

10. Лозицкая Н.И. Геомагнитные и климатические проявления солнечной активности / Н.И. Лозицкая, В.В. Лозицкий // Тр. 9-й Пулковской межд. конф. по физике Солнца "Солнечная активность как фактор космической погоды"; С.-Пб., 4-9 июля 2005. – СПб.: ВВМ, 2005. – С. 87–92.
11. Пішкало М. Попередній прогноз максимуму 25-го циклу сонячної активності / М. Пішкало // Вісн. Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Астрономія, 2014. – Вип. 51. – С. 36–38.
12. Тлатова К.А. Магнитные поля солнечных пятен по данным наблюдений в период 1917–2013 гг. / К.А. Тлатова, В.В. Васильева, А.Г. Тлатов // Изв. Крымской Астрофиз. обсерватории, 2013. – Т. 109, № 4. – С. 76–84.
13. Циркуляры Киевской Астрономической Обсерватории, 1946–1952. К.: Изд. КГУ им.Т.Г. Шевченко. – № 1. – № 65.
14. Georgieva K. Solar magnetic fields and terrestrial climate / K. Georgieva, Yu. Nagovitsyn, B. Kirov // Proc. of the XVIII conf. "Solar and Solar-Terrestrial Phys., 2014" / Pulkovo, Russia, 20-25 October, 2014 / 2014arXiv1411.6030G / <http://esoads.eso.org/abs/2014arXiv1411.6030G>.
15. Lozitska N.I. Interannual variation of sunspot magnetic fields from 1924 to 2004 / N.I. Lozitska // Kinematika i Fizika Neb. Tel. Suppl., 2005. – Vol. 5, – P. 151–152.
16. Methodical problems of magnetic field measurements in umbra of sunspots / N.I. Lozitska, V.G. Lozitsky, O.A. Andryeyeva et al. // Advances in Space Res., 2015. – Vol. 55. – Iss. 3. – P. 897–907.
17. Javaraiah J. Long-term temporal variations in the areas of sunspot groups / J. Javaraiah // Advances in Space Res., 2013. – Vol. 52. – Iss. 5. – P. 963–970.
18. Using dynamo theory to predict the sunspot number during solar cycle 21 / Schatten K.H., Scherrer P.H., Svalgaard L. et al. // Geophysical Research Lett., 1978. – Vol. 5. – P. 411–414.
19. Nagovitsyn Yu.A. On a Possible Explanation of the Long-term Decrease in Sunspot Field / Yu.A. Nagovitsyn, A.A. Pevtsov, W.C. Livingston // Astrophys. J. Lett., 2012. – Vol. 758. – Iss. 1. – L20.
20. Penn M.J. Solar Cycle Changes in Sunspot Umbral Intensity / M.J. Penn, R.K.D. MacDonald // Astrophys. J., 2007. – Vol. 662. – Iss. 2. – L123–L126.
21. Long-term trends in sunspot magnetic fields / A.A. Pevtsov, Yu.A. Nagovitsyn, A.G. Tlatov, A.L. Rybak // Astrophys. J. Lett., 2011. – Vol. 742. – Iss. 2. – L36.

Надійшла до редколегії 17.02.15

Н. Лозицкая, канд. физ.-мат. наук,
В. Ефименко, канд. физ.-мат. наук
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ИНДЕКСЫ ГРУПП СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ

На материалах наземных наблюдений солнечной фотосферы, а также международных данных геомагнитной активности, изучены солнечно-земные связи на временных интервалах в десятки лет. Получены доказательства существования синхронных вековых вариаций напряженности магнитного поля, площади и протяженности крупных групп солнечных пятен, которые наряду с уточненными параметрами их 11-летних вариаций и корреляционных связей с геомагнитными индексами позволяют прогнозировать геомагнитную возмущенность.

Ключевые слова: солнечная активность, цикл солнечной активности, группы солнечных пятен, прогнозирование геомагнитной активности.

N. Lozitska, Ph. D. in Phys. and Math. Sci.,
V. Efimenko, Ph. D. in Phys. and Math. Sci.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

SUNSPOT GROUPS INDICES FOR LONG-TERM PREDICTION OF GEOMAGNETIC ACTIVITY

The solar-terrestrial relations were studied at intervals of ten years on materials of ground-based observations of the solar photosphere and international geomagnetic activity data. We have obtained evidence of synchronous secular variation of magnetic field, area and length of large sunspot groups, which together with their parameters of 11-year variations and correlations with geomagnetic indices allow us to predict geomagnetic perturbation level in the next cycle of solar activity.

Keywords: solar activity, cycle of solar activity, sunspots groups, predict of geomagnetic activity.

УДК 523.987

В. Єфіменко, канд. фіз.-мат. наук,
С. Камінський, інж. 2 кат.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ТЕЛЕСКОП ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ФОТОСФЕРИ СОНЦЯ

Спостереження сонячних плям на Астрономічній обсерваторії розпочалося в 1923 р. З 1951 р. велись фотографічні спостереження з використанням фотопластинок. Перехід з фотопластинок на ССД-матриці потребує модернізації або заміни телескопа. Зроблений аналіз з урахуванням параметрів ССД приймача доводить необхідність виготовлення нового телескопа. Були виконані розрахунки, моделювання і виготовлення телескопа можливостями Астрономічної обсерваторії КНУ. Випробування телескопа з камерою показали, що якість зображень задовільна, роздільна здатність телескопа відповідає розрахованій, а телескоп з цифровою камерою може використовуватися для отримання знімків фотосфери Сонця. Середня помилка визначення числа Вольфа не перевищує 10 %.

Ключові слова: фотосфера Сонця, телескоп, ССД-матриця.

Вступ. З 1923 р. спостереження сонячних плям і факелів у Києві розпочав обраний директором Київської астрономічної обсерваторії професор Чорний С.Д. з рефрактором Герца (D = 70 мм). З 1924 р. до 1937 р. київські спостереження сонячних плям використовувалися Цюрихською обсерваторією для визначення чисел Вольфа, що публікувалися нею в "Astronomische Mitteilungen" і в "Bulletin for Character Figures of Solar Phenomena". В Аналах обсерваторії [1] опубліковано статистичні спостереження сонячних плям і факелів за 1916–1935 рр. З 1937 р. дані спостережень направлялись комісії з дослідження Сонця в ГАО АН СРСР (Пулково).

У 1941–1944 роках за ініціативи Астрономічної обсерваторії і ДАІШ була створена мережа сонячних обсерваторій, яка забезпечувала потреби військових. На сонячній станції ДАІШ і КАО в евакуації у Свердловську спостереження були розпочаті у грудні 1941 р. і велися з 3" і 4" рефракторами Цейса, які продовжувались у Києві після повернення з евакуації з травня 1944 р. з використанням 5" кометошукача Фраунгофера. Поточні зведення сонячних даних створювались АО та ІЗМІРАНОм і друкувалися в "Декадных обзорах" (видання ІЗМІРАН), пізніше в Астрономічному циркулярі (АН СРСР, Казань).

У 1948 р. реконструйовано фотосферний телескоп і протуберанц-спектроскоп, які використовувалися для спостережень фотосфери Сонця [2]. У 1951 р. придбано фотогеліограф системи Максудова, після чого візуальні спостереження сонячних плям замінили фотографічними. За дорученням Астрономічної Ради обсерваторія виконує обов'язки центра Служби Сонця. 1957 р. придбано та встановлено фотосферно-хромосферний телескоп АФР-2, на якому ведуться спостереження за програмою служби Сонця. З 1960 р. використовувалися пластинки ASTRO фірми AGFA, з 1971 р. пластинки FU-5 фірми ORWO. Після припинення постачання пластинок FU-5 впродовж 2001–2010 рр. фотосфера Сонця знімалась на фотоплівку ПФМ-3L, яка близька за своїми характеристиками до фотопластинок FU-5 фірми ORWO.

В останні роки з плівкою необхідного формату (12x9 см) і якості теж виникли ускладнення. Враховуючи обставини, що склалися, а також світову тенденцію переходу на CCD-матриці як світлонакопичувального елемента з'явилась ідея розробити і виготовити телескоп, який міг би працювати з такою матрицею [3]. В якості CCD-приймача було вирішено використати матрицю цифрової камери Canon 450D. На жаль телескоп АФР-2 не розрахований для вирішення цього питання тому що діаметр зображення Сонця на світлонакопичувальному елементі (фотопластинці або фотоплівці) дорівнює 78 мм – набагато більше ніж необхідно для CCD-приймача. Зменшити розмір Сонця в фокальній площині без чутливого погіршення якості зображення на жаль неможливо.

У цій роботі ставиться метою дати можливість використати здобутий досвід виготовлення телескопа з CCD-приймачем камери Canon 450D.

Вибір оптичної схеми. Корекція хроматичної аберації телескопу АФР-2 виконана з урахуванням використання фотографічних пластинок FU-5 і має довгий "хвіст" в червоній і інфрачервоній області, до якої фотопластинки FU-5 не чутливі, але чутлива CCD-матриця. Цей фактор є найбільшою перешкодою щодо застосування телескопа АФР-2 і в деякій мірі стримує використання лінзових об'єктивів з великим фокусом для CCD-приймачів. Тому вибір оптичної схеми пішов у напрямку дзеркальних систем, які принципово вільні від хроматичної аберації [4, 5].

Для нового телескопа були висунуті такі вимоги:

1. роздільна здатність не гірше 1 секунди дуги;
 2. розмір зображення Сонця в фокальній площині повинен максимально використовувати корисну площу CCD-матриці;

3. роздільна здатність в кутовій мірі залежить тільки від діаметра об'єктива телескопа і розраховується по формулі, застосованій Релеєм для подвійних зірок, і яка підходить для більшості випадків спостережень в діапазоні 5000-5500 Å: $a = 140''/D$. Таким чином діаметр об'єктива телескопа не повинен бути менше 140 мм;

4. розмір зображення Сонця повинен бути трохи менший ніж мала сторона матриці цифрової камери Canon 450D. Матриця має вхідне вікно 22x15 мм і діаметр Сонця відповідно повинен бути менше ніж 15 мм, бажано с невеличким запасом;

5. масштаб зображення в фокальній площині залежить від кутового розміру спостережного об'єкта та фокуса оптичної системи і вираховується за формулою: $l = F \cdot \text{tg}(\psi) = F \cdot 0,5/57,3$

Наприклад, для діаметра зображення Сонця 14 мм, фокус оптичної системи дорівнює 1600 мм. З метою зменшення польових аберацій: коми та астигматизму, робимо вибір відносного отвору 1:10. Тоді діаметр об'єктива становить 160 мм, тобто відповідає вимогам роздільної здатності. Такі вимоги добре узгоджуються з оптичною системою Касегрена (рис. 1). Маючи діаметр об'єктива та фокальну відстань можна розрахувати оптичну схему. Система Касегрена є дводзеркальною, її розрахунок не є складним. Була використана програма "ATMOS", яка має графічні засоби представлення результату.

У табл. 1 наведено результати розрахунку параметрів оптичної схеми телескопа за допомогою програми "ATMOS". На рис. 2 подано геометричні розміри зображення зорі при розфокусуванні на різній відстані від центра. Видно, що по всьому полю геометричне зображення точкового об'єкта не виходить за межі кола Ері (Airy Diam), тобто відповідає вимогам "optical diffraction limited" – якість оптичної системи обмежена дифракцією.

Моделювання та виготовлення. Для конструювання телескопа була використана програма тривимірного моделювання – SolidWorks (<http://www.solidworks.com/>). За її допомогою були змодельовані деталі телескопа, та зроблені їх креслення. На рис. 3 наведена змодельована труба телескопа в розрізі.

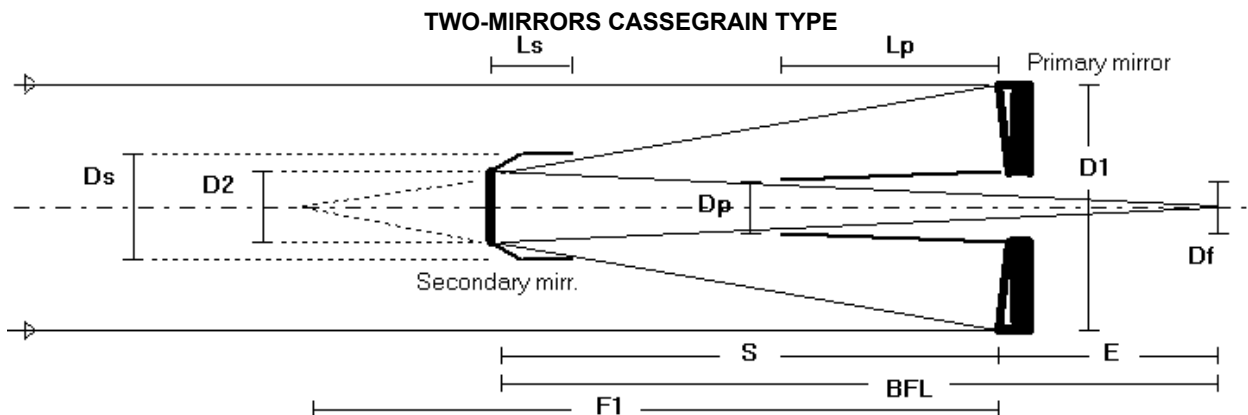


Рис. 1. Оптична схема телескопа

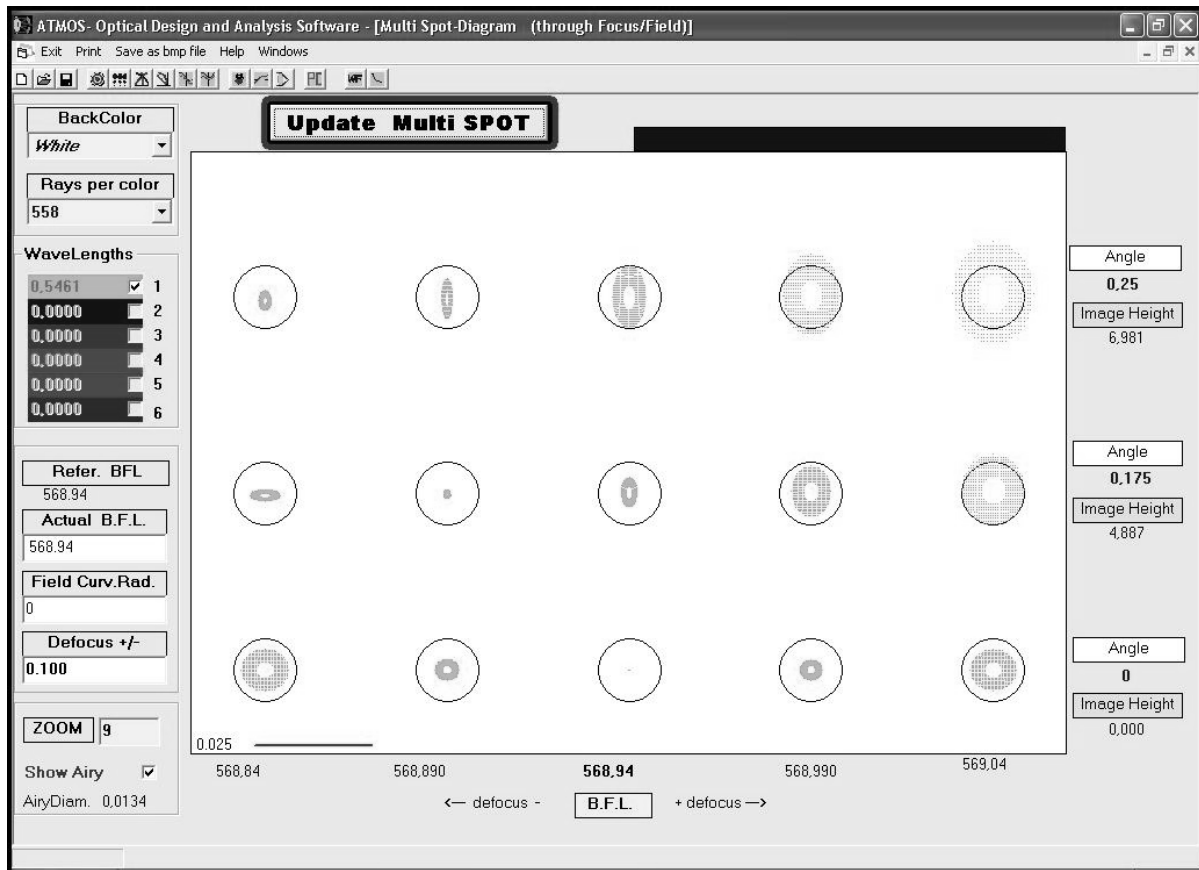


Рис. 2. Геометричні розміри зображення зорі при розфокуванні на різній відстані від центра поля

Телескоп виготовлявся на базі Астрономічної обсерваторії КНУ. Для зменшення світлового потоку був використаний повно апертурний фільтр з плівки "AstroSolar" німецької фірми "Baader", яка відзеркалює 99,999 % світла (по інформації виробника) і має оптичну якість плоскопаралельних скляних фільтрів. Телескоп був встановлений на монтування АФР-2 поруч з його класичною трубою з лінзовим об'єктивом. Монтування телескопа АФР-2 дуже якісне, виготовлене з урахуванням значних навантажень і цілком здатне нести на собі додаткове устаткування, яким є в цьому випадку новий телескоп для спостережень фотосфери Сонця.

У табл. 2 наведено порівняння числа плям (n) і обчислених чисел Вольфа для окремих дат квітня 2013 р. за даними сайту <http://www.solen.info/solar/> і отриманих чисел плям (n*) зі спостережень виготовленим дзеркальним телескопом з цифровою камерою Canon EOS 400D. Обчислені числа Вольфа за даними сайту <http://www.solen.info/solar/> (W) і зі спостережень новим телескопом (W*) для 17.04, 22.04 і 23.04 становлять відповідно 89, 83, 81 одиниць і 91, 70, 73 одиниці. Середня похибка визначення числа Вольфа не перевищує 10 %.

Таблиця 1. Розрахунок оптичних компонентів

Вхідні дані		Розрахований результат	
Effective Focal Length	1600	Primary Curv. Radius	-1 114.000
F1 (primary focal len)	557	Secondary Curv. Radius	-607.668
D1 (primary diameter)	160	S (primary-sec. dist.)	-358.938
E (primary foc. plane)	210	D2 (second.mirr. diameter)	60.26
Df (field diam.in mm)	15	Magnification	2.873
		Back Focal Length	568.938
		Linear Obstruction %	37.66
		Aperture Ratio	10.00
		Ls (light shield length)	38.08
		Lp (light shield length)	180.98
		Ds (light shield Diam.)	74.78
		Dp (light shield Diam.)	45.79

Зроблені знімки Сонця за допомогою нового телескопа і камери Canon 450D по якості зображень цілком відповідають потребам спостережень фотосфери Сонця. У випадках спокійної земної атмосфери на знімках Сонця, зроблених за допомогою нового телескопа ми можемо спостерігати грануляцію, що є доказом достатніх оптичних можливостей нового телескопа (рис. 4).

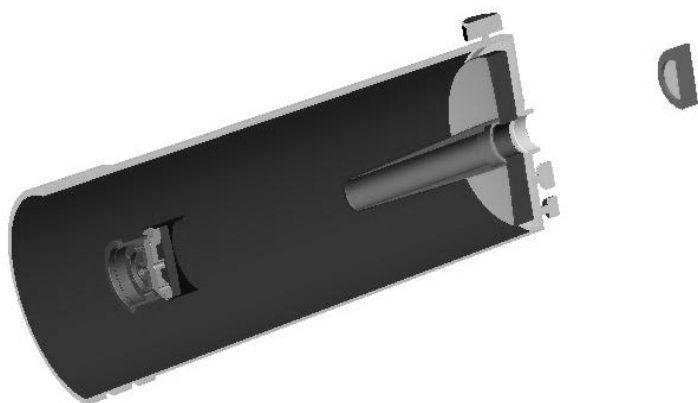


Рис. 3. Труба телескопа в розрізі

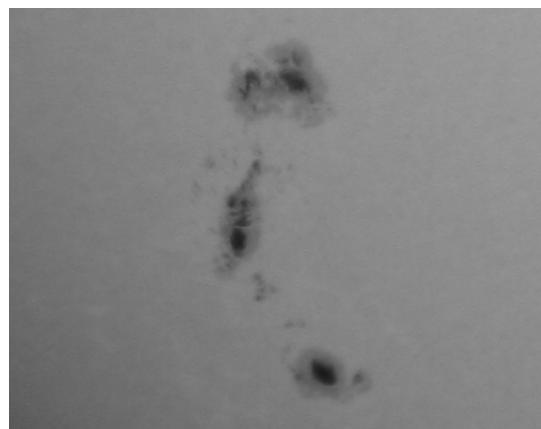


Рис. 4. Знімок активної області AR

Таблиця 2. Порівняння числа плям та чисел Вольфа для окремих дат квітня 2013 р. за даними сайту <http://www.solten.info/solar/> (n) і отриманих при спостереженнях виготовленим телескопом з цифровою фотокамерою Canon EOS 400D (n*)

	17.04			22.04			23.04	
№ AR	n	n*	№ AR	n	n*	№ AR	n	n*
11719	3	3	11723	3	2	11726	34	26
11721	5	3	11726	42	32	11727	3	4
11722	6	10	11727	8	6	11728	2	1
11723	21	21				11729	2	2
11724	4	4						

Висновки. Порівняння знімків Сонця, зроблених за допомогою нового телескопа для спостережень фотосфери Сонця, та знімків фотосфери за даними сайту <http://www.solten.info/solar/> дають змогу зробити висновок, що використання дзеркального телескопу в поєднанні з CCD-камерою є цілком доцільним в спостереженнях Сонця. Випробування телескопа з камерою показали, що якість зображень задовільна, роздільна здатність телескопа відповідає розрахованій а телескоп з цифровою камерою може використовуватися для отримання знімків фотосфери Сонця. Середня помилка визначення числа Вольфа не перевищує 10 %.

Література

1. Чорний С.Д. Статистичні спостереження сонячних плям та факелів у Ростові н/Д протягом 1916–1922 рр. та в Києві протягом 1923–1935 рр. / С.Д. Чорний // КДУ ім. Т.Г. Шевченка. Аналі Астрономічної обсерваторії, 1936. – Т. VI. – Вип. 2. – С. 9–71.
2. Лозицька Н. Площі груп сонячних плям за каталогами Служби Сонця 1942–1951 рр. / Н. Лозицька, В. Єфіменко // Вісн. Київ. ун-ту. Астрономія, 2013. – Вип. 1 (50). – С. 55–62.
3. Камінський С.В. Новий 160-мм телескоп системи Касегрена для спостережень фотосфери Сонця в Астрономічній обсерваторії КНУ / С.В. Камінський // Тези доп. Міжнар. конф. "Астрономія та фізика космосу в Київському університеті". 22-25 травня 2012 р. – К., 2012. – С. 49–50.
4. Максудов Д.Д. Астрономическая оптика / Д.Д. Максудов. – М. ; Л. : Наука, 1979.
5. Михельсон Н.Н. Оптические телескопы: Теория и конструкция / Н.Н. Михельсон. – М. : Наука, 1976.

Надійшла до редколегії 12.12.14

В. Єфіменко, канд. физ.-мат. наук,
С. Каминский, инж. 2 кат.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ТЕЛЕСКОП ДЛЯ НАБЛЮДЕНІЙ ФОТОСФЕРИ СОЛНЦА

Визуальные наблюдения солнечных пятен на Астрономической обсерватории начались в 1923 г. С 1951 г. велись фотографические наблюдения с использованием фотопластинок AGFA и ORWO. Переход с фотопластинок на CCD-матрицы требует модернизации или замены телескопа. Выполненный анализ с учетом параметров CCD приемника доказывает необходимость изготовления нового телескопа. Были выполнены расчеты, моделирование и изготовление телескопа возможностями Астрономической обсерватории КНУ. Испытания телескопа с камерой показали, что качество изображений удовлетворительное, разрешающая способность телескопа отвечает расчетной а телескоп с цифровой камерой может использоваться для получения снимков фотосферы Солнца. Средняя ошибка определения чисел Вольфа не превышает 10 %.

Ключові слова: фотосфера Сонця, телескоп, CCD-матрица.

V. Efimenko, Ph.D. in Phys. and Math. Sciences,
S. Kaminsky, Eng.
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

THE TELESCOPE FOR OBSERVATION OF THE PHOTOSPHERE OF THE SUN

Visual observation of solar spots on Astronomical observatory began in 1923. Since 1951 photographic observation with use of photographic plates of AGFA and ORWO were conducted. Transition from photographic plates to CCD matrixes demands modernization or replacement of the telescope. The made analysis taking into account the parameters a CCD matrixes of the receiver proves need of production of the new telescope. Calculations, modeling and production of the telescope were executed by opportunities of Astronomical observatory. Tests of the telescope with the digital camera showed that quality of images satisfactory, resolution of the telescope answers settlement and the telescope with the digital camera can be used for receiving pictures of the photosphere of the Sun. The average error of definition of numbers of Wolf doesn't exceed 10 %.

Keywords: photosphere of the Sun, telescope, CCD matrix.