(120^\circ, +40^\circ)$, $(80^\circ, -30^\circ)$, $(200^\circ, +30^\circ)$. Две первые расположены вблизи пустоты в Волопасе и Местной пустоты.

Полученные параметры коллективного движения оказались устойчивыми по отношению к отбору плоских галактик по их оптическим или ИК характеристикам, использованию на TF-зависимости оптических или ИК светимостей, что показывает обоснованность выработанных И.Д.Караченцевым критериев формирования выборки тонких галактик, равномерно распределенных как по небу, так и в глубину.

Характер уменьшения амплитуды потока 2MFGC галактик с линейным масштабом местной Вселенной свидетельствует о том, что $\sim 60\%$ амплитуды может быть вызвано массивными объектами (аттракторами), которые расположены за пределами объема в 50 Мпк.

С.Н. Митронова

4) Results of 100 meter Effelsberg radio telescope (Germany) observations of about 400 flat spiral galaxies from the catalogs RFGC and 2MFGC are presented. Their radial velocities, rotation amplitudes, hydrogen masses, luminosities and other global characteristics were determined.

5) The most representative sample of peculiar velocities of 2724 spiral galaxies distributed all over the sky was created. A sample of 3110 galaxies with HI line widths W_{50} , W_{20} or maximal velocity of rotation was selected from 5653 2MFGC galaxies with measured radial velocities. Data on HI line widths reduced to a uniform system were corrected for the cosmological widening. Heliocentric velocities were reduced to the system of the cosmic microwave background. The astronomical data bases LEDA and NED and data from original works were used. Objects deviating beyond 3σ from the TF relation and with $|V_{pec}| > 3000$ km/s were excluded from the list as erroneous measurements.

6) Parameters of the apex of the collective motion were determined for 2724 flat spiral galaxies from 2MFGC. A map of averaged peculiar sky velocities with the resolution of $\sim 20^\circ$ in the volume of $z < 0.03$ was built. In the system of the cosmic microwave background the collective motion of flat 2MFGC galaxies is characterized by the amplitude 224 ± 36 km/s in the direction $l = 302 \pm 9^\circ$, $b = -8 \pm 7^\circ$, which agrees with the location of the centroid of close massive X-ray clusters and close clusters of Hydra-Centaurus and the Shapley supercluster.

As a result, we obtained an asymmetric field of peculiar velocities of 2MFGC galaxies. The maximal positive velocity is equal to $+350$ km/s, and the maximal negative one is only -150 km/s. Though the dipole character of distribution is well distinct, the picture seems to be more complicated. The main positive peak falls to places of concentration of the clusters Hydra-Centaurus, Norma, Abell A3627 and the Shapley concentration. The secondary peak of the amplitude ~ 150 km/s is identified with the clusters A400 and A539. The centers of regions of negative V_{pec} have the galactic coordinates $(120^\circ, +40^\circ)$, $(80^\circ, -30^\circ)$, $(200^\circ, +30^\circ)$. The first two are located near the Bootes void and the local void.

The obtained parameters of the collective motion turned out to be robust with respect to the selection of flat galaxies by their optical or IR characteristics to use in the TF relation of optical or IR luminosities, which shows a validity of criteria elaborated by I.D.Karachentsev for formation of samples of thin galaxies distributed uniformly both in the sky and in the depth.

The character of flux amplitude decrease of 2MFGC galaxies with the linear scale of the local Universe testifies that $\sim 60\%$ of amplitude can be caused by massive objects (attractors) located beyond the volume of 50 Mpc.

S.N.Mitronova

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ТРАНЗИЕНТНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ПЕКУЛЯРНЫХ НОВЫХ ЗВЕЗД

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация посвящена исследованию четырех объектов, испытавших вспышки с большим энерговыделением в оптической области спектра. В пике вспышек их светимость превышала критическую эддингтоновскую светимость.

CI Cam (рентгеновский транзиентный источник и B[e]-звезда) наблюдалась спектральным и фотометрическим методами во время ее мощной рентгеновской вспышки в апреле 1998 г. и после в течение 7 лет. Во вспышке наблюдались усиление потоков эмиссионных линий (наибольшее в эмиссии HeII 4686Å – в 300 раз) и эволюция широких эмиссионных крыльев – «педестала» у сильных линий H и HeI. Изменения в профилях объясняются доплеровским движением газа, выброшенного со скоростью 1200 км/с. Обнаружена зависимость между амплитудой вспышки в эмиссионной линии и ее потенциалом ионизации. Выявлено несколько типов переменности эмиссионных линий в спокойном состоянии после вспышки. Все это означает, что оболочка B[e]-звезды имеет сложную стратифицированную структуру. Внешние части, где формируются запрещенные линии, отреагировали на вспышку с задержкой 210 дней.

По абсорбционным крыльям линий водорода высоких порядков (H δ и H η) получен спектральный класс и класс светимости B[e]-звезды: B4 III-V. По нашим данным CI Cam не является сверхгигантом.

В результате фотометрического мониторинга обнаружены изменения блеска с периодом 19.407^d. По эмиссии HeII 4686Å получена кривая лучевых скоростей компактного компонента системы и определены элементы орбиты. Дана оценка нижнего предела массы B[e]-звезды. Показано, что вторым компонентом в системе с большой вероятностью является белый карлик. Белый карлик движется по орбите вокруг B[e]-звезды и аккрецирует вещество из звездного ветра. Сделана оценка энергетики оптической вспышки CI Cam, которая не противоречит гипотезе о термоядерном взрыве на поверхности белого карлика.

V4641 Sgr – рентгеновский транзиентный источник, показавший мощную вспышку в рентгеновском, оптическом и радио диапазонах 15 сентября 1999 г. Два дня наблюдался выброс релятивистской струи в радиодиапазоне, так что, V4641 Sgr – микроквазар. В двойной системе находится черная дыра в 9 M \odot и A-звезда. В спокойном состоянии между вспышками не проявляется активности в рентгене. Его оптический компонент показывает эллипсоидальную переменность блеска с большой амплитудой. Были проведены спектральные исследования на БТА.

Система классифицирована как разделенная, в которой виден только один оптический компонент спектрального класса A0 III. Впервые исследовано

STUDY OF X-RAY TRANSIENT SOURCES AND PECULIAR NOVAE

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in physics and mathematics

The thesis is dedicated to the study of 4 objects which had outbursts with large energy release in optical. Their peak luminosity exceeded the critical Eddington luminosity.

CI Cam (an X-ray transient source and a B[e] star) is observed by spectral and photometric methods during the powerful X-ray burst in April 1998 and during 7 years after it. During the outburst we observed an increase of emission line fluxes (the largest increase by 300 times was in the emission HeII 4686Å) and evolution of wide emission wings – a «pedestal» of strong H and HeI lines. Changes of profiles are explained by the Doppler motion of gas ejected at a velocity of 1200 km/s. A relation between the outburst amplitude of emission line and its ionization potential was discovered. Several types of emission line variability in the quiet state after the outburst were found. All that means that the envelope of the B[e] star has a complicated stratified structure. Its external part, where the forbidden lines are formed, reacted to the outburst with a delay of 210 days.

Absorption wings of hydrogen lines of high orders (H δ and H η) gave the spectral class and the luminosity class of the B[e] star: B4 III-V. According to our data, CI Cam is not a super giant.

The photometric monitoring allowed us to find brightness variations with a period of 19.407^d. The curve of radial velocity of the compact component of the system and orbit elements were determined by the emission line HeII 4686Å. An estimate of the lower limit of mass of the B[e] star is adduced. It was shown that it is highly probably that the second component in the system is a white dwarf. It moves in the orbit around the B[e] star and accretes matter from the stellar wind. Energy of the optical outburst of CI Cam was estimated. It does not contradict to the hypothesis about a thermonuclear explosion on the surface of the white dwarf.

V4641 Sgr is an X-ray transient source that showed a powerful outburst in X-ray, optical and radio on September, 15, 1999. During two days a relativistic jet was observed in radio. So, V4641 Sgr is a microquasar. The binary system contains a black hole of 9 M \odot and an A star. In the quiet state between outbursts there was no activity in X-ray. Its optical component shows a large-amplitude ellipsoid variability of luminosity. Spectral studies were carried out with the BTA.

The system was classified as a separated one in which only one optical component of the spectral class A0 III is seen. Interaction of the relativistic component

взаимодействие релятивистского компонента V4641 Sgr с нормальной звездой методом спектроскопии в нижнем соединении компактного компонента. Это привело к обнаружению дополнительной абсорбции в красном крыле линии H α . На фоне A-звезды наблюдался разреженный газовый поток, направленный от наблюдателя. Этот поток представляет часть кеплеровского газового диска вокруг компактного компонента. Определена масса кандидата в черные дыры $7.1 \leq MBH \leq 9.5 M_{\odot}$.

V838 Mon и V4332 Sgr – пекулярные красные новые. Они во вспышках показывают спектры холодных сверхгигантов класса K-M и не проходят небулярную стадию. По спектрам, полученным на БТА, и фотометрии (современные и архивные данные) установлена их двойственность и физическая природа их компонентов. Показано, что оптическая вспышка в этих системах происходит в результате взрыва массивного голубого компонента.

Доказано, что V838 Mon – звезда с близким к солнечному содержанию элементов. Обнаружена сильная линия LiI 6707Å, и это означает, что звезда молодая и находится на ранней стадии эволюции. Показано, что до вспышки V838 Mon была широкой физической парой, состоящей из двух звезд класса B3 V, одна из которых взорвалась. Остатком является холодный «коричневый» сверхгигант, который излучает в основном в ИК диапазоне.

Наши исследования V4332 Sgr показали, что система до вспышки состояла из голубого и красного компонентов. Красный компонент класса M7 виден до и после вспышки, а голубой компонент после вспышки исчез из спектрального распределения энергии. Т.е., и в этом случае произошел взрыв голубой звезды в двойной системе. Остаток в виде холодного облака разреженного газа светится в эмиссионных линиях атомов и молекул.

Одной из гипотез взрывов пекулярных красных новых является вспышка термоядерного горения в центре звезд в конце стадии гравитационного сжатия.

Е.А. Барсукова

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕТЕКТОРОВ КВАНТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРХПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР С ТУННЕЛЬНЫМ ПЕРЕХОДОМ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Диссертация посвящена выбору оптимальной микроэлектронной технологии изготовления сверхпроводниковых туннельных джозефсоновских структур (СТП-структуры). Проведены комплексные исследования, позволяющие получить высококачественные переходы с параметром качества $R_j/R_N = 25$. Варьированием основных параметров технологического процесса выявлены оптимальные условия полу-

of V4641 Sgr with the normal star was investigated by the spectroscopy method for the first time in the lower conjunction of the compact component. This led to discovery of an additional absorption in the red wing of the line H α . A low-density gas flux directed from an observer was observed against the background of the A star. This flux is a part of the Kepler gas disk around the compact component. The mass of the candidate to a black hole was determined to be $7.1 \leq MBH \leq 9.5 M_{\odot}$.

V838 Mon and V4332 Sgr are peculiar red novae. During outbursts they exhibit spectra of cold supergiants of class K-M and do not pass the nebular stage. Spectra obtained with the BTA and the photometry (modern and archive data) allowed us to determine their binary character and the physical nature of their components. It was shown that the optical outburst in these systems results from an explosion of a massive blue component.

It was proven that the chemical composition of V838 Mon is close to solar. A strong line of LiI 6707Å was detected. This means that the star is young and is at an early stage of evolution. It was shown that before the outburst V838 Mon was a wide physical pair consisting of two stars of class B3 V, one of which exploded. The remnant is a cold «brown» super giant which radiates mainly in the IR range.

Our study of V4332 Sgr has shown that before the outburst the system consisted of a blue component and a red one. The red component of class M7 is seen before and after the outburst too, but the blue component disappeared from the spectral energy distribution after the outburst. I.e., in this case also there was an explosion of the blue star in the binary system. A remnant in the form of a cold cloud of low-density gas radiates in emission lines of atoms and molecules.

One of the hypotheses of explosions of peculiar red novae is a burst of a thermonuclear burning in the star center at the end of the gravitational compression stage.

Е.А. Барсукова

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF DETECTORS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION QUANTA ON THE BASIS OF SUPERCONDUCTING NANOSTRUCTURES WITH THE TUNNEL JUNCTION

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in engineering

The thesis is dedicated to a choice of an optimal microelectronic manufacturing technology of the Josephson superconducting tunnel structures (referred in literature as STJ structure). Complex investigations allowing us to obtain high-quality junctions with the quality parameter $R_j/R_N = 25$ were carried out. Optimal conditions for getting high quality structures were found out by variation of basic parameters of the

чения качественных структур. Получены пленки ниобия с толщинами от 50 до 300 нм с температурой перехода в сверхпроводящее состояние близкой к температуре перехода массивного ниобия (9,2 К), что свидетельствует о высоком качестве этих пленок. Большое внимание было уделено получению высококачественного барьерного слоя, являющегося основополагающим фактором получения нужной структуры. Показано, что наилучшие свойства барьерного слоя получают комбинированным окислением – сначала в плазме магнетрона, затем в атмосфере кислорода. Полученные структуры исследованы двумя независимыми методами («анодной спектроскопией» и «атомно-силовой микроскопией»), результаты которых совпадают в пределах 10% погрешности. Исследования дополнены измерениями вольтамперных характеристик полученных структур в жидком гелии.

Рассматривалась возможность комбинирования СТП-приемников с различными видами оптических диспергирующих элементов, такими как эшелле решетка, интерферометр Фабри-Перо, а также в комбинации со спектрополяриметром. Для иллюстрации рассмотрен частный случай стационарной спектральной аппаратуры БТА САО РАН. Показан выигрыш в эффективности наблюдений на спектрографах «Рысь» и «Краб» в сочетании с линейкой СТП-приемников относительно вариантов наблюдений с матрицей ПЗС. Приведены сравнительные характеристики спектрографов «Рысь» и «Краб» в вариантах наблюдений с матрицами ПЗС и линейками СТП-приемников в терминах потенциального качества.

Также, детально рассматривается влияние подслоя пленки из более высокотемпературного сверхпроводника (Al) на электрофизические параметры «сэндвич-структуры» («эффект близости»), наличие которого приводит к ухудшению свойств приемников при сверхнизких температурах ниже 1 К (как правило, $T=0.3$ К). Этот эффект необходимо учитывать при расчете как сигнальных, так и шумовых свойств приемников на основе СТП. Приводятся численные оценки суммарного шумового тока в единичной полосе частот, проникающего в пиксель СТП, и предполагаемой минимальной мощности излучения, которую возможно зарегистрировать посредством СТП-структуры при гелиевых температурах ($T=4,2$ К).

Г.В. Якопов

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ НА МЕХАТРОННОМ КОМПЛЕКСЕ 1-МЕТРОВОГО ТЕЛЕСКОПА САО РАН

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

1-м телескоп Ричи-Кретьена был смонтирован в

manufacturing process. We obtained the niobium films from 50 to 300 nm in thickness with the temperature of junction into the superconducting state close to the junction temperatures of massive niobium, which attests the high quality of these films. Much attention was given to the obtaining of a high quality barrier layer which is a basic factor in obtaining the required structure. It was shown that the best properties of the barrier layer are obtained by combined oxidation, first in magnetron plasma, then in oxygen atmosphere. The obtained structures were investigated by two independent techniques («anode spectroscopy» and «atom power microscopy»). Their results coincide within the 10% accuracy. The investigations were supplemented by measurement of the current-voltage characteristic of the obtained structures in liquid helium.

The work considers a possibility to combine STJ detectors with different types of optical dispersing elements, such as an echelle grating, the interferometer Fabry-Perot, and also in combination with a spectropolarimeter. For the purposes of illustration, a special case of the stationary spectral equipment of the BTA of SAO RAS was considered. The gain in efficiency of observation with the spectrographs «Lynx» and «Crab» in combination with a line of STJ detectors in comparison with variants of observations with a CCD was shown. Comparative characteristics of the spectrographs «Lynx» and «Crab» in variants of observations with CCDs and lines of STJ detectors in terms of potential quality are added.

Influence of the film sublayer from a more high temperature superconductor (Al) on electrophysical parameters of the «sandwich structure» (the «proximity effect») was also considered in detail. Its presence leads to deterioration of detector properties at superlow temperatures below 1 K (as a rule, $T=0.3$ K). This effect should be taken into account when calculating both signal and noise properties of STJ detectors. The numerical estimates of the sum noise flux penetrating in an STJ pixel in a unit frequency band, and a supposed minimal radiation power detectable by an STJ structure at the helium temperatures ($T=4,2$ К) are given.

G.V. Yakopov

METHODS AND MEANS OF INCREASING EFFICIENCY OF POLARIMETRIC OBSERVATIONS WITH THE MECHANOTRONIC COMPLEX OF THE 1-METER TELESCOPE OF SAO RAS

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in engineering

The 1 meter Ritchey-Chretien telescope was

САО РАН в 1989 г. В настоящее время он является третьим по размеру российским телескопом. На момент поставки телескоп имел устаревшее электронное и светоприемное оборудование, т.к. изначально был рассчитан на применение фотографических методов наблюдений. Поэтому поставка на нем современных поляриметрических наблюдательных программ была невозможна. Телескоп нуждался в автоматизации наблюдений и в создании новой современной светоприемной аппаратуры. В настоящее время 1-м телескоп представляет собой сложный мехатронный комплекс, который объединяет в единой системе механические, электронные, оптические, компьютерные устройства управления и сбора наблюдательных данных с целью повышения эффективности всего процесса астрофизических наблюдений. Для выполнения задач автоматизации были проведены исследования механических и электромеханических характеристик телескопа, разработаны принципы автоматического управления процессом наблюдений.

Были получены следующие результаты.

1) Впервые исследованы динамические характеристики мехатронного комплекса 1-м телескопа и построена его математическая модель. Разработан и внедрен новый оптимальный по быстродействию алгоритм управления телескопом, что сократило общее время наведения в заданную точку небесной полусферы.

2) Разработана и внедрена система синхронизации купола и телескопа, которая обеспечивает уменьшение ошибки синхронизации в три раза по сравнению с допустимой величиной.

3) Разработан и внедрен новый автоматический электрополяриметр для измерения четырех параметров Стокса, позволяющий согласовывать электромеханический разворот входного поляроида и модуляцию кристалла поворота фазы напряжением уменьшенной амплитуды. Это позволило исключить недопустимый перегрев кристалла и повысить точность наблюдений до 0,01%.

4) Общая эффективность наблюдений на мехатронном комплексе 1-м телескопа возросла в 10 раз.

В.П. Романенко

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Повышение эффективности прецизионных астрофизических экспериментов является комплексной проблемой, связанной как с улучшением оптико-механических характеристик астроприборов и системы управления телескопа, так

mounted in SAO RAS in 1989. At present this is the third-largest telescope in Russia. At the moment of delivery, the electronic and lightdetecting equipment of the telescope was out of date because initially it was designed for photographic methods of observation. That is why it was impossible to fulfill modern polarimetric observational programs with it. Telescope needed automation and creation of new modern lightdetecting equipment. Now the 1 meter telescope is a complicated mechanotronic complex unifying mechanical, electronic, optical and computing devices of control and gathering of observational data aimed at greater efficiency of the whole process of astrophysical observations. The automation demanded the studying of mechanical and electromechanical characteristics of the telescope; the principles of automatic control of the observational process were elaborated.

The fulfilled work has resulted in the following.

1) Dynamical characteristics of the mechanotronic complex of the 1 meter telescope were first studied and its mathematical model was built. A new performance optimal algorithm of telescope control was designed and put into practice, which reduced the total time of prompting to a given point of celestial hemisphere.

2) A system of synchronization between the telescope and the dome providing the decrease of the synchronization error three times in comparison with an allowable value was designed and introduced.

3) A new automatic electropolarimeter for measurement of four Stocks parameters allowing coordinating an electromechanical turn of an input polaroid and modulation of the phase turn crystal by voltage of reduced amplitude was designed and put into practice. This allowed us to exclude an inadmissible overheating of the crystal and to increase the observation precision up to 0.01%.

4) The total efficiency of observations with the mechanotronic complex of the 1 meter telescope increased 10 times.

V.P. Romanenko

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF COMPUTING SOFTWARE AND HARDWARE OF AUTOMATION OF HIGH PRECISION ASTROPHYSICAL EXPERIMENTS

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in engineering

The increased efficiency of high precision astrophysical experiments is a combined problem related both to improvement of optical-mechanical characteristics of astronomical equipment and the telescope control system and to perfection of functioning

и с усовершенствованием условий функционирования спектроскопической аппаратуры (главным образом, ее автоматизацией). В рамках данной работы указанная проблема решалась в двух направлениях: а) разработке и создании систем стабилизации изображения; б) разработке и создании средств управления астрофизическим экспериментом.

Получены следующие основные результаты.

Разработана математическая модель автоматической системы стабилизации изображения (ССИ) исследуемого астрономического объекта на входной апертуре астрономического спектрографа, максимально учитывающая специфику управления цифровой динамической системой и особенности оптико-механического узла ССИ.

Разработана математическая модель потерь света на входе астрономического спектрографа, и на ее основе создана моделирующая среда, позволяющая оценить эффективность ССИ при разных входных параметрах.

На основе предложенных алгоритмов разработаны программные вычислительные средства ССИ.

Предложен подход к задаче автоматизации спектроскопического эксперимента, который позволил в кратчайшие сроки разработать и создать удаленную компьютерную систему управления спектральной аппаратурой, удовлетворяющую современным требованиям прецизионного астрофизического эксперимента.

Разработаны аппаратные средства на базе унифицированного вычислительного модуля для реализации аппаратной поддержки предложенной системы управления.

Разработаны специализированные программные вычислительные средства, ориентированные на создание распределенной системы удаленного управления элементами спектральной аппаратуры, используемой в астрофизическом эксперименте на оптических телескопах.

Создана ССИ для эшелле спектрополяриметра первичного фокуса БТА, испытания которой показали ее высокую эффективность. Система позволила существенно сократить непроизводительные потери наблюдательного времени. Показано, что эффективность астрономических наблюдений с применением ССИ на БТА повышается на 20-30% по потоку излучения в зависимости от качества изображения объекта.

Полученные научно-технические результаты способствуют решению широкого круга задач по комплексной автоматизации астрофизических исследований. Результаты диссертационной работы использованы при создании новых астрономических приборов. Предложены перспективные оптические схемы, в основу работы которых положен принцип действия ССИ и метод сопровождения объекта с использованием света, теряемого не на входе, а внутри спектрографа.

М.В. Якопов

conditions of spectroscopic equipment, mainly, its automation. Within the framework of this dissertation work this problem was solved in two directions: a) development and creation of image stabilization systems; b) development and creation of control resources of an astrophysical experiment.

The obtained results are as follows.

A mathematical model of an automatic image stabilization system (ISS) of a studied astronomical object at the input aperture of the astronomical spectrograph was elaborated with the maximal allowing for a specific character of controlling a digital dynamical system and features of an ISS optical-mechanical unit.

A mathematical model of light loss at the input of the astronomical spectrograph was elaborated, which was used as a basis for creation of a model medium allowing us to estimate the ISS efficiency at different input parameters.

The ISS computing software and hardware were elaborated on the basis of suggested algorithms.

An approach to the task of automation of spectroscopic experiment was suggested which allowed us to develop and produce in the shortest possible time a remote computer control system of the spectral equipment meeting the modern requirements of high precision astrophysical experiment.

On the basis of a unified computing module, the hardware supporting the suggested control system was elaborated.

Special-purpose software was elaborated for creation of a distributed system of remote control of elements of spectral equipment used in astrophysical experiment at optical telescopes.

An ISS for the echelle spectropolarimeter of the BTA primary focus was created. Its testing showed its high efficiency. The system allowed us to substantially reduce wasteful loss of observational time. It was shown that the efficiency of astronomical observations with the usage of BTA ISS increases by 20-30% in radiation flux subject to an object image quality.

The obtained technical-scientific results facilitate solution of a wide range of problems on combined automation of astrophysical study. The results of the dissertation work were used when producing new astronomical devices. We suggested advanced optical layouts based on the principle of ISS operation and a method of tracking an object with the use of light lost inside the spectrograph, but not at the input.

M.V. Yakopov