

---

---

**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 314 (2017), 155 – 161

УДК 524.335

**S. A. Shomshekova, I. V. Reva, L.N. Kondratyeva**Fessenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan  
[shmshekva-saule@mail.ru](mailto:shmshekva-saule@mail.ru), [reva@aphi.kz](mailto:reva@aphi.kz), [lu\\_kondr@mail.ru](mailto:lu_kondr@mail.ru)**STANDARDIZATION OF THE PHOTOMETRIC SYSTEM  
OF THE 1-METER TELESCOPE ON TSHAO**

**Abstract.** The results of standardization of photometric observations, which are carried out on the eastern 1-meter telescope located on Tien-Shan Astronomical Observatory of Fessenkov Astrophysical Institute, are presented in the paper. At the end of 2016, instead of the CCD camera, which was used as a detector on 1-meter telescope, a new CCD camera Alta F16M was installed. At this time, the angular scale of image is 0.563 "/ pixel. The angular size of the frame is 19' × 19'. For standardization of the instrumental values B V R, photometric observations of 31 standard stars from the Landolt Catalog were carried out. Comparison of observable and catalogue values of star's magnitudes allows to calculate the coefficients in the system of the equations, which are used for transformation of observational B V R values into the international Johnson – Morgan system. Comparison of the calculated of B V R values with those from Catalog shows good agreement and confirms the reliability of suggested equations.

**Key words:** photometry, standard stars, B V R magnitudes

**С. А. Шомшекова, И. В. Рева, Л.Н. Кондратьева**

ДТОО «Астрофизический Институт им. Фесенкова», г. Алматы

**Стандартизация фотометрической системы  
1-метрового телескопа ТШАО**

**Аннотация.** В статье приводятся результаты стандартизации фотометрических наблюдений, которые проводятся на восточном 1-метровом телескопе, установленном на Тянь-Шаньской астрономической обсерватории Астрофизического Института им. В.Г. Фесенкова. В конце 2016 года вместо ПЗС камеры, которая раньше использовалась в качестве приемника излучения на 1-метровом телескопе, была установлена новая камера Alta F16M. В данное время угловой масштаб кадра с изображением объектов - 0.563"/пиксель. Угловой размер кадра 19'×19'. Для стандартизации инструментальных значений B V R были выполнены фотометрические наблюдения 31 стандартной звезды из Каталога Ландольта. Сравнение наблюдаемых и каталожных значений звездных величин позволяет вычислить коэффициенты в системе уравнений, которые используются для перевода инструментальных значений B V R в интернациональную систему Джонсона - Моргана. Сравнение вычисленных значений B V R с каталожными данными показало отличное согласие, что доказывает правильность полученных уравнений.

**Ключевые слова:** стандартные звезды, фотометрия, B V R величины

**Введение**

В Астрофизическом институте им. В.Г. Фесенкова (АФИФ) проводятся регулярные исследования переменных звезд и галактик с активными ядрами. Фотометрические наблюдения являются одним из главных источников важной информации о поведении и природе этих объектов. Аппаратура, используемая для наблюдений: ПЗС камеры и фильтры создают полосы пропускания, близкие к стандартной B V R системе Джонсона-Моргана. Однако, достичь полного соответствия практически невозможно. Выход состоит в создании системы уравнений, позволяющих перевести наблюдаемые значения звездных величин в интернациональную систему.

**1. Наблюдения и обработка результатов.**

На 1-метровом телескопе системы Ричи-Кретьена (фокусное расстояние 6,5м, угловой размер кадра 19'×19') используются ПЗС камера Alta F16M фирмы Apogee Alta и BVR Astrodon фильтры. Угловой

масштаб кадра с изображением объектов - 0.563"/пиксель. В программу наблюдений вошли 31 стандартная звезда из Каталога [1]. Были выбраны площадки SA 32, SA 35 с достаточно большим положительным склонением, так что во время наблюдений они располагались на зенитном расстоянии, близком к нулю. Основные данные для выбранных звезд приводятся в Таблице 1. Для площадок SA 32 и SA 35 было получено по пять и по три кадра в каждом из трех фильтров, соответственно.

Стандартная предварительная обработка полученных изображений выполнялась с использованием файлов Dark, Bias и Flat field. Измерения блеска звезд проводились с помощью программы Maxim DL 5.

Таблица 1 - Характеристика выбранных звезд – стандартов

№	Обозначения Объекта	$\alpha$	$\delta$	V	B-V	V-R
	1	2	3	4	5	6
1	SA32-282	12 56 02.614	+44 26 49.25	10,152	+0.480	+0.283
2	SA32-272	12 55 10.338	+44 17 28.83	8,961	+0.488	+0.304
3	SA32-377	12 55 45.397	+44 40 38.6	10,63	+0.641	+0.372
4	SA32-379	12 55 50.119	+44 42 22.67	11,174	+1.039	+0.547
5	SA32-330	12 55 26.396	+44 33 35.57	10,068	+0.665	+0.378
6	SA32-212	12 55 03.313	+44 42 28.14	9,317	+1.159	+0.609
7	SA32-221	12 55 36.794	+44 14 59.60	11,429	+0.682	+0.378
8	SA32-220	12 55 34.253	+44 15 02.31	13,094	+0.646	+0.380
9	SA32-105	12 56 29.185	+43 54 07.17	13,372	+0.632	+0.364
10	SA32-106	12 56 32.000	+43 56 45.10	13,266	+0.685	+0.399
11	SA32-107	12 56 34.300	+43 54 33.99	13,673	+0.747	+0.421
12	SA32-109	12 56 40.337	+43 56 33.74	11,891	+0.536	+0.325
13	SA32-113	12 57 25.835	+43 56 32.95	10,834	+0.906	+0.531
14	SA32-167	12 56 11.417	+44 00 32.42	13,51	+0.398	+0.241
15	SA32-177	12 57 17.140	+44 01 00.49	11,377	+0.641	+0.372
16	SA32-178	12 57 25.633	+44 02 02.82	11,313	+0.805	+0.457
17	SA32-176	12 57 03.215	+44 00 33.80	10,212	+1.071	+0.561
18	SA32-175	12 57 00.485	+44 05 02.78	13,544	+1.063	+0.652
19	SA32-174	12 56 55.284	+44 05 00.64	12,433	+0.721	+0.431
20	SA32-172	12 56 35.217	+44 02 25.02	14,469	+0.642	+0.368
21	SA32-64	12 58 36.649	+43 43 35.26	11,831	+0.603	+0.334
22	SA32-62	12 58 30.288	+43 43 19.21	9,788	+1.086	+0.550
23	SA35-243	15 49 49.168	+44 27 53.56	12,011	+0.542	+0.319
24	SA35-316	15 49 41.176	+44 35 23.77	9,953	+0.462	+0.282
25	SA35-318	15 50 01.814	+44 33 04.74	11,807	+0.180	+0.129
26	SA35-491	15 50 33.186	+44 58 06.22	11,539	+0.915	+0.509
27	SA35-492	15 50 38.980	+45 00 37.36	9,829	+0.556	+0.332
28	SA35-339	15 51 54.385	+44 32 29.14	12,775	+0.554	+0.336
29	SA35-341	15 51 56.722	+44 33 24.64	12,565	+0.559	+0.337
30	SA35-343	15 51 57.200	+44 35 26.22	10,87	+0.433	+0.271
31	SA35-338	15 51 50.503	+44 41 51.75	9,605	+0.371	+0.221

В столбцах Таблицы даны: 1- обозначение объекта по Каталогу [1], 2- прямое восхождение объекта, 3- склонение объекта, 4 – звездная величина в фильтре V, 5 – значения B-V, 6- значения V-R.

Полученные результаты – значения блеска, усредненные по измерениям 3-х кадров, приведены в таблице 2. На их основе построены графики (Рис.1 и Рис. 2), которые показывают соотношения между инструментальными и каталожными значениями показателей цвета (B-V) и (V-R). Разброс точек характеризует ошибки измерений.

Таблица 2 – Результаты фотометрических наблюдений выбранных стандартных звезд

№	Обозначения объекта	B	V	R	B <sub>0</sub>	V <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>
	1	2	3	4	5	6	7
1	SA32-282	10,624	10,142	9,866	10,632	10,152	9,869
2	SA32-272	9,449	8,961	8,657	9,449	8,961	8,657
3	SA32-377	11,277	10,636	10,265	11,271	10,63	10,258
4	SA32-379	12,221	11,184	10,645	12,213	11,174	10,627
5	SA32-330	10,733	10,068	9,69	10,733	10,068	9,69
6	SA32-212	10,408	9,296	8,687	10,476	9,317	8,708
7	SA32-221	12,075	11,416	11,033	12,111	11,429	11,051
8	SA32-220	13,74	13,094	12,714	13,74	13,094	12,714
9	SA32-105	14,134	13,366	13,001	14,004	13,372	13,008
10	SA32-106	13,951	13,266	12,867	13,951	13,266	12,867
11	SA32-107	14,401	13,677	13,245	14,42	13,673	13,252
12	SA32-109	12,417	11,883	11,558	12,427	11,891	11,566
13	SA32-113	11,688	10,814	10,289	11,74	10,834	10,303
14	SA32-167	13,894	13,511	13,251	13,908	13,51	13,269
15	SA32-177	11,952	11,366	11,012	11,978	11,377	11,019
16	SA32-178	12,076	11,299	10,849	12,118	11,313	10,856
17	SA32-176	11,236	10,201	9,651	11,283	10,212	9,651
18	SA32-175	14,588	13,557	12,906	14,607	13,544	12,892
19	SA32-174	13,12	12,419	11,993	13,154	12,433	12,002
20	SA32-172	15,117	14,448	14,103	15,111	14,469	14,101
21	SA32-64	12,434	11,831	11,497	12,434	11,831	11,497
22	SA32-62	10,843	9,787	9,247	10,874	9,788	9,238
23	SA35-243	12,553	12,011	11,692	12,553	12,011	11,692
24	SA35-316	10,342	9,904	9,655	10,415	9,953	9,671
25	SA35-318	11,955	11,778	11,658	11,987	11,807	11,678
26	SA35-491	12,454	11,539	11,03	12,454	11,539	11,03
27	SA35-492	10,377	9,826	9,481	10,385	9,829	9,497
28	SA35-339	13,33	12,763	12,426	13,329	12,775	12,439
29	SA35-341	13,134	12,576	12,228	13,124	12,565	12,228
30	SA35-343	11,303	10,87	10,599	11,303	10,87	10,599
31	SA35-338	9,933	9,575	9,33	9,976	9,605	9,384

В столбцах Таблицы 2 даны: 1- обозначения объекта по каталогу [1], 2,3,4 – B,V,R величины, полученные из наблюдений; 5,6,7 – значения стандартных звезд по Каталогу [1] в трех фильтрах.

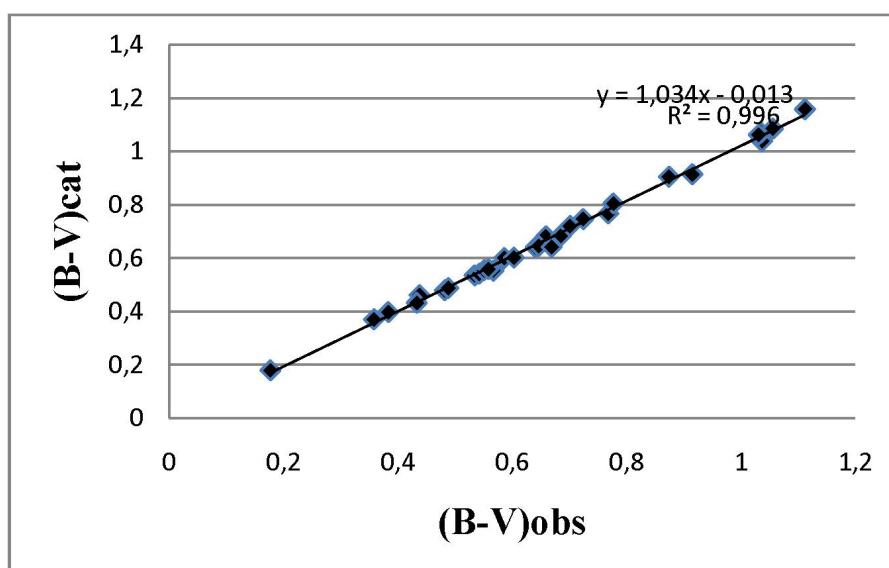


Рисунок 1 - Диаграмма показателей цвета (B-V) для инструментальной и стандартной фотометрических систем.

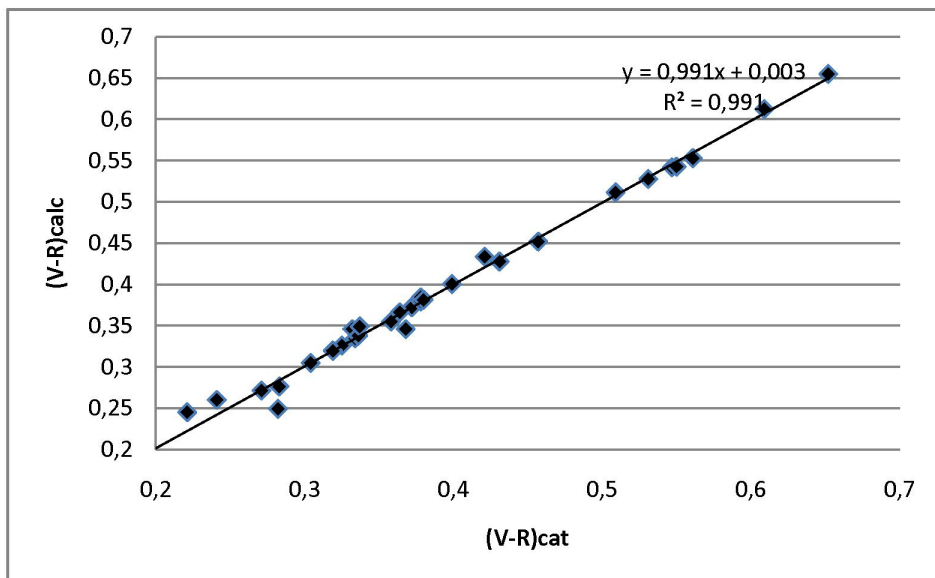


Рисунок 2 - Диаграмма показателей цвета (V-R) для инструментальной и стандартной фотометрических систем

Используя метод наименьших квадратов, мы записали следующие системы уравнений:

$$\begin{aligned} \sum (B-V)_{cat} &= a \sum (B-V)_{obs} + b \cdot N \\ \sum (B-V)_{cat} \cdot (B-V)_{obs} &= a \sum (B-V)^2_{obs} + b \sum (B-V)_{obs} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum (V-R)_{cat} &= a1 \cdot \sum (V-R)_{obs} + b1 \cdot N \\ \sum (V-R)_{cat} \cdot (V-R)_{obs} &= a1 \cdot \sum (V-R)^2_{obs} + b1 \cdot \sum (V-R)_{obs} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum (V_{cat} - V_{obs}) &= a2 \cdot \sum (B-V)_{obs} + b2 \cdot N \\ \sum (V_{cat} - V_{obs}) \cdot (B-V)_{cat} &= a2 \cdot \sum (B-V)^2_{cat} + b2 \cdot \sum (B-V)_{cat} \end{aligned} \quad (3)$$

где  $(B-V)_{cat}$  и  $(V-R)_{cat}$  - значения из каталога,  $(B-V)_{obs}$  и  $(V-R)_{obs}$  - значения, полученные из наблюдений,  $N$  - количество используемых звезд,  $a, a1, a2$  и  $b, b1, b2$  - коэффициенты, которые необходимо определить.

Решая приведенные системы уравнений, получаем коэффициенты для перехода от инструментальной системы к стандартной системе и следующие выражения:

$$\begin{aligned} (B-V)_{calc} &= 1,035 \cdot (B-V)_{obs} - 0,013 - 0,0512 \cdot \sec Z \\ (V-R)_{calc} &= 1,009 \cdot (V-R)_{obs} - 0,0021 - 0,0881 \cdot \sec Z \\ V_{calc} &= V_{obs} - 0,014 \cdot (B-V)_{calc} - 0,016 - 0,2627 \cdot \sec Z \\ B_{calc} &= V_{calc} + (B-V)_{calc} \\ R_{calc} &= V_{calc} - (V-R)_{calc} \end{aligned} \quad (4)$$

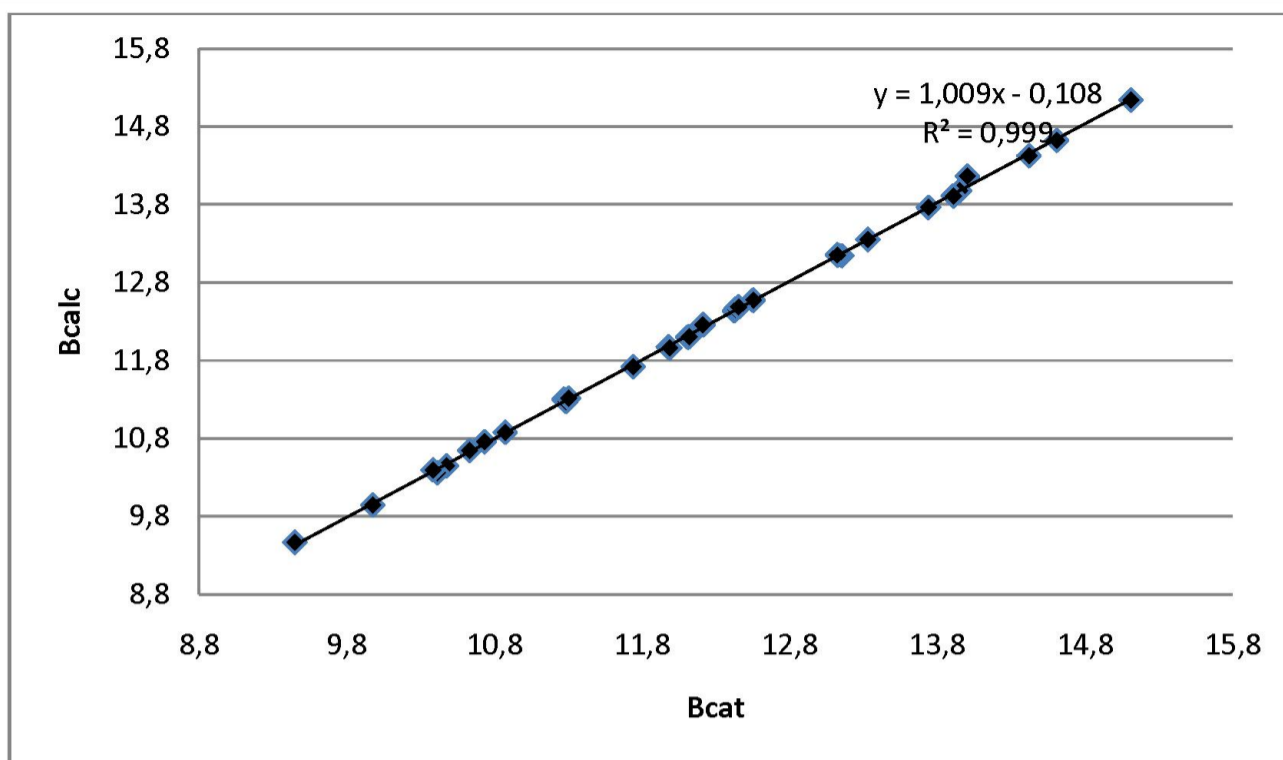


Рисунок 3 - Сравнение расчетных значений В- величин с данными Каталога [1].

Для того, чтобы учесть степень поглощения излучения в земной атмосфере, мы использовали коэффициенты прозрачности, приведенные в работе Миронова и др [2]. Результаты сравнения В V R величин, вычисленных по формулам (4) с данными из Каталога [1] представлены на Рис. 3-5.

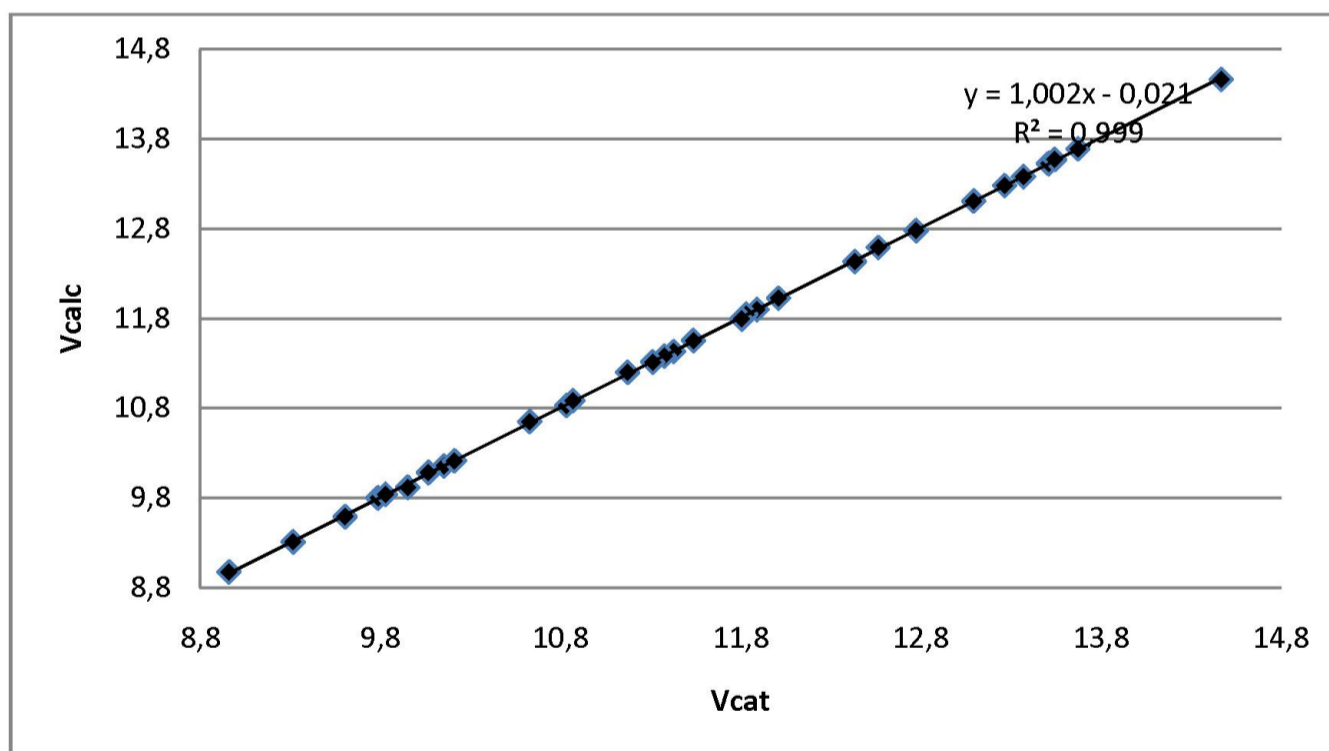


Рисунок 4 - Сравнение расчетных значений V- величин с данными Каталога [1].

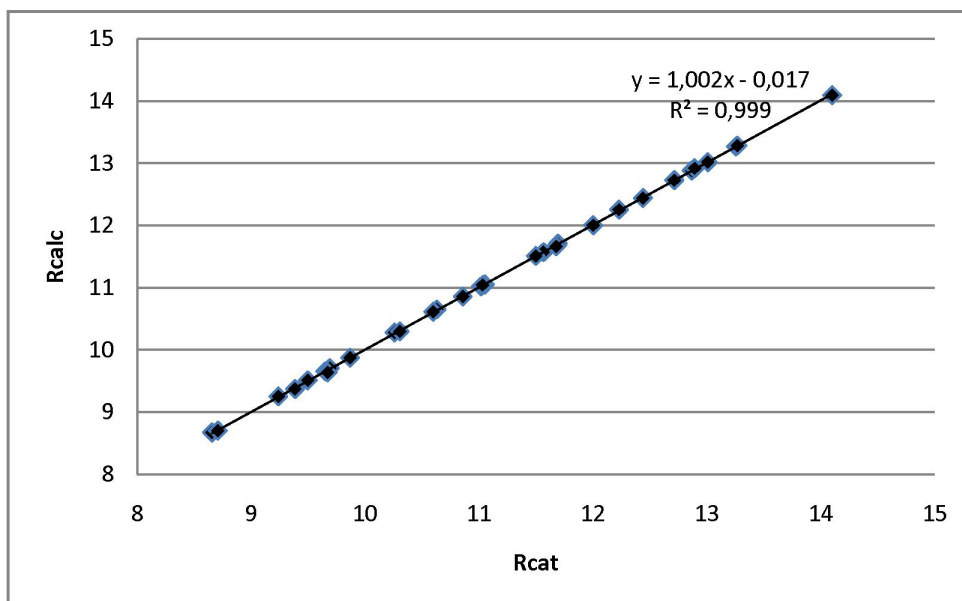


Рисунок 5 - Сравнение расчетных значений R- величин с данными Каталога [1].

### Заключение

В данной работе получены коэффициенты и уравнения для стандартизации фотометрической системы 1-метрового телескопа ТШАО. Сравнение вычисленных значений  $B V R$  величин с данными из Каталога Ландольта показывают хорошее согласие результатов для всех трех фильтров. Используемые нами показатели прозрачности атмосферы  $P_\lambda$  были получены в 80-х годах и нуждаются в обновлении. Однако, учитывая тот факт, что наблюдения объектов и соответствующих стандартов проводятся на одинаковых зенитных расстояниях, значение  $P_\lambda$  слабо влияет на конечные результаты.

Работа выполнена по проекту «Исследование физических процессов в космических объектах, выбранных для внеатмосферных наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне с использованием современных информационных технологий»

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Landolt, A.U. UBVR photometric standard stars around the sky at +50 deg declination// ApJ. 2013. 146:131. 41.
- [2] Миронов А.В. Прецизионная фотометрия. Практические основы прецизионной фотометрии и спектрофотометрии звезд. Москва. 1997. 152с.

### REFERENCES

- [1] Landolt, A.U.. ApJ. 2013. 146:131. 41.
- [2] Mironov A.V. Precizionnaja fotometrija. Prakticheskie osnovy precizionnoj fotometrii i spektrofotometrii zvezd. Moskva. 1997. 152s.

ӘОЖ: 524.335

**С.А. Шомпекова, И.В. Рева, Л.Н. Кондратьева**

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Алматы қ., Қазақстан

### ТЯНЬ-ШАНЬ АСТРОНОМИЯЛЫҚ ОБСЕРВАТОРИЯСЫНДАҒЫ 1-МЕТРЛІК ТЕЛЕСКОПҚА АРНАЛҒАН ФОТОМЕТРЛІК ЖҮЙЕНІ СТАНДАРТТАУ

**Аннотация.** Мақалада, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институтының Тянь-Шань астрономиялық бақылау базасында орналасқан 1 м. телескопқа (шығыс) құралдық жүйеден стандарттық жүйеге ауысу

теңдеуі табылған. 2016 жылдың соңында ПЗС-камерасы Alta F16M ауыстырылды. Қазіргі кездегі кадрдың масштабы объектінің кескіні бойынша - 0.563"/пиксель. Кадрдың бұрыштық өлшемі 19'×19'. Бақылау нәтижесінде алынған мәліметтерді заң бойынша бірыңғай қабылданған халықаралық жалпы жүйеге келтіруге толық сәйкес екі фотометрлік жүйеге қол жеткізу мүмкін емес, сондықтан мәліметтерді ауыстырудың қосымша тәртіпті жұмыстарын жүргізуді талап етеді. Мәселені шешу үшін, Ландольт каталогынан ~31 жуық стандарт жұлдыздарына бақылау жүргізілді. Бақыланған және каталогтан алынған жұлдыздық шамалар мәндерін салыстыру теңдеулер жүйесінің коэффициенттерін табуға мүмкіндік береді, оларды В V R шамаларының құралдық мәндерін халықаралық Джонсон-Морган жүйесіне ауыстыруға пайдаланылады. Есептеуден алынған және каталогтың В V R шамаларының мәндерін салыстыру жақсы сәйкестікті тудырды және ұсынылған теңдеулердің дұрыстығын дәлелдеді.

**Түйін сөздер:** стандартты жұлдыздар, фотометрия, В V R шамалары.

**Сведения об авторах:**

Кондратьева Людмила Николаевна - ВНС, канд. физ.-мат. наук. Дом. адрес: Алматы, Обсерватория, д.20, кв.18.

Место работы - ДТОО Астрофизический Институт им. В.Г. Фесенкова, Телефон: : 260-74-99, e-mail: lu\_kondr@mail.ru;

Шомшекova Сауле Ахметбековна - м.н.с. Дом. адрес: Алматы, Шелихова 163. Место работы - ДТОО Астрофизический Институт им. В.Г. Фесенкова, Телефон: 2607591, e-mail: shmshekva-saule@mail.ru;

Рева Инна Владимировна - Дом. адрес: Алматы, Обсерватория, д. 23, Место работы - ДТОО Астрофизический Институт им. В.Г. Фесенкова, Телефон: 2607591, e-mail: [reva@aphi.kz](mailto:reva@aphi.kz)