

СОЗДАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ В РОССИИ: ВЕХИ ИСТОРИИ**И.А. Нежибицкий**

nezhbitskiy@yandex.ru

SPIN-код: 7434-0380

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Статья посвящена истории появления оптических телескопов и этапам их развития. Выделены основные этапы формирования оптических схем телескопов. Приведены основные сведения о появлении первых обсерваторий в России и о формировании центральных научных астрофизических центров. Показана роль выдающихся ученых, внесших заметный вклад в конструктивные особенности оптического телескопа: М.В. Ломоносова, А.А. Чикина, Н.Г. Пономарева, Д.Д. Максутова и др. Прослежено развитие производства отечественного оптического стекла. Выделены главные этапы создания Большого азимутального телескопа. Освещены итоги, проблемы и перспективы многолетнего развития данной сферы оптической физики на современном этапе.

Ключевые слова

Телескоп, исследования, рефрактор, рефлектор, оптика, астрономия, Пулковская обсерватория, Крымская обсерватория, Специальная астрофизическая обсерватория, Большой азимутальный телескоп

Поступила в редакцию 06.11.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Астрономические наблюдения являются важным методом исследования в экспериментальной физике, начиная от изучения Солнечной системы и заканчивая изучением глубокого Космоса. Одним из важнейших изобретений в области астрономии стал оптический телескоп.

Одной из первых работ, посвященных истории оптического телескопа, стала книга Пьера Бореля «Об истинном создателе телескопа», изданная в 1655 г. [1]. Автор рассматривает период появления телескопов, пытаясь понять, кто же действительно первым изобрел телескоп.

Изучение данной проблемы в российской исследовательской литературе начинается с XX в. Одной из первых работ в данном направлении стала монография сотрудников Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке и Государственного оптического института «Современный телескоп», изданная в 1968 г. [2]. Авторы осветили в одном издании широкий спектр вопросов, касающихся истории телескопов и астрономических открытий. Журнал «Историко-астрономические исследования», основанный в 1955 г., аккумулировал в себе отражение научных исследований по данной проблематике.

Важной работой в исследовании данного вопроса (в частности, именно истории отечественных телескопов) стала работа В.Г. Клочковой, В.Е. Панчука и Т.А. Якшиной [3]. Авторы попытались систематизировать основные этапы телескопостроения как отдельной отрасли. Отдельные аспекты данной пробле-

мы были рассмотрены в статьях Т.А. Якшиной [4], Д.В. Кириченко, В.В. Клейменова, Е.В. Новиковой [5] и др.

После распада СССР оптикостроение в целом переживало кризис, что отразилось на научных исследованиях. Однако на современном этапе стали появляться работы по современным проблемам телескопостроения. Предметом моего исследования является история оптикостроения начиная с XVIII в. до настоящего времени.

Телескопам предшествовали подзорные трубы, изобретенные голландским мастером по изготовлению очков Хансом Липперсхеем в конце сентября 1608 г. Через год, в августе 1609 г., Галилео Галилей представил общественности свой первый телескоп [6]. Название «телескоп» было предложено греческим математиком Иоаннисом Димисианосом в 1611 г. Сам Галилей использовал термин *perspicillum* [7]. В его телескопе было две линзы — одна собирающая (она играла роль объектива) и одна рассеивающая (она применялась в качестве линзы). В дальнейшем телескопы, в качестве объективов которых используются линзы, стали называть рефракторами. Оптическая схема Галилея дает неперевернутое (земное) изображение, но имеет малое поле зрения и сильную хроматическую aberrацию.

Следующий шаг в истории оптических телескопов был сделан Иоганном Кеплером в 1611 г. Он представил новую оптическую схему телескопа, ключевым отличием которой стал окуляр. Рассеивающая линза была заменена собирающей, что позволило увеличить поле зрения и вынос зрачка. Но хроматическая aberrация осталась. Новая схема давала перевернутое изображение.

Исаак Ньютон в 1668 г. первым стал использовать зеркала вместо линз. Оптическая схема состоит из двух зеркал — главного, имеющего параболическую (или сферическую, если относительное отверстие не очень большое) форму, и диагонального вторичного. Такая схема не имеет хроматической aberrации, что является ее основным преимуществом перед рефракторами. Телескопы, в которых используются зеркала, стали называть рефлекторами [8].

Все последующие совершенствования оптических схем базировались на вышеупомянутых схемах. Некоторые позволяли уменьшить длину трубы (система Кассегрена), в других же использовались и линзы, и зеркала (система Максутова — Кассегрена) и т. д.

Появление астрономии в России относят к периоду правления Петра I. Первая русская обсерватория появилась в 1692 г. в Холмогорах, построенная архиепископом Афанасием (А.А. Любимов). В своем распоряжении он имел семь труб и один угломерный прибор. Сам Петр I во время своих путешествий по Европе принимал участие в астрономических наблюдениях. Первым ученым, строившим телескопы в России, стал Яков Владимирович Брюс.

Под влиянием Петра в России началось быстрое развитие астрономии, появились первые обсерватории. Это были Навигацкая школа (1701) (возглавил Я.В. Брюс), Ораниенбаумская обсерватория А.Д. Меншикова (1711), Академическая обсерватория на Васильевском острове (1725).

Вклад в развитие телескопов внес и М.В. Ломоносов. В 1741 г. он представил свой «спесимен» о «зажигательном катоптрикодиоптрическом инструменте» [9]. В 1760–1761 гг. Ломоносов сконструировал и построил «большую неподвижную небесную трубу для улавливания звезд путем отражения от металлического зеркала». Такие системы были реализованы во второй половине XIX в. В 1762 г. Ломоносов изобрел новую оптическую систему телескопа, которая позволяла избавиться от вторичного зеркала, вследствие чего уменьшить потерю света и удешевить производство [10]

Нельзя не отметить вклад Кулибина Ивана Петровича в историю оптических телескопов. В 1764–1766 гг. он самостоятельно сконструировал телескоп системы Грегори [11]. Благодаря этой работе он смог построить собственный станок для шлифования линз и зеркал. В 1769 г. он был принят на службу в Академию наук, в которой он, в частности, руководил астрономическими мастерскими. Более тридцати лет он совершенствовал отечественное телескопостроение, что внесло заметный вклад в данную отрасль.

Важным этапом в истории отечественного становления астрономии и развития телескопов стало создание Пулковской обсерватории. Она была заложена в 1835 г. К моменту официального открытия в 1839 г. Пулковская обсерватория, в которой работали четыре астронома и директор, имела на тот момент первоклассный астрономический инструмент — телескоп с диаметром объектива 38 см. Он был самым большим рефрактором в течение 8 лет. Россия снова стала занимать лидирующие позиции в 1885 г., когда в Пулковской обсерватории установили большой рефрактор, объектив которого имел размер 76 см [12].

Расположение обсерватории в Пулкове негативно сказывалось на наблюдениях: сильная облачность и наличие белых ночей мешали работе астрономов. В XIX в. и начале XX в. на территории Российской империи было установлено 11 обсерваторий и один филиал Пулковской обсерватории — Симеизский (1906), расположенный на Крымском полуострове, который после стал отдельной Крымской астрофизической обсерваторией. В 1925 г. в Симеизской обсерватории был установлен рефлектор, диаметр главного зеркала которого составлял 102 см [13].

Большинство линз и зеркал для отечественных телескопов заказывали в Англии. Первым крупным русским оптиком стал Александр Андреевич Чикин. Знакомство А.А. Чикина с другими астрономами осуществилось благодаря усилиям механика Ю.А. Миркалова, который создал кружок любителей астрономии и фирму по производству оптического стекла «Русская Урания», которая с 1904 по 1917 г. выпустила около сотни небольших телескопов диаметром 15 см, в том числе и для нужд флота. Свой большой опыт по изготовлению параболических и плоских зеркал А.А. Чикин изложил в книге «Отражательные телескопы (изготовление рефлекторов доступными для любителя средствами)». Его учениками были Н.Г. Пономарев, Д. Д. Максудов и Н.П. Барабашов. Полноценное производство отечественного оптического стекла началось в 1916 г. Зависимость от импорта ликвидировали к 1927 г. В 1918 г. Д.С. Рождественским был основан Государственный оптический институт (ГОИ) [14].

В 1926–1932 гг. был изготовлен первый советский рефлектор ($D = 33\text{см}$) под руководством Н.Г. Пономарева. С 1941 г. началось производство телескопов с системой Максудова, которая оказалась более технологичной по сравнению с зарубежным аналогом — системой Шмидта. В начале 1960-х годов в большинстве советских школ имелись компактные учебные телескопы, благодаря которым в астрономию пришло много молодых людей.

В 1917 г. состоялся первый съезд Всероссийского астрономического союза. На нем прозвучала идея создать горную российскую астрофизическую обсерваторию (ГРАФО). В 1921 г. состоялась экспедиция во главе с В.Г. Фесенковым по поиску места для строительства ГРАФО. В дальнейшем результаты этой экспедиции использовались и для выбора расположения Большого азимутального телескопа (БТА).

Результатом деятельности ведущих астрономов по созданию ГРАФО стала Абастуманская астрофизическая обсерватория. В 1931 г. был основан Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга (ГАИШ) на базе астрономической обсерватории Московского университета, который включил в себя все столичные астрономические учреждения.

Во время Великой Отечественной войны наиболее крупные астрономические инструменты были законсервированы.

После окончания войны правительство страны распорядилось построить телескоп диаметром 4,5...6,0 м. Весной 1952 г. было получено разрешение на исследования по созданию крупнейшего в мире телескопа. Разработкой занимались три группы: оптическая (руководитель Д.Д. Максудов), конструкции телескопа и башни (Б.К. Иоаннисиани) и системы управления (Н.Н. Михельсон). Вскоре были дополнены группой астроклимата (Н.И. Кучеров, Ш.П. Дарчия). Изначально была построена серия телескопов малых и средних размеров, например, зеркальный телескоп Шайна (ЗТШ) в Крымской астрофизической обсерватории ($D = 265\text{ см}$, 1961 г.).

25 марта 1960 г. вышло постановление правительства по разработке технологического процесса на отливку из стекла заготовки зеркала диаметром 6 м и по изготовлению заготовки зеркала.

Предстояло отлить заготовку стекла массой 70 т, отжечь ее и произвести сложную обработку всех поверхностей с изготовлением 60 посадочных глухих отверстий на тыльной стороне, центрального отверстия и др.

Спустя ровно три года с момента выхода постановления правительства на запроектированных площадях был создан опытно-производственный цех. В задачу цеха входили монтаж и отладка оборудования, обработка промышленного техпроцесса и изготовление заготовки зеркала.

20 ноября 1964 г. была отлита заготовка главного зеркала.

В течение трех лет был спроектирован и построен специальный корпус для изготовления заготовки БТА. Основное оборудование цеха представляло собой уникальное сооружение, в ряде случаев не имевшее каких-либо аналогов [15].

Телескоп состоит из двух механических узлов: монтировки и трубы. В монтировке впервые были применены специальные гидростатические подшипники для двух осей, а также уникальные, высокоточные червячные пары, позволяющие перемещать подвижную часть телескопа массой 650 т с точностью до десятых долей секунды. Каркас трубы состоит из бесшовных труб, наружный диаметр которых 420 мм, толщина стенок 15 и 26 мм, длина 6 750 и 13 500 мм.

Но все же основная часть телескопа — главное зеркало, поверхность которого — парабола вращения. До 1960-х годов XX в. считалось невозможным создание телескопа, диаметр главного зеркала которого превышал бы 5 м, из-за искажений, появляющихся у зеркала под воздействием собственного веса [16]. Для создания такого зеркала потребовалось построить специальные здания и оборудование, например, стекловаренную ванну — печь, длина которой практически достигала 20 м, а в ширину — 6,5 м. Отжиг заготовки главного зеркала длился чуть более двух лет в специальной печи мощностью 850 кВт.

3 июня 1968 г. детали начали поступать в обсерваторию. 30 июня 1974 г. началась транспортировка зеркала. 21 августа этого же года груз был успешно доставлен.

Опытная эксплуатация телескопа началась 3 ноября 1974 г. 30 декабря 1975 г. Большой азимутальный телескоп был принят в эксплуатацию.

В 2007 г. началась обработка старого зеркала, которое хранилось в контейнере рядом с башней телескопа с 1979 г. Стоимость работ превысила 250 млн руб. 14 февраля 2018 г. зеркало было перевезено из Лыткаринского завода оптического стекла обратно в Специальную астрофизическую обсерваторию РАН. Работы по замене зеркал запланированы с мая по октябрь 2018 г.

В настоящее время новейшие технологии в сфере оптики позволяют создавать зеркала, размеры которых были недостижимы ранее. Из существующих — Большой Канарский телескоп ($D = 10,4$ м), телескопы обсерватории Кека ($D = 10$ м) и др. Из строящихся — чрезвычайно большой телескоп (ЧБТ) в Чили ($D = 39,3$ м), гигантский Магелланов телескоп ($D = 24,5$ м) и др. Их возможности помогут нам понять, как устроена Вселенная, а это является основной целью астрономии и физики в целом. Полученные знания позволят создавать лучшие инструменты во всех отраслях.

Предложение о создании телескопа, диаметр главного зеркала которого достигал бы 25 м, поступило еще в СССР, но работа в данном направлении началась только в 1992 г. В научно-производственном объединении «Астрофизика» ведутся исследовательские работы, направленные на создание оптического телескопа с составным главным зеркалом диаметром 25 м и адаптивной оптической системой. Многие ученые занимаются исследованием проблемы создания данного телескопа. Например, интересны работы профессора кафедры «Метрология и взаимозаменяемость» МГТУ им. Н.Э. Баумана Виктора Васильевича Сычева, посвященные адаптивным оптическим системам в крупногабаритном телескопостроении [17], методу определения информационной емкости изображения в крупногабаритных телескопах [18], вопросу об эффективности круп-

ногабаритных оптических телескопов [19] и др. Автор выделяет три направления в развитии крупногабаритного оптического телескопостроения:

1) концепция построения телескопа — выбор диаметра главного зеркала, оптической схемы и т. д.;

2) выбор принципов построения функциональных средств, входящих в состав аппаратуры, которые позволят получить предельно возможные характеристики телескопа;

3) разработка технологий изготовления элементов и устройств выбранных функциональных средств.

Совершенствование оптических телескопов большого диаметра с позиций их максимальной информативности следует осуществлять путем улучшения технологий, реализующих оптимальные технические решения. Опыт прежних разработок подсказывает, что их нужно искать на путях максимального устранения количества искажающих факторов, минимизации искажающего воздействия факторов, в том числе методами и средствами адаптивной оптики, выравнивания воздействия от различных факторов за счет перераспределения допусков [20].

В 2024 г. [21] будет запущен чрезвычайно большой телескоп в Чили, площадь главного зеркала которого превышает площадь главного зеркала БТА более чем в 37 раз (978 м^2 у ЧБТ и 26 м^2 у БТА), в котором также будут использоваться технологии адаптивной оптики, позволяющие минимизировать погрешности измерений.

В России проблема развития практической части телескопостроения до сих пор остается актуальной. Для проведения работ, связанных с нынешними исследованиями, в частности, поиском экзопланет, российским астрономическим институтам необходим новый инструмент, в котором будут применяться современные технологии, возможности которых позволят решать новые задачи по дальнейшему освоению Космоса и, как следствие, помогут расширить наши познания в фундаментальной физике.

Литература

- [1] Petrus Borellus. De vero telescopii inventore.
URL: <https://bibdig.museogalileo.it/Teca/Viewer?an=000000300919> (дата обращения 17.06.2018).
- [2] Мельников О.А., Слюсарев Г.Г., Марков А.В., Купревич Н.Ф. Современный телескоп. Москва, Наука, 1968, 320 с.
- [3] Клочкова В.Г., Панчук В.Е., Якшина Т.А. Оптические телескопы в истории отечественной астрономии. *Земля и Вселенная*, 2013, № 5, с. 76–89.
- [4] Якшина Т.А. История отечественной базы астрофизических исследований в оптическом диапазоне. Дисс. ... канд. физ-мат. наук. Москва, ИИЕТ РАН, 2011, 303 с.
- [5] Кириченко Д.В., Клеймёнов В.В., Новикова Е.В. Крупногабаритные оптические космические телескопы. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*, 2017, № 7, с. 589–602.

- [6] Гуриков В.А. История создания телескопа. *Наука*, 1980, № 15, с. 109–141.
- [7] Вавилов С.И. Галилей в истории оптики. *УФН*, 1964, т. 64, № 8, с. 583–615.
- [8] Чикин А.А. Отражательные телескопы. Изготовление рефлекторов доступными для любителей средствами. Санкт-Петербург, Русское общество любителей мироздания, 1915. 128 с.
- [9] Гуриков В.А. История создания оптических линз и зажигательных зеркал. *Земля и Вселенная*, 2014, № 4, с. 69–73.
- [10] Куликовский П.Г. *М.В. Ломоносов — астроном и астрофизик*. Москва, Наука, 1986, 96 с.
- [11] Авенариус В.П. *Первый русский изобретатель Иван Петрович Кулибин*. Санкт-Петербург, Кн. маг. П.В. Луковникова, 1909, 116 с.
- [12] Дадаев А.Н. *Пулковская обсерватория*. Москва-Ленинград, Изд-во АН СССР, 1958, 52 с.
- [13] Пономарев Д.Н. *Астрономические обсерватории Советского Союза*. Москва, Наука, 1987, 209 с.
- [14] Гуло Д.Д., Кононков А.Ф., Осинковский А.Н. Из истории основания Государственного оптического института (К 45-летию со дня основания). *История и методология естественных наук*. Т. 3. Москва, МГУ, 1965, с. 273–292.
- [15] Торочков В.Ю., ред. *Создание большого азимутального телескопа БТА*. Москва, ЦНИИ информации, 1976, 83 с.
- [16] Бычкова Ю. Специальная астрофизическая обсерватория РАН.
URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3549496> (дата обращения 17.06.2018).
- [17] Сычев В.В. *Адаптивные оптические системы в крупногабаритном телескопостроении*. Старый Оскол, Тонкие наукоемкие технологии, 2005, 464 с.
- [18] Сычев В.В. Метод определения информационной емкости изображения в крупногабаритных телескопах. *Наука и образование: научное издание*, 2012, № 4.
URL: <http://technomag.edu.ru/doc/413768.html>.
- [19] Сычев В.В. К вопросу об эффективности крупногабаритных оптических телескопов. *Наука и образование: научное издание*, 2015, № 1.
URL: <https://technomagelpub.elpub.ru/jour/article/view/383>.
- [20] Сычев В.В. Технологические аспекты создания крупногабаритных оптических телескопов. *Наука и образование: научное издание*, 2015, № 2.
URL: <https://technomagelpub.elpub.ru/jour/article/view/371>.
- [21] ESO1419 — Organisation Release. Groundbreaking for the E-ELT. Ceremony marks next major step forward for the world's largest optical/infrared telescope. June 19, 2014. Available at: <https://www.eso.org/public/news/eso1419/> (дата обращения 15.11.2018).

Нежибицкий Ильяс Алиевич — студент кафедры «Колесные машины», МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Отрокова Ольга Юрьевна, кандидат исторических наук, доцент кафедры «История», МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

DEVELOPMENT OF OPTICAL TELESCOPE IN RUSSIA: MILESTONES IN HISTORY

I. A. Nezhbitskiy

nezhbitskiy@yandex.ru

SPIN-code: 7434-0380

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The text deals with the history of the appearance of optical telescopes and the stages of their development. The paper is concerned with stages of the formation of optical schemes of telescopes. The authors showed the basic information about the appearance of the first observatories in Russia and the formation of the central scientific astrophysical centers. The authors point out the role of prominent scientists who have made a significant contribution to the design features of an optical telescope: M.V. Lomonosov, A.A. Chikina, N.G. Ponomareva, D.D. Maksutova, and others. In this paper the authors showed the development of domestic optical glass production is traced and the main stages of the creation of the BTA - Big Telescope Alt-azimuth. In conclusion the paper points out the results, problems and prospects of the long-term development of this field of optical physics at the present stage.

Keywords

Telescope, research, refractor, optics, astronomy, Pulkovo Observatory, Crimean Observatory, Special Astrophysical Observatory, BTA - Big Telescope Alt-azimuth

Received 06.11.2018

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] Petrus Borellus. De vero telescopii inventore. Available at: <https://bibdig.museogalileo.it/Teca/Viewer?an=000000300919> (accessed 17 June 2018).
- [2] Mel'nikov O.A., Slyusarev G.G., Markov A.V., Kuprevich N.F. *Sovremennyy teleskop* [Modern telescope]. Moscow, Nauka publ., 1968, 320 p.
- [3] Klochkova V.G., Panchuk V.E., Yakshina T.A. Optical telescopes in the history of native astronomy. *Zemlya i Vselennaya*, 2013, no. 5, pp. 76–89.
- [4] Yakshina T.A. *Istoriya otechestvennoy bazy astrofizicheskikh issledovaniy v opticheskom diapazone*. Diss. kand. fiz.-mat. nauk [History of native research base in optical band. Kand. phys.-mat. sci. diss.]. Moscow, IHST RAS publ., 2011, 303 p.
- [5] Kirichenko D.V., Kleymenov V.V., Novikova E.V. Large optical space-based telescopes. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Priborostroenie* [Journal of Instrument Engineering], 2017, no. 7, pp. 589–602.
- [6] Gurikov V.A. History of telescope invention. *Nauka*, 1980, no. 15, pp. 109–141.
- [7] Vavilov S.I. Galileo in the history of optics. *UFN*, 1964, vol. 64, no. 8, pp. 583–615. (Eng. version: *Sov. Phys. Usp.*, 1965, vol. 7, no. 4, pp. 596–616.)
- [8] Chikin A.A. *Otrazhatel'nye teleskopy. Izgotovlenie reflektorov dostupnymi dlya lyubiteley sredstvami* [Mirror telescopes. Making telescopes from available for amateurs resources]. Sankt-Peterburg, Russkoe obshchestvo lyubiteley mirozdaniya publ., 1915. 128 p.
- [9] Gurikov V.A. History of making the optical lenses and burning mirrors. *Zemlya i Vselennaya*, 2014, no. 4, pp. 69–73.

- [10] Kulikovskiy P.G. M.V. Lomonosov — astronom i astrofizik [Lomonosov — astronomer and astrophysicist]. Moscow, Nauka publ., 1986, 96 p.
- [11] Avenarius V.P. Pervyy russkiy izobretatel' Ivan Petrovich Kulibin [Ivan Petrovich Lukibin, the first Russian inventor]. Sankt-Peterburg, Kn. mag. P.V. Lukovnikova publ., 1909, 116 p.
- [12] Dadaev A.N. Pulkovskaya observatoriya [Pulkovo observatory]. Moscow-Leningrad, AS USSR publ., 1958, 52 p.
- [13] Ponomarev D.N. Astronomicheskie observatorii Sovetskogo Soyuza [Astronomical observatories of Soviet Union]. Moscow, Nauka publ., 1987, 209 p.
- [14] Gulo D.D., Kononkov A.F., Osinovskiy A.N. Iz istorii osnovaniya Gosudarstvennogo opticheskogo instituta (K 45-letiyu so dnya osnovaniya). Istoriya i metodologiya estestvennykh nauk. T. 3 [From history of State Optical Institute foundation (dedicated to the 45-th anniversary). In: History and methodology of natural sciences. Vol. 3]. Moscow, MSU publ., 1965, pp. 273–292.
- [15] Torochkov V.Yu., ed. Sozdanie bol'shogo azimutal'nogo teleskopa BTA [Development of BTA big azimuth telescope]. Moscow, TsNII informatsii, 1976, 83 p.
- [16] Bychkova Yu. Spetsial'naya astrofizicheskaya observatoriya RAN [Special RAS astrophysical observatory]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3549496> (accessed 17 June 2018).
- [17] Sychev V.V. Adaptivnye opticheskie sistemy v krupnogabaritnom teleskopostroenii [Adaptive optic systems in large-size telescope engineering]. Staryy Oskol, Tonkie naukoemkie tekhnologii publ., 2005, 464 p.
- [18] Sychev V.V. Method for determination picture information capacity in large-sized telescopes. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie*, 2012, no. 4. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/413768.html>.
- [19] Sychev V.V. Revisiting the effectiveness of large optical telescopes. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2015, no. 1. Available at: <https://technomagelpub.elpub.ru/jour/article/view/383>.
- [20] Sychev V.V. Technological aspects of creating large-size optical telescopes. *Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie* [Science and Education: Scientific Publication], 2015, no. 2. Available at: <https://technomagelpub.elpub.ru/jour/article/view/371>.
- [21] ESO1419 – Organisation Release. Groundbreaking for the E-ELT. Ceremony marks next major step forward for the world's largest optical/infrared telescope. June 19, 2014. Available at: <https://www.eso.org/public/news/eso1419/> (accessed 15 November 2018).

I.A. Nezhbitskiy — Student, Department of Wheeled Vehicles, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific adviser — O.Y. Otrokova, PhD of History Science, Assist. Professor, Department of History, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.